

Ý. Jepbarow

# FIZIKANYŇ TARYHY WE YLMY USULÝÝETI

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

*Türkmenistanyň Bilim ministrligi  
tarapyndan hödürlenildi*

Aşgabat  
Türkmen döwlet neşirýat gullugy  
2018

**Jepbarow Ý.**

**J 38 Fizikanyň taryhy we ylmy usulyýeti.** Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2018.

Okuw kitabynda ilkinji fiziki düşüňjeleriň dörän antik döwründen häzirki zaman fizikasynyň subkwark döwrüne çenli bolan aralykda edilen düýpli açyşlar, fiziki garaýyşlaryň we nazaryýetleriň döreýşi, gazanylan ylmy netijeler, ýetilen sepgitler, görnükli fizikleriň durmuşy, ylmy garaýyşlary hem-de fizikanyň adamzat jemgyýetiniň ösüşindäki ähmiýeti baradaky maglumatlar beýan edilýär. Aýratyn-da XX asyryň ahyry – XXI asyryň başlarynda fizikadan edilen ajaýyp açyşlaryň taryhyna, şeýle hem fizikanyň taryhy ösüşiniň ähli döwürlerinde ylmy-usulyýet soraglaryna üns berilýär.



**TÜRKMENISTANYŇ PREZIDENTI  
GURBANGULY BERDIMUHAMEDOW**





**TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET TUGRASY**



**TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET BAÝDAGY**

## TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET SENASY

Janym gurban saňa, erkana ýurdum,  
Mert pederleň ruhy bardyr köňülde.  
Bitarap, garaşsyz topragyň nurdur,  
Baýdagyň belentdir dünýäň önünde.

*Gaytalam:*

Halkyň guran Baky beýik binasy,  
Berkarar döwletim, jigerim-janym.  
Başlaryň täji sen, diller senasy,  
Dünýä dursun, sen dur, Türkmenistanym!

Gardaşdyr tireler, amandyr iller,  
Owal-ahyr birdir biziň ganymyz.  
Harasatlar almaz, syndyrmaz siller,  
Nesiller döş gerip gorar şanymyz.

*Gaytalam:*

Halkyň guran Baky beýik binasy,  
Berkarar döwletim, jigerim-janym.  
Başlaryň täji sen, diller senasy,  
Dünýä dursun, sen dur, Türkmenistanym!

## SÖZBAŞY

Döwletiň ösüşiniň ýokary depgini, ýaşayyş-durmuş derejesi ýurtda alnyp barylýan bilim-ylym syýasaty bilen berk baglanyşyklydyr. Şoňa görä-de, biziň ýurdumyzda ýaşlaryň döwrebap bilim-terbiýe almagy üçin ähli zerur şertler döredildi. Hormatly Prezidentimiz okuw mekdepleriniň döwrebap okuw kitaplary we gollanmalary bilen doly üpjün edilmegini nygtaýar.

Geljekki fizika mugallymynda ilkinji fiziki düşüňjeleriň dörän wagtyndan onuň häzirki ýagdaýy bilen tamamlanýan ösüşi barada ýeterlik düşüňjäniň bolmagy zerurdyr. Ol okuwçylara Arhimed, Lomonosow, Nýuton, Eýnşteýn, Rezerford, Kurçatow barada gürrüň bermelidir. Mugallym bu maglumatlary, iň bolmanda umumy häsiýetde, «*Fizikanyň taryhy we ylmy usulyýeti*» okuw kitabyndan almalydyr. Şol sebäpli hödürlenýän kitapda fizikanyň ösüşi onuň taryhynyň бүтін dowamy boýunça beýan edilýär.

Kitabyň birinji bölümünde okuw dersi hökmünde fizikanyň taryhyny öwrenmekligiň maksatlary we garaýyşlary (prinsipleri), şeýle hem fizikany mekdepe döwretmeklikde taryhy-ylmy usulyýet çemeleşmäni ulanmaklygyň aýratynlyklary derňelýär we fizika ylmynyň ösüşiniň taryhy döwürlere bölünişi beýan edilýär.

Ikinji bölümde antik ylmynyň aýratynlyklaryna, antik alymlarynyň atomistik we beýleki ylmy garaýyşlaryna, gadymy Gündogarda (Hindistanda we Hytaýda), orta asyrdan (Gündogarda we Ýewropada) ylmyň ösüşine, XVI–XVII asyrlarda ylmy rewolýusiýa we bu döwürde fiziki bilimiň ösüşiniň häsiýetli aýratynlyklaryna seredilýär.

Üçünji bölümde G.Galileýiň we onuň döwürdeşleriniň ylmy üstünlikleri, Nýutonyň ylmy garaýyşlary, Nýutondan soňky döwürde mehanikanyň ösüşi, elektrostatikanyň we elektrodinamikanyň esasy kanunlarynyň açylyş taryhy, elektromagnit meýdanynyň tejribe (empirik) we nazary esaslary, XVII–XIX asyrlarda optikanyň ösüşiniň taryhy döwürleri, ideal gazyň molekulýar-kinetik nazaryýetiniň nazary we tejribe esaslary, termodinamikanyň kanunlarynyň açylyş taryhy, statistik fizikanyň we deňagramsyzlyk ýagdaýyň termodinamikasynyň döremek taryhy derňelýär.

Dördünji bölümde kwant – relýatiwistik fizikanyň häsiýetli aýratynlyklary, ýylylyk şöhlelenmesini öwrenmekligiň taryhy we ýagtylyk kwantlary baradaky pikirini (ideýanyň) döremekligi, hereket edýän gurşawlaryň elektrodinamikasynyň we elektron nazaryýetiniň döremegi we ösüşi, ýörite we umumy görälik nazaryýet-

leriniň, atom we ýadro fizikasynyň döremekligi we ylmy-tehniki rewolýusiýa döwründe ylym bilen jemgyýetiň özara gatnaşyklary beýan edilýär.

Bäşinji bölümde simsiz telegrafyň, sönmeyän yrgyldylaryň radiotehnikasynyň, çyraly radiotehnikanyň (wakuum elektronikasynyň), çyzykly däl yrgyldylar nazaryýetiniň ösüşi, integral mikroshemalaryň (çipleriň) we mikroelektronikanyň döremekligi we ösüşi, ýarymgeçiriji geterogurluşlaryň öwrenilişi, radioastronomiýanyň we onuň gural (instrumental) esaslarynyň ösüşiniň taryhy döwürleri açylyp görkezilýär.

Altynjy bölümde elektrik aragatnaşygynyň, gara-ak, reňkli we sanly telewideniýäniň, häzirki döwürde has giňden ýaýran aragatnaşyk ulgamlarynyň biri - Internet ulgamynyň, öýjükli telefonyň döreýşi we ösüşi we hemra aragatnaşygynyň ösüş taryhy beýan edilýär. Şeýle hem, bu bölümde «*TürkmenÄlem 52°E*» türkmen aragatnaşyk hemrasy baradaky maglumatlar getirilen.

Ýedinji bölümde XX asyryň ahyry – XXI asyryň başlarynda mikro-, makro- we megafizikada edilen ajaýyp açyşlaryň taryhyna we olaryň aýratynlyklaryna, adamzadyň ykbalyna täsir etjek XXI asyryň fizikasynyň esasy meseleleriniň birnäçesine seredilýär. Bu bölümde XXI asyryň ajaýyp açyşlarynyň biri - elementar bölejikleriň massalarynyň döremek garaýyşlarynyň ulgamyna (konsepsiýasyna) – fizikanyň düýpli (fundamental) soragyna dahylly bolan *Higgs bozony*, häzirki zaman fizikasynyň in möhüm meseleleriniň biri bolan fundamental fiziki özara täsirleriň aýratynlyklary we olaryň bütewiligi baradaky konsepsiýalar seljerilýär.

Şeýle hem bu bölümde häzirki zaman fizikasynyň ösüşini köp taraplaýyn kesgitleýän megafizikanyň ýeten sepgitlerine we gelejegine, soňky on ýyllykda astrofizikada edilen uly açyşlaryň biri - fundamental ylmyň in derwaýys soragy – grawitasiýa tolkunlarynyň açylmagyna seredilýär, ylmy abzalöndürişin üstünlikleri barada gürrüň edilýär.

Okuw kitabyňyň soňunda fizikanyň taryhynda möhüm ylmy wakalaryň sene-namasy we 1901-nji ýyldan 2018-nji ýyla çenli fizika boýunça Nobel baýragyna mynasyp bolan alymlaryň sanawy getirilen.



**1-nji bab. FIZIKANYŇ TARYHY DERSI,  
MAKSATLARY WE PRINSIPLERI**

Islendik täze ylym öwrenilip başlananda bu ylmyň näme baradadygy, nämäni öwrenýändigini, adamzat jemgyýetinde bu ylmyň eýeleýän orny barada aýdylýar. Adam özüniň ýaşayan dünýäsi baradaky ylmy taýýar, gutarnykly görnüşde almaýar. Meselem, häzirki wagtda her bir okuwça belli bolan hereket kanunlary baradaky bilimler (*Nýutonyň kanunlary*) müň ýyla barabar ýoly geçip öwrenildi. *Nýutonyň kanunlarynyň* köpugurly dälidigi we onuň örän uly tizlikler bilen hereket edýän jisimler üçin we örän kiçi bölejikler üçin takykklanmaly taraplarynyň köpdüğine düşünmek üçin ýene-de 250 ýyl gerek boldy.

Her bir derňew edýän adam, öwrenýän soragynda özüne çenli näme edilendigini bilmelidir, alnan netijeleri tankydy bahalandyrmalydyr, başgaça aýdanymyzda taryhçynyň işini etmelidir. Boş ýerde edilen işler ýokdur, her bir nesil özünden öňki nesliň saklanan ýerinden başlaýandyr we edilen işleri indiki nesile geçirýändir. Ýewklidiň, Arhimeidiň we Galileýiň işleri bolmasa Nýutonyň işleri bolmazdy, Nýutonyň işleri bolmasa Eýnşteýniň we Boruň işleri bolmazdy. Akyl ýetirşiň ösüş prosesini öwrenmeklik – ylmyň taryhy diýip atlandyrylýan aýratyn ylmyň meselesi bolup durýar.

Her ylmyň esasy meselesi – bu ylmyň işleýän çäginde hereket edýän kanunlary açmaklykdyr. Şeýlelikde, ylmyň taryhynyň esasy meselesi ylmyň ösüşini dolandyryýan kanunlary tapmaklykdyr.

Fizikanyň taryhy dersi adamlaryň durmuşynda kesgitli orny eýeleýän we onda bellibir ähmiýeti ýerine ýetirýän, jemgyýetçilik hadysasy hökmünde fizika ylmynyň döreýşini we ösüşini bir bütewülikde öwrenýän ylymdyr.

Ylmyň taryhy akyl ýetiriş nazaryýetinde möhüm ähmiýete eýedir. Ylmyň taryhyny öwrenmeklik ylmy düşüňjeleriň ösüşini, akyl ýetiriş nazaryýetini, netijede ylmy baýlaşdyrýar. *Ylmyň taryhynyň esasy ähmiýeti* şundan ybaratdyr.

Şeýle hem *ylmyň taryhy* möhüm *usuly* we *terbiýeçilik ähmiýete* eýedir. Köp ýagdaýlarda bilimlery taryhy ýol bilen beýan etmeklik has netijeli bolýar. Şoňa görä-de, *fizika mugallymlary* üçin, meselem, fizikanyň taryhyny bilmeklik zerurdyr, ol mugallymy usulyýet we ylmy taýdan ýaraglandyrýar. Ylmyň taryhy ylma bolan söýgüni we hormaty terbiýeleýär, dogry dünýägaraýyşyň ösmegine, adamyň ahlak

taýdan terbiýelenmegine ýardam berýär. Ylmyň taryhyny bilmeklik okuwçylaryň ylmy we medeni dünýägaraýşyny giňeldýär.

Şeýlelikde, fizikanyň taryhyny bilmeklik geljekki mugallymlaryň ylmy we hünär taýýarlygyny ýokarlandyrmaga ýardam edýär.

Fizikanyň taryhy we ylmy usulyýeti *tebigy-ylmy* we *ynsanperwer bilimiň* aýrylmaz bölegidir. Bularyň birinjisi takyklygy, esaslylygy, bölekleriniň logiki birligi bilen häsiýetlenýär. Ynsanperwer çemeleşme bu derse güýçli emosional duýgyny, ähli taryh ylymlara mahsus bolan, bolup geçýän wakalara gatnaşýanlygyny duýmaklygy girizýär. Şoňa görä-de, fizikanyň taryhyny öwrenmeklige tebigy-ylmy bilimi ynsanperwerleşdirmegiň esasy ugurlarynyň biri hökmünde seretmek bolar. Dogry, dersiň tebigy-ylmy bölegine degişli bilimleri fizikanyň umumy we nazary bölümleri öwrenilende almak bolar. Emma, olarda taryhy-fiziki meselelere ýeterlik üns berilmeýär, sebäbi bu dersleri öwrenmek prosesiniň önünde şeýle meseleler goýulmaýar. Şol bir wagtyň özünde, mugallymda bu ylmyň taryhy we ylmy usulyýet çägene degişli giň bilimleriniň bolmazlygy, onuň ylmy-usuly we durmuş-medeni dünýägaraýşyny has peseldýär. Mugallymçylyk ýokary okuw mekdepleriniň meýilnamalaryna bu dersiň girizilmegi hem şunuň bilen baglanyşyklydyr.

«*Fizikanyň taryhy we ylmy usulyýeti*» dersiň öwrenmekligiň esasy maksady:

1. Fizika ylmynyň fundamental garaýyşlarynyň, düşüňjeleriniň, kanunlarynyň, prinsipleriniň we konsepsiýalarynyň döreýşiniň we ewolýusiýasynyň taryhyny açyp görkezmek;
2. Geçmişdäki we häzirki döwürdäki görnükli fizikleriň ylmy döredijiligi barada maglumatlary öwrenmek;
3. Häzirki zaman fizikasynyň esasy meselelerini we aýratynlyklaryny, onuň tebigy bilimleriň beýleki bölümleri bilen özara baglanyşygyny, häzirki zaman fizikasynyň esasy üstünliklerini öwrenmek;
4. Barlag geçirmekligiň fiziki usullarynyň ösüş taryhyny we fizikanyň esasy ylmy usulyýet nukdaýnazarlaryny açyp görkezmek;
5. Fizikadaky häzirki zaman barlag usullaryny we jemgyýetiň, önümçiligiň hem-de tehnikaýnyň ösüşinde fizikanyň ähmiýetini öwrenmek;
6. Radiofizikanyň we aragatnaşyk serişdeleriniň (elektrik, radio, telewideniýe, öýjükli, hemra) döremekliginiň gysga taryhyny öwrenmek;
7. Talyplaryň fizika boýunça alan bilimlerini çuňlaşdyrmak we umumylaşdyrmak;
8. Talyplaryň umumy ylmy medeniýetini kemala getirmek;
9. Şahsyýetde hünär işi üçin zerur bolan häsiýetleri (zähmetsöýüjilik, tutanýerlilik, janaýamazlyk we beýlekiler) terbiýelemek.

Fizikanyň taryhyna ylym hökmünde we okuw dersi hökmünde seretmeklik aşakdaky *prinsiplere* daýanýar:

1. *Fizikanyň taryhyny öwrenmek üçin ilki bilen fizikany bilmek gerek.* Şol sebäpli «*Fizikanyň taryhy we ylmy usulyýeti*» dersi talyplar umumy we nazary fizika, astronomiýa boýunça düýpli bilimleri alanlaryndan soň, ýagny okamagyň ýokarky ýyllarynda geçilýär. Bu döwre çenli talyplar bu dersleriň mekdepde okadylyş usullarynyň esaslary bilen hem tanyş bolýarlar. Başgaça aýdanymyzda, fizikanyň taryhyny we ylmy usulyýetini öwrenmek – ökde hünärmenleriň işi. Bu dersi öwrenýän her bir adam bu prinsipiň barlygyny unutmaly däldir.

2. *Diňe XVII asyrdan fizikanyň naturfilosofiýadan bölünip aýrylandygyny nygtamak gerek.* Şoňa görä-de, dersiň ikinji bölümi bilimleriň has umumy toplumyny özleşdirmeklige bagyşlanandyr. Ýagny ylmyň taryhynyň ilkinji döwründe astronomiýa we himiýa, geografiýa we filosofiýa, mehanika we harby iş biri-birlerinden aýry däldiler.

3. *Fizikanyň ösüşi jemgyýetiň ösüş taryhy bilen baglanyşyklydyr.* Fizikanyň taryhy dersiň esasy meseleleriniň biri, ol hem fizikanyň we jemgyýetiň köptaraplaýyn baglanyşykda bolýandygyny görkezmekdir. Meselem, beýik geografik açyşlar eýýamy astronomiýada edilen açyşlar bilen berk baglanyşyklydyr. Munuň özi şol döwürde senagatyň ösmegine getirdi. Fizika bilen tehnika hyzmatdaşlygy köp asyrlaryň dowamynda adamzat jemgyýetiniň ösüşiniň hereketlendirijisi bolup geldi.

Häzirki zaman ylmy özüniň ösüşi üçin uly maýa goýumlaryny talap edýär. Atom fizikasynyň we ýadro energetikasynyň ösmekligi izotoplary bölmek, reaktorlary we tizlendirijileri gurmak, gymmatbahaly abzallary döretmek üçin ýörite kärhanalary döretmeklige talap etdi. Häzirki zaman kosmos ylmy hem uly serişdeleri talap edýär. Häzirki zaman ylmy köpsanly ýokary hünärli hünärmenleri, ýagny kuwwatly, ösen bilim beriş ulgamynyň bolmagyny talap edýär. Ýagny, diňe güýçli ykdysadyýet häzirki zaman ylmyň ösdürmek üçin şeýle şertleri döredip biler. Fizikanyň taryhy dersi geljekki mugallymlary adamzat jemgyýetinde şol ýa-da beýleki fiziki hadysalaryň orny barada okuwçylara düşnükli we ýerlikli gürrüň bermeklige çagyýar.

4. *Geljekki mugallymlara ylmy çözülişleriň owadanlygyny görmekligi, «ylmyň ysyny» (aromatyny) duýmaklygy öwretmek.* Fizikanyň taryhyny öwrenip, bu ylmyň estetikasynyň gapdalyndan geçmek mümkin däl. Görnükli alymlar, düzgün bolşy ýaly, örän dürli taraply adamlar bolsalar hem, ylm olar üçin ömürleriniň baş işi boldy. Ylmy talantyny, ýokary duýgurlygyny, estetiki isleglerini ulanyp, şeýle adamlar ylmy düýpli öňe itekleýän netijeleri gazanýarlar. Ylmy çözülişleriň owadanlygyny we olaryň häzirki zaman ylmy üçin ähmiýetliligini doly derejede açyp görkezmeklikde geljekki mugallymlara kömek etmek – bu dersiň esasy maksatlarynyň biridir. Taryhy-biografiki materiala daýanyp muny has oňat derejede ýerine ýetirmeklik başardýar.

5. *Fizikanyň taryhynyň döränine iki mün ýyldan hem köp wagt geçdi.* Emma onuň ösüş depgini birmeňzeş bolmady. Biziň günlerimize golaýlaşdygymyzça bu

depgin çaltlaşýar. Şoňa görä-de, fizikanyň taryhy dersinde XX asyryň ahryy – XXI asyryň başlarynda fizikada edilen açyşlara, ýagny fizikanyň häzirki zaman taryhyna bagyşlanan bölüm örän uludyr. Onuň esasy sebäbi fizika bilen gyzyklanýan adamlaryň sanynyň artmagy, onuň ösüş depgininiň ýokarlanmagy we ilat arasynda tebigy ylmlara bolan gyzyklanmanyň artmagydyr. Ondan başga-da, häzirki zaman fizikasyny, şol sanda täze fiziki kanunlaryň we hadysalaryň açylyş taryhyny bilmeklik, geljekki mugallymlara, okuwçylarada fizika we beýleki tebigy-ylmy derslere bolan gyzyklanmalaryny oýandyrmak üçin zerur bolan goşmaça bilimleri almağa mümkinçilik berýär. Soňky wagtlara çenli okatmaklygyň usulyýetinde bu ugra ýeterlik üns berilmedi, bu bolsa mugallymlaryň işini düýpli kynlaşdyrdy. Häzirki wagtda şeýle bilimlere bolan zerurlyk ýöriteleşdirilen mekdepleriň döredilmegi bilen has-da artdy.

6. Bilşimiz ýaly halklaryň taryhynda iň ähmiýetli wakalar barada gürrüň berilýär. Edil şonuň ýaly, *fizikanyň taryhynda hem iň uly, has möhüm hadysalaryň we kanunlaryň açylyş taryhy barada aýdylýar*. Şonuň bilen birlikde ylma özlerini we hat-da ömürlerini bagş eden köpsanly adamlaryň janaýamazlykly eden işleri belleniň galmaly dälidir. Olaryň ylma edýän ägirt uly goşantlaryny ýatlaman bolmaz. «*Ylmyň gara işçileriniň*» işleri bolmasa ylmy nazaryýetleriň «*binasyny*» gurmak, şeýle hem esas goýujy barlaglary geçirmek başartmazdy.

*Ylym hökmünde fizikanyň taryhynyň maksatlaryna seredeliň:*

- Her bir taryhy ylmynada bolşy ýaly fizikanyň taryhynyň esasy maksady - maglumatlary toplamak we olary taryhy yzygiderlikde beýan edip, fizikanyň ösüş suratyny doly dikeltmekdir;
- Fizika ylmynyň ösüş prosesini öwrenmek. Şeýle çemeleşme ilkinji nobatda, näme üçin berlen prosesň başgaça geçmän, şeýle geçenligine düşünmek üçin zerurdyr;
- Bu ylmyň ösüşiniň kanunalaýyklyklaryny derňemek. Başgaça aýdanymyzda, ylmyň taryhyny öwrenmek bilen fizika ylmynyň ösüşiniň içki logikasyny derňemek gerek;
- Pedagogik maksat.

Ýokarda sanalan *maksatlaryň birinjisi* ýeterlikli düşnüklidir. Fizikanyň taryhyny öwrenmekligiň bütün dowamynda biz bu maksada eýereris.

*Ilkinji maksat* käbir düşündirişi talap edýär. Ylym hökmünde we jemgyýetçilik aňy hökmünde fizikanyň ösüş prosesine, fizikanyň jemgyýetiň ösüş bilen baglanyşygyny kesgitlemän düşünmek mümkin dälidir. Jemgyýetçilik önümçiliginiň derejesi, ideologiýalaryň göreşi, din, filosofiýa, ykdysadyýet, syýasat, döwlet gurluşy we üýtgedip gurma, ylmyň, hususan-da, fizikanyň ösüşine kesgitli täsirini ýetirýär.

Şol bir wagtyň özünde fizikanyň özi hem jemgyýetiň medeni durmuşyna has uly täsirini ýetirýär. Bu ilkinji nobatda fizikada edilen açyşlaryň (meselem, elektro-

nikanyň, radiofizikanyň, atom energiýasyny özleşdirmegiň, kosmos barlaglarynyň we ş.m.) we olaryň tehnika, önümçilikde we durmuşda üstünlikli ulanylmagy netijesinde adamlaryň material derejesiniň ýokarlanmagyna getirýär.

Fizikanyň beýleki ylymlar, ilkinji nobatda tebigy ylymlar bilen baglanyşygy örän möhüm bolup durýar. Öň belläp geçişimiz ýaly XVII asyra çenli fizika naturfilosofiýa bilen biledi. Fizika aýratyn ylym hökmünde diňe XIX asyryň başlarynda ýüze çykyp başlady. Himiýa, biologiýa, astronomiýa fizikadan ýaşy boýunça uludyr. Aýratyn ylymlaryň arasyndaky araçäk daşky tapawutlary bilen kesgitlenýär we ilkinji nobatda matematiki guralynyň dürlüligi bilen tapawutlanýarlar. XVII asyrdaky köp alymlar, meselem, Robert Boýl, Edm Mariott, Genri Kawendiş, Antuan Lawuazýe, Gemfri Dewi we olaryň köpsanly döwürdeş alymlary, bir wagtda hem fizikdiler, hem himikdiler, hem astronomdylar. Atom düşüňjesini kesgitlemekde deň derejede fizikler we himikler gatnaşdylar. Bu bolsa, täze ylmyň – *fiziki himiýanyň* döremekligine getirdi.

Fizikanyň *matematika* bilen berk baglanyşygy bardyr. Matematika fizikanyň intellektual ýaragydyr. Akademik L.D.Fadeýew «*Meniň pikirimçe, fizika matematikany näçe köp ulandygyça, ol has-da fundamental bolýar*» diýip belleýär. Şeýlelikde, diňe matematika tebigatyň kanunlarynyň takyk ylmy aňlatmasyny berýär.

Fizikanyň köp üstünlikleri matematikanyň üstünlikleri bilen baglanyşyklydyr. Şeýle hem tersine, ýagny fiziki soraglaryň goýluşy matematikanyň ösmegine getirdi. Meselem, mehanikanyň üstünlikli ösmegi Isaak Nýutona onuň matematiki guraly hökmünde differensial we integral hasaplamalary işläp taýýarlamaklyga (döretmeklige) getirdi. Başga tarapdan, abstrakt matematiki ders bolan *matrisalar nazaryýeti* Werner Geýzenberge kwant mehanikasynyň bir görnüşini döretmäge mümkinçilik berdi. Matematiki diliň bu ulanyş prosesi häzirki günde hem öz derwaýyslygyny saklaýar. *Ähtimal we haotik prosesleriň we hadysalaryň häzirki zaman fizikasy* bir wagtyň özünde hem fiziki, hem matematiki dersdir; onuň iki şahasy hem biri-birini baýlaşdyryp, üstünlikli ösýärler.

Fizikanyň *tehnika* bilen baglanyşygyny giňişleýin derňemekligiň zerurlygy ýok. Sebäbi, tehnika bu amaly fizikadyr. Dürli wagtarda fizika bilen tehnikanyň özara gatnaşygy dürli-dürli boldy. Şeýle bolsa hem, bu ugurlar bir-birleri bilen berk baglanyşyklydyrlar we biri-birlerini baýlaşdyrýarlar. Soňky ýyllarda fizikada edilen açyşlaryň köpüsi tehniki ösüşiň gazanan ylmy abzallarynyň we desgalarynyň kömegi bilen edilendigini bellemek gerek.

Fizika bilen *filosofiýanyň* baglanyşygy barada aýdylanda fizikanyň ösüşiniň baglangyç döwürlerinde fizika we filosofiýa bütewüdi. Bu ýagdaý, bu iki ylmy biri-birinden aýyrmak düýbünden mümkin bolmaýan antik döwre degişli bolman, soňky döwürlere hem degişlidir. Filosoflary ilkinji nobatda, fizika has golaý bolan, *akyl ýetiriş nazaryýeti* gyzyklandyrýardy. Tebigy ylymlaryň ösmekligi ähli belli filosoflara güýçli täsir edýärdi. Meselem, Isaak Nýutonyň açyşlary Emmanuel

Kantyn dünýä garaýşyna düýpli täsir etdi. Ondan soňky döwürlerde German Gelmgols, Ernst Mah, Anri Puankare ýaly fizikler, filosoflar ýaly çykyş edip başladylar. Bu ylmy üstünlikli ösdürmek üçin olaryň ýeterlik filosofik taýýarlyklary ýokdy.

Fizikanyň filosofiýa bilen baglanyşygy barada gürrüň etmek bilen dünýägaraýyşlarynyň iki dürli görnüşliligi we ylmy usulyýete bolan garaýyşlarynyň dürüligi bilen tapawutlanýan *idealizm* we *materializm* barada aýtman geçmek bolmaz.

Uzak wagtyň dowamynda, özüniň garaýyşlary boýunça fizikleri materialist hasapladylar. Emma taryhyň görkezişine görä, olaryň fiziki hadysalaryň tebigatyna, käwagtlarda, idealistik garaýyşlarynyň hem bolandygyny bellemek gerek. Bu olaryň döredijiligine kömek edipmi ýa-da ýok, ony aýtmak kyn. Emma bir zat bolsa belli – tejribehanalarda ýa-da nazaryýetler döredilýärkä, aýratyn-da, tejribeler geçirilende alym – fizikler, özleriniň filosofiki garaýyşlaryna garamazdan, dünýä gürrüňsiz akyl ýetirip bolar diýip hasaplap, hökman materialist bolandyklary belli.

Tebigy ylymlaryň we filosofiýanyň baglanyşygy häzirki zaman fizikasynda hem möhüm orny eýeleýär. Meselem, kwant mehanikasynyň fiziki esaslary özüniň esasynda tebigat hadysalaryna dürli filosofiki we ylmy usulyýet çemeleşmeleri saklaýar we häzirki wagta çenli örän işjeň ara alnyp maslahatlaşylýar.

Indi, *fizikanyň taryhynyň üçünji maksadyna* seredeliň. Fizikanyň ösüşi çylşyrymly prosesdir. Onuň ösüşi daşky şertlere baglydyr. Emma ylmyň özüniň ösüş prosesi, ýagny ylm hökmünde fizikanyň ösüşiniň kanunalaýyklyklaryny gözlemek hem az gyzyklanma döretmeýär.

Dialektikanyň tassyklamagyna görä, her bir hereketiň esasy gapma-garşylykdyr, ýagny täzäniň köne bilen göreşidir. Fizikanyň ösüşiniň taryhynda gapma-garşylyklaryň döreyişiniň we onuň çözülişiniň köpsanly mysallary getirilýär. Şunlukda, seredilýän döwürde agalyk edýän nazaryýetiň täze tejribe maglumatlary bilen gapma-garşylygy fizikada has ýygy duş gelýär. Fizikada döreyän täze tejribe maglumatlary rewolýusion ähmiýete eýe bolýar. Emma, häzirki zaman fizikasynda nazaryýet bilen tejribäniň orunlarynyň çalyşýan wagty seýrek bolmaýar.

*Fizikanyň taryhynyň dördünji maksady – pedagogik maksat* in möhümi hasaplanýar. Fizikanyň taryhyny mugallymçylyk ýokary okuw mekdebinde öwretmeklik talypalary hünär işine has gowy taýýarlamaklyga mümkinçilik berýär. Näme üçin mekdep mugallymy üçin fizikanyň taryhyny öwrenmek peýdaly? Bu soraga jogap berlende, aşadakyklary aýratyn bellemek gerek:

- Ylmy usulyýetiň gazananlary bilen baýlaşdyrylan fizikanyň taryhy, fundamental fiziki garaýyşlaryň ewolýusiýasyny giňişleýin açmaga mümkinçilik berýär. Tejribäniň görkezişine görä taryhy bilmän nazaryýete ýeterlik derejede düşüniş bolmaz.
- Fizikanyň taryhy okatmaklygyň usulyýetini kämilleşdirmäge we onuň usulyýetini täze çemeleşmeler we çözlüşler bilen baýlaşdyrmaga mümkinçilik berýän pedagogik garaýyşlaryň möhüm çeşmesidir.



- Käwagt bilimleri taryhy ýol bilen mälim etmeklik, aýratyn-da, mekdep okuwçylary üçin has-da peýdaly bolýar. Ylmyň taryhyny öwrenmeklik bilen bu gün okuw kitaplarynda getirilen okuw meselelerine öwrülen köpsanly fiziki meseleleriň alym - barlagçylar tarapyndan, kämahal, uly güýçleriň goýulmagy bilen çözüldigini görmek bolýar.
- Okatmakda taryhy ylmy usulyýet çemeleşmäni ulanyp okuwçylarda derse bolan hormaty we söýgini terbiýelemek we olarda az ähmiýeti bolmadyk, tebigy ylmy dünýagaraýyşy döretmek bolar. Fizikanyň taryhy we ylmy usulyýeti ylmy dünýagaraýyş dersidir. Ol ilkinji nobatda mugallymyň we soňra okuwçylaryň medeni we ylmy dünýagaraýyşyny giňeldýär.

Her bir özbaşdak ylym ýaly fizikanyň taryhynyň hem diňe özüne mahsus bolan *derňew usullary* bardyr. Olary derňäliň:

1. *Çeşmeleri derňemek.* Ähli ulanylýan çeşmeler ilkinji we ikinji çeşmelere bölünýärler. *Ilkinji çeşmelere* golýazmalar, hatlar, gözegçilik depderleri we ş.m. degişlidirler. Olaryň örän ýokary taryhy we amaly gymmatlygy bardyr, sebäbi olarda alymyň işleýiş usuly, pikir ýöredişi ýokary derejede ýüze çykýar. *Ikinji çeşmelere* neşir edilen işler degişlidirler. Olar neşirýat tarapyndan redaktirlenmä, awtora degişli bolmadyk pikirlere we belliklere (awtoryň olar bilen ylalaşmaýan hem bolmagy mümkin) sezewar bolýar. Şol sebäpli ilkinji çeşmeleri öwrenmek has möhümdir.

2. *Taryhy ähmiýetli tejribeleri modelirlmek.* Bu usul özüniň täsin netijelerini berýär, meselem, ol ýa-da beýleki belli tejribe, gözlenilýän kanuny açmak üçin ýeterlik takyklygy bermeýär. Diňe şu tejribäni geçiren alymyň güýçli intellekti bu kanuny açmaga mümünçilik beripdir.

3. *Statistik usul* soňky döwürde has köp ulanylýar. Ylaýta-da ol, köp täze ugurlary bolan häzirki zaman fizikasynyň ösüşini derňemekde üstünlikli ulanylýar.

4. *Interwýu usuly*, şeýle hem *ýatlamalary öwrenmek usuly* häzirki zaman usullaryna degişlidir. Bu usul ilkinji çeşmeleri öwrenmeklige meňzeş, sebäbi has köp derejede derňewi geçiren alymyň hut öz pikirini beýan edýär.

## **2-nji bab. FIZIKA YLMYNYŇ ÖSÜŞINIŇ TARYHY DÖWÜRLERI**

Uzak taryhy bolan ylym üçin kabul edilişi yaly, fizika ylmynyň ösüşiniň taryhy prosesini birnäçe döwürlere bölmek bolýar. Olaryň her haýsysynyň dowamynda onuň ösüşi birgörnüşli bolup geçdi: ylmy garaýyşlar, derňew usullary, jemgyýet bilen baglanyşygy birmeňzeşdi; jemgyýetçilik aňynyň görnüşi hökmünde ylmyň tutýan orny az üýtgedi.

Fizikanyň taryhynyň döwürleri, ynsanperwer ylymlarynda boluşy ýaly, mizemez (absolýut) häsiýete eýe däldir. Bu ylmyň taryhçylary döwürlere bölmekligiň

birnäçe görnüşlerini görkezýärler. Emma taryhçylar bilim beriş maksatlary üçin has ulanarlykly, şeýle görnüşleriň birini hödürleýärler.

*Fizikanyň döremekliginiň we ösüşiniň döwürleri:*

1. *Fizikanyň yüze çykmagynyň ön ýany (b.e.ö. VI asyry – b.e. XVI asyry)*. Bu döwür Antik we Orta asyr döwürleri, Galkynyş döwrüni, Nýutona çenli ýyllary öz içine alýar. Bu döwür tebigat barada fiziki we filosofik garaýyşlaryň ýakynlygy we hat-da birikmegi bilen häsiýetlenýär. Bu bolsa ylmy pikirlenmäniň metafiziki sypatda bolandygyna we geçirilýän derňewleriň abstrakt (synlap oýlanylýan, pikirde aýlanylýan), ýagny naturfilosofiki häsiýetde bolandygyna şaýatlyk edýär.

2. *Nusgawy fizika (XVII asyryň başy – XIX asyryň ahyry)* ylmy derňewleriň idealy hökmünde dünýäniň gutarnykly we logiki gapma-garşylykly däl suratyny gurmaklyk diýip hasap etdi. Nusgawy fizika döwründe onuň *emele gelme* döwrüni tapawutlandyrmak bolar (XVII asyryň başy – XVII asyryň 80-nji ýyllary).

Nusgawy fizika degişli bolan mehaniki determinizmiň (*determinizm* – ähli hadysalaryň, wakalaryň kanunalaýyklygy we sebäp şertlilik hakyndaky taglymat) çäklerinde ýylylyk we elektromagnit hadysalaryny düşündirmäge edilen synanyşyklar şowsuz boldy. Meýdan konsepsiýasynyň girizilmegi, elektromagnit induksiýanyň açylmagy (M.Faradeý, 1831 ý.) we olaryň esasynda elektromagnit meýdanynyň nazaryýetiniň döredilmegi (J.K.Makswell, 1864 ý.) netijesinde dünýäniň täze elektrodinamik suratynyň esasy goýuldy.

3. *Nusgawy däl fizika (XIX asyryň ahyry – XX asyryň ortasy)*. Bu döwürde kwant-relýatiwistik we subatom (atomyň içine aralaşmak) döwri hem diýilýär. XIX asyryň ahyry XX asyryň başlarynda fizikanyň ösüşi, birnäçe fiziki hadysalaryň we tejribe maglumatlarynyň (meselem, fotoeffekt hadysasy, absolýut gara jisimiň şöhlelenme kanunlary, çyzykly spektrler, atomyň durnuklylygy) materiýanyň üznüksizlik konsepsiýasynyň esasynda birmeňzeş düşündirişini tapmaýanlygyny görkezdi. Bu bolsa täze, şol bir hakykatlygy biri-birinden tapawutlanýan nazary beýan etmekligiň (meselem, W.Geýzenbergiň matrisaly mehanikasy we E.Şredingeriň tolkun mehanikasy) dogrulygyna rugsat edýän, *nusgawy däl fizika* diýip atlandyrylýan *kwant-relýatiwistik* döwre getirdi.

Bu döwürde ylmy ulanyşa korpuskulýar-tolkun dualizmi, fiziki hadysalary ähtimallaýyn düşündirmek, *kwant superpozisiýasy*, *barabarlyk (laýyklyk) prinsipleri* we beýleki düşüňjeler girdi.

*Häzirki zaman fizikasy döwri (XX asyryň ortasy – XXI asyryň başy)*. Bu döwür fizika ylmyň nazary we durmuş-meden esaslarynda güýçli «*sarsgynlaryň*» döremegi bilen dabaralandy. Bu döwürň esasy häsiýetlerine: ylmy barlaglaryň dersara baglanyşygy, ählumumy ewolýusiýa, ylmy barlaglarda matematikanyň we hasaplaýyş tehnikasynyň ählitaraplaýyn ulanylmagy, eksperimental bazanyň düýpli ösmegi we onuň senagatlaşmagy, barlag geçirmegiň giň halkara kooperasiýasy degişlidir.



### 3-nji bap. ANTIK YLMY

#### 3.1. Ilkinji ylmy düşüňjeleriň döreýşi

Adam daşky dünýä baradaky bilimini özüniň ýaşamagy üçin bolan göreşde gazandy. Ol kem-kemden haýwanat dünýäsinden daşlaşyp, goranmak we iýmit tapmak üçin ulanýan taýagyndan we daşyndan, daşdan ýasalan ýaraqlara, ok we ýaýlara, balyk tutujy enjamlara, aw awlamak üçin «*aldaýjy*» – *ilkinji programmalaýyn gurluşlara* geçip başlady.

Adamyň iň uly gazanan üstünligi *ody* aldy we ony ulanyp bildi. Müňlerçe ýyllar dowam eden ewolýusiýanyň netijesinde adamyň aňy ösdi, gepleşigi kämilleşdi, dünýä barada bilimi we garaýyşlary toplandy, daş-töweregindäki hadysalara, şol döwrüň adamsyna mahsus bolan, ilkinji antropomorf düşündirmeleri döredi. Şol düşüňjeleriň käbirleri häzirki döwürde hem ulanylýar, ýagny ilkidurmuş adamy ýaly biz hem «*Gün ýöreyär*», «*Aý seredýär*» we ş.m. sözleri ulanýarys.

Adam tebigat barada bütinleý hyýaly (fantastik) garaýyşlary bilen bir hatarda, asman ýagtyltgyçlary, haýwanlar we ösümlükler, hereketler we güýçler, meteorologik hadysalar we ş.m. baradaky hakyky bilimler bilen baýlaşdy. Toplanan bilimler we amaly endikler nesilden-nesle geçirilip geljekki ylmyň esaslaryny emele getirdiler. Jemgyýetçilik zähmet gatnaşyklarynyň ösmegi bilen siwilizasiýanyň döremekligi üçin zerur şertler döredi. Bu ýerde daýhançylyk esasy orny eýeledi. Durnukly hasyllary almaga mümkinçilik bolan ýerlerde oturymly ýerler, şäherler, soňra bolsa döwletler döredi. Şeýle şertler Nil derýasynyň jülgesinde, Tigr we Ýewfrat derýalarynyň aralarynda we beýleki ýerlerde dörediler.

Şol ýerlerde b.e.ö. IV müňýyllykda ilkinji gul eýeçilik döwletleri döredi. Suwarymly daýhançylyk ulgamy, metalyň (misiň) gazylyp alynmagy we gaýtadan işlenilmegi, munuň bilen baglanyşykly bolan zähmet gurallaryny ýasamaklygyň tehnikasynyň ösmegi, ösen ykdysadyýeti bolan çylşyrymly jemgyýetiň döremegi üçin şertleri döredti. Bularyň hemmesi ýazuwyň-Müsürde iýeroglifleriň, Wawilonda klinopisiň, şeýle hem ilkinji astronomik we matematik bilimleriň döremekligine getirdi.

Müsürin beýik piramidalary biziň eýýamymyzdan öňki III müňýyllykda jemgyýetiň köpsanly adamlaryň işini gurap, materiallaryň hasabatyny, işçi güýjüni, sarp edilen zähmetiň hasabyny ýöredip bilendigine şaýatlyk edýär. Bu zatlaryň hemmesini akyl zähmetiniň işgärleri alyp barypdyrlar. B.e.ö. ikimüňünji ýyllaryň taryhy ýadygärliklerinde: Britaniýanyň muzeýinde saklanýan Rundyň papirusynda, Moskwa papirusynda matematiki hasaplamalar-meýdanlary we göwrümleri kesgitlemek

baradaky hasaplamalar saklanýar. Meselem, Moskwa papirusynda kesik piramidanyň göwrümini hasaplamaga degişli formula bar. Müsürliler tegelegiň meýdany  $\pi = 3,16$  bahany ulanyp hasaplapdyrlar.

Wawilonda matematika we astronomiýa has uly ösüşe eýe boldy. Wawilonlylar Pifagoryň teoremasyny bilýärdiler, sanlaryň kwadratlaryny we kubuny hasaplaýardylar, kwadrat we kub kökleri alyp, kwadrat deňlemeleri we deňlemeler ulgamyny çözüp bilýärdiler. Müsürlileriň we wawilonlylaryň matematikasynyň amaly häsiýetde bolandygyny we hojalyk hem-de gurluşyk işleriniň zerurlygyndan dörandigini bellemek gerek.

Nil derýasynyň joşgunlarynyň başlanýan wagtyny kesgitlemek gadymy Müsüriň ykdysadyýeti üçin örän zerur bolupdyr. Munuň özi uly yhlaslylyk bilen astronomik gözegçilikleri geçirmekligi talap edýärdi. Müsürliler her aýy 30 günden ybarat kalendary dörediler. Bu kalendara bir ýylda 5 gün goşulýardy. Olaryň kalendarynda bir aý 3 on günlüğe, 24 sagatdan ybarat gije-gündize (12 sagat gündiz, 12 sagat gije) deňdi. Ýylyň wagtyna görä gije bilen gündiziň dowamlylygy hemişelik däl, ol ýylyň paslyna görä üýtgeýärdi. Gadymy wawilonlylaryň astronomiýasy hem täsirlidi. Olara, hususan-da, ekliptikanyň Zodiagyň 12 ýyldyzlar toplumyna bölünişi degişlidir.

Tebigat ylmy bolan astronomiýa tebigy bilimleriň ösüşiniň başlangyjy boldy. Oba hojalygy üçin örän möhüm bolan gündiz bilen gijäniň we ýyl passyllarynyň çalşygyna gözegçilik etmekligiň zerurlygy netijesinde *astronomiýa* döredi. Öz gezeginde astronomiýanyň özüne *matematika* gerek boldy, gurluşyk bolsa mehanikanyň ösüşini höweslendirdi. Ägirt uly gurluşyklar (ybadathanalar, galalar, piramidalar) gurluşyk mehanikasy we statikasy barada iň bolmanda empirik bilimleriň bolmagyny talap edýärdi. Gurluşyk işleri ýönekeý mehanizmleriň: ryçaglaryň, ýapgyt tekizlikleriň kömegi bilen ýerine ýetirilýärdi. Şeýlelikde, durmuşy zerurlyk arifmetika, geometriýa, algebra, astronomiýa, mehanika baradaky ilkinji ylmy bilimleriň döremekligine getirdi.

Muňa garamazdan gadymy medeniýetiň üstünlikleri häzirki zaman ylmynyň esasy bolup bilmedi. Bu hormat gadymy Gresiýanyň we onuň harabaçylyklarynda döran antik döwletleriniň ylmyna degişlidir. Gadymy Gündogaryň alymlarynyň tejribe geçirmäge bolan artykmaç meýilliligi nazary ylymlaryň döremegine getirip bilmedi. Dünýäniň gurluşy baradaky garaýyşlary işläp düzmeklik müsür we wawilon işgärlerini gyzyklandyрмаýardy. Müsür ýa-da wawilon ýazuwçysy hasaplamagyň düzgünini ýazanda, «*şeýle etmeli*» diýýär, ol, näme üçin «*şeýle etmelidir*» düşündirmeýär. Diňe antik jemgyýetiniň taryhy sahna çykmagy bilen, ol ýa-da beýleki düzgünleriň, ýa-da tassyklamalaryň subut edilmegine bolan zerurlyk döredi. Başgaça aýdanymyzda, grek alymy seredilýän soragyň subut edilmegini talap edýär. Bu barada atomistikany esaslandyryjy Demokrit şeýle aýdýar: «*Bir zadyň ylmy subudyny tapmaklyk meniň üçin ähli pars şalygyna eýe bolmaktan gowudyr*».

### 3.2. Antik döwletleri üçin häsiýetli aýratynlyklar. Antik ylmyň aýratynlyklary

Ylmyň taryhynda *antik döwür* diýip grek medeniýetiniň dörän wagtyndan, ýagny *b.e.ö. VII-VI asyrlaryndan b.e. V asyrynyň ikinji ýarymy aralygyna* aýdylýar. Şeýlelikde, antik ylmyň taryhy barada aýdylanda ylmyň gadymy Gresiýadaky, ellinist döwrüniň döwletleri, şeýle hem respublika we imperiýa döwründe gadymy Rimdäki ösüşe düşüňäris.

Nazary ylm gadymy Gresiýada döredi diýip hasap edilýär. Bu ýerde grek we rim ylmylarynyň tapawudy barada birnäçe sözleri aýtmak ýerlikli bolar. Ol greklere we rimlilere milli mentaliteti bilen baglydyr. Grekler – döredijilerdir. Şol sebäpli birnäçe mün ýyl geçse hem, häzirki wagtda alymlaryň üns merkezinde bolan köp ylmy garaýyşlar Gresiýanyň akyldarlaryna degişlidirler. Häzirki zaman ylmyň köp pudaklary, meselem, matematika, mehanika, fizika, biologiýa, geografiýa we ş. m., massa, atom, elektron, izotop we ş.m. sözler grek sözleridir. Şeýle hem köp formulalarda grek harplary ulanylýar. Fales, Pifagor, Demokrit, Aristotel, Arhimed, Ýewklid, Ptolemeý grek alymlarydyr. Rimliler bolsa öňki aýdylan garaýyşlary özeleşdirip, durmuş üçin peýdaly etmegi başarypdyrlar, nesillere geçiripdirler. Diňe şol sebäpli grek medeniýetiniň we ylmyň gazananlarynyň köpüsi bize rimlileriň düşündirilişi bilen bellidir.

Adamzadyň medeniýetiniň ösmekliginde antik döwrüniň üstünlikleri (greklere ýa-da rimlilere degişlidigine garamazdan) ägirt uludyr, adamyň işiniň islendik pudagynda diýen ýaly biz ösüşiň başlangyjyny antik wagtdan alyp gaýdýarys. Elbetde, bu ylmyň ösüşiniň taryhyna hem degişlidir.

Antik döwri ziwilizasiýanyň özboluşly görnüşi bolup, ol birnäçe taryhy we sosial sebäpler bilen şertlenendir. Şeýle derňew bu döwürde ylmyň aýratynlyklaryna düşünmek üçin örän möhümdir.

*Antik döwletleri üçin häsiýetli aýratynlyklara seredeliň:*

*Söwdagärleriň we erkin hünärmenleriň köplügi.* Şunlukda, bir sany erkin adama köpsanly gullar degişli bolupdyr. Bu bolsa uly göwrümdäki goşmaça önümi almaga we soňra, *intelligentler*: ýazyjylar, alymlar, artistler, sazandalar, suratkeşler we mugallymlar diýip atlandyrylan adamlaryň bolmagyny üpjün etmäge mümkinçilik beripdir. Antik jemgyýeti adamlaryň käbir bölegine ylm, filosofiýa bilen gyzyklanmaga mümkinçilik beripdir, öwrenipdir we öwredipdir.

Antik döwletlerinde ylmyň häzirki zaman görnüşiniň döremegine getiren, *gul eýeçilik demokratiýasynyň bolmagydyr*. Ziwilizasiýanyň taryhynyň şaýatlyk etmegine görä, jemgyýetde adamyň demokratik hukuklary we erkinligi amala aşyrylanda medeniýet we ylm has gowy ösýär. Antik döwletlerinde erkin halk üçin bu hukuklar bardy, bu bolsa ylmyň ösmegine itergi berdi.

Antik döwürde *din ylma goşulmady*, ýagny erkin pikir ýöretme bardy.

Gynansak-da, şeýle erkin ylmy derňewler etmeklik ähli taryhy döwürler üçin häsiýetli bolmady, munuň özi ylmyň ösmekligine öz täsirini ýetiripdi.

Antik döwründe adam özüniň aňynyň ägirtligini duýdy. Antik döwründe adamlar ylym bilen diňe bir onuň *gerekligi* üçin däl-de, onuň *gyzyklydygy* üçin hem meşgullanyp başladylar. Şoňa görä-de, diňe şol döwürde filosoflaryň («*filosofýa*» diýmek – «*payhasa söýgi*» diýmekdir) döremekligi geň däl. Jemgyýetde şeýle hünärmenlere zerurlyk duýulýardy, akyldar mugallymlar gerekdi, alym we mugallym diýilýän kärler döredi.

Fizikanyň taryhynyň antik döwrüni öwrenijiler köpsanly kynçylyklara duş gelýärler. Olaryň esasyalarynyň biri bolan antik döwrüniň kitaplarynyň, hatlarynyň, leksiýalarynyň köp bölegi bize gelip ýetmedi. On baş asyryň dowamynda antik döwrüniň eserleriniň köp bölegi ýitdi. Uruşlar, ýangynlar, dini fanatizm, tebigy betbagtçylyklar ol işleriň köpüsini ýok etdi. Diňe orta asyr yslam Gündogarynda antik döwrüniň işlerini ýygnaý, gorap sakladylar we bu işleri latyn we gadymy grek dillerinden orta asyr Gündogaryň ylmy dili bolan – *arap diline* terjime etdiler. Diňe şol sebäpli bize häzirki wagtda antik awtorlarynyň fizika we oňa golaý bolan tebigat derslerine bagyşlanan köp traktatalary (ylmy eserleri) belli.

Doly saklanylyp galan eserleriň arasynda gadymy döwrüň beýik akyldary Arisoteliniň dört traktatasy: «*Fizika*», «*Asman barada*», «*Döremeklik we ýok bolmaklyk*», «*Meteorologika*» ýaly onuň Likeýde okan leksiýalarynyň ýazgylary bar. Şeýle hem, Platonyň astronomiýanyň we tebigat ylmlarynyň bilermenleri üçin okan çykyşy görnüşinde düzülen «*Timeý*» atly ýygyndysy, hakykatda ensiklopediýa bolan işi dolylygyna saklanyp galdy.

Antik döwrüniň ylmyň köp üstünlikleri bize rimli Tit Lukresiýa Kar (b.e.ö. 99–55 ý.) tarapyndan belli boldy. Onuň «*Zatlaryň tebigaty barada*» (*De rerum nature*) atly belli didaktik poemasy Rim imperiýasynyň gülläp ösen döwrüniň ylmy bilimleriniň ensiklopediýasy diýip hasaplamak bolar. Goşgular görnüşinde ýazan bu alty kitabynda Lukresiý Kar dünýäniň manysy, kosmogoniýa, optika we görüş, astronomiýa, meteorologiýa, geologiýa, geografiýa, tehnika, biologiýa we nesil nazaryýeti, anatomiýa, psihologiýa, adamzat jemgyýetiniň taryhy, medeniýet, saz we ş.m. soraglara seredýär.

Saklanyp galan antik eserleri taryh ylmlary, ilkinji nobatda bütin fizika üçin uly ähmiýete eýedir. Olardan başga-da, Antik alymlarynyň ýene-de birnäçe eserleri bölekleyin ýa-da soňky awtorlaryň beýan etmelerinde bize gelip ýetdi. Bular Demokritiň, Epikuryň ýygyndylarynyň bölekleri, dürli awtorlaryň «*Timeýe*» we «*Fizika*» berýän düşündirişleridir. Bize, doly däl hem bolsa Arhimediň (b.e.ö. 287–212 ý.) «*Tekiz figuralaryň deňagramlylygy barada*», «*Ýüzýän jisimler barada*» işleri, Ýewklidiň (b.e.ö. III asyr) ýygyndylary, Geron Aleksandriýskiniň mehanika, pneumatika, harby tehnika barada okuw kitaplary, Witruwiýa Polionyň (b.e.ö. I asyryň ikinji ýarymy) «*Arhitektura barada*» we käbir beýleki işleri bellidir.

Şeýlelikde, antik döwrüniň çeşmeleri bize bütinleý ýeterlik däl mukdarda gelip ýetdi we olar ýaramaz ýagdaýda saklanypdyrlar. Ondan başga-da, olaryň fiziki garaýyşlary, düzgün bolşy ýaly, ýgy-ýgydan bir-biri bilen jedelleşýän, dürli eserlerde beýan edilen, şoňa görä-de, antik döwründe fizikanyň ösüşini doly dikeldip bilmeýäris. Bu döwrüň fizika bilimleriniň we garaýyşlarynyň diňe umumy derejesi barada aýtmak bolar.

Ýokarda bellenilişi ýaly, diňe antik döwürde, häzirki wagtda hem ösüşi dowam edýän ylym döredi. Şol sebäpli antik ylmyna mahsus bolan aýratynlyklara düşünmeklik fizikanyň ösüşiniň ahli taryhy döwrüni derňemek üçin örän zerurdyr.

*Antik ylmyň häsiýetlendirýän esasy aýratynlyklara seredeliň.*

Ilkinji nobatda göze ilýän zat *tejribäniň (eksperimentiň)* ýoklugydyr.

Häzirki zaman ylmy tejribä daýanýar, onuň ähli üstünlikleri tejribeleri geçirmek we tejribelerde alnan netijeleri derňemek bilen baglydyr. Antik ylmy baha bermegiň başga ölçeglerinde gurlandy. Tejribe onuň esasy däldi, nazary netijeler ýönekeýdi we gös-göni gözegçilikler, ölçegler bilen bagly däldi.

Şeýle ýagdaýyň birnäçe sebäplerini görkezmek bolar. Ilkinji nobatda ylmyň taryhçylarynyň belleýşi ýaly muňa döwrüň *ideologiýasy* günäkärdi. Gul eýeçilik jemgyýetinde erkin adamlar fiziki zähmet çekmeýärdiler, diňe gullar zähmet çekýärdiler, olar bolsa filosoflar däldiler. Şol sebäpli, nazary ylmy gözlegler antik jemgyýetiniň şertlerinde, tejribe barlaglary bilen tassyklanyp bilinmeýärdi.

Ýöne, bu ýönekeý we ilkinji garaýyşda esasly düşündiriş ýeterlik doly däl. Antik ylmynda ideologik garaýyşlar kesgitli rol oýnasa-da, nähili bolsa hem *gul eýeçilik jemgyýetiniň ykdysady esasy* gowşakdy. Material bazanyň ýoklugy, tehnikaýyň pes derejede bolmaklygy düýpli ylmy tejribeleri geçirmäge mümkinçilik bermeýärdi, olar diňe tebigat hadysalaryna daşyndan gözegçilik edip bilýärdiler.

Emma, antik döwletleriniň durmuşynyň beýleki käbir ugurlarynda, meselem, harby işde we gurluşykda ýagdaý beýle däldi. Bu ugurlarda, häzirki wagtda biz olary tejribe diýip atlandyryp biljek, ylmy derňewler örän güýçli depginde geçirilýärdi. Muňa ýokarda bellenip geçilen, bize gelip ýeten çeşmeler, şeýle hem, alymlaryň we inženerleriň, şol sanda gadymy dünýäniň beýik alymy Arhimeidiň işleri şaýatlyk edýär.

Antik döwrüniň ylmyň ýene-de bir aýratynlygy, *ylmy derňewlerde matematikanyň çäkli ulanylmagydyr*. Bu ýagdaý, edil öňki sebäpler ýaly, antik jemgyýetlerindäki gul eýeçilik gurluşynyň aýratynlyklary bilen baglanyşyklydyr. Durmuş şerti, ykdysadyýetiň ösüş depgini, syýasy ýagdaý, ol ýa-da beýleki prosesleriň mukdar görkezijileriniň tejribe üsti bilen alynmagyny we olaryň ählitaraplaýyn düşündirilmekligini aradan aýyryardy. Bu bolsa ylmy soraglary çözmek üçin antik naturfilosoflaryna gödek hil garaýyşlaryny we pikir ýöretmelerini etmäge ýeterlik şert döredýärdi. *Pifagorlylar* – gadymyýetiň beýik matematigi Pifagoryň (b.e.ö. 570-490) yzyny ýöredijileriň – antik ylmyna mukdar gatnaşyklaryny we häsiýetnamalaryny

(«ähli zatlar sanlardyr») girizmek baradaky synanyşyklary giň goldaw tapmady. Pifagorlylar tebigat ylymlarynyň çägindeň çykdylar. Olar sanlary hudaýlaşdyrdylar we «*diňe sanlar dünýäni dolandyryýarlar*» diýip başladylar. Pifagorlylar üçin matematika ideal kanunlaryň özeni; aýratyn sanlar kämil nyşanlar boldular: birlik – hemme zadyň başlangyjy; ikilik – gapma-garşylygyň başlangyjy; üçlük – tebigatyň nyşany we ş.m. Sanlaryň jadysy (magiýasy) ýaşayşa örän ukyply, ol häzirki döwürde hem ýatdan çykarylmany, meselem, «*bagtly*» ýedilik, ýa-da «*wagşy san*» 666 we ş.m.

### 3.3. Gadymy grek alymlarynyň atomistik we beýleki ylmy garaýyşlary

Häzirki zaman ylmy özüniň köklerini antik döwründen alyp gaýdýar diýip aýdylýar. Bu ýerde *birinjiden*, diňe antik ylmy soňra köp asyrlaryň dowamynda ylmy çekeleşikleri döreden we düýpli öwrenilen birnäçe fiziki meseleleri ýüze çykarandygyny; *ikinjiden*, antiki döwürde döredilen anyk ylmy taglymatlaryň ähli döwürlerde, şol sanda häzirki wagtda-da ylmyň ösmekligine gös-göni täsir edip, ulanyşdadygyny bellemek gerek.

Diňe antik döwürde, jogabyny köp nesilleriň alymlarynyň gözlän, şol sanda häzirki zaman alymlarynyň hem gözlemeklerini dowam etdirýän, birnäçe «*baky*» soraglary döredi.

Antik tebigaty öwrenijileriň önünde haýsy esasy meseleler goýlupdyr?

Antik alymlarynyň önünde ilkinji we esasy mesele bolup, *materiýanyň gurluşy* baradaky mesele durýardy. Onuň çözülişi bilen filosoflar hem we naturfilosoflar hem gyzyklandylar. Gadymy akyldarlary Älemiň köpsanly we dürli görnüşli obýektleri bilen bütewüligini nähili birikdirmek meselesi gyzyklandyrypdyr. Olar «*Ähli zatlar nämeden düzülen?*», «*Nämäni elementar diýip hasaplamak bolar?*» diýen soraglara jogap gözleýärdiler. Bu soraglara jogaplar dürli-dürlüdi. Derňemekligiň hiç hili fiziki usullarynyň we fizikanyň özüniň hem heniz ylym hökmünde ýok döwründe filosoflar bu soraga logiki pikirlenmeler usuly bilen jogap bermäge synanyşypdyrlar.

Gadymy dünýäniň akyldarlarynyň garaýşyna görä diňe käbir maddalar (meselem, agaç) göze görünýän gurluşa eýe. Beýleki köp maddalar bolsa, meselem suw, ýag, metallar, howa bütewi gurluşy bolmadyk gurşaw ýaly kabul edilýär. Olary tükeniksiz böleklere bölüp bolýar we şunlukda her bir bölek, näçe kiçi hem bolsa, ilkibaşdaky maddanyň ähli esasy häsiýetlerini saklaýar.

Emma, başga tarapdan, maddany tükeniksizlige çenli böleklere bölmek bilen, biz aňry çäk nokada geleris. Hiç hili ölçegleri we hiç hili massasy bolmadyk nokat maddanyň aýratyn häsiýetlerini äkidiji bölejik bolup bilermi? Suwy böleklere bölüp alýan nokadymyz, gurşun bölegini bölüp alýan nokadymyzdan nämesi bilen tapawutlanýar?



Eger nokat maddanyň käbir aýratyn häsiýetlerini äkidiji bolup bilmeýän bolsa, onda maddany tükeniksizlige çenli (maddanyň häsiýetlerini saklamak şertinde) bölmek mümkin däl. Bu ýerden, islendik madda, meselem, suw, suwuň esasy häsiýetlerini heniz özünde saklaýan, ýöne mundan soň bu häsiýetleri özünde saklaýan bölekler bölmek mümkin däl bolan owunjak bölejiklerden düzülen bolmaly diýen netije gelip çykýar.

Gadymy dünýäniň dürli ýurtlarynda ýaşaýan, esasan-da, gadymy Gresiýada ýaşaýan akyldarlar şeýle (ýa-da takmynan şeýle) garaýyşlara eýediler.

Maddanyň gurluşy barada gadymy grek akyldarlarynyň garaýyşlaryna sere deliň. Antik filosofýasyny döredijileriň biri, biziň eýýamymyzdan ön VII-VI asyrlarda Gresiýanyň Milet şäherinde ýaşan täjir Fales Miletskiniň (b.e.ö., takmynan 624–548 ý.) garaýyşlaryna görä hemme zatlar *suwdan* ybaratdyr; Älemiň başlangyjy we ahyry – suw; ähli zatlar suwuň gatamagy (doňmagy) we bugarmagy bilen emele gelýär; suw goýalanda toprak, bugaranda howa emele gelýär.

Falesiň okuwçysy Anaksimandr (b.e.ö. 610–546 ý.) ilkinji filosofiki eser bolan «*Tebigat barada*» atly işinde materiýanyň esasy hökmünde «*apeýron*» diýip atlandyrylýan käbir maddany hasap edýär. Grek dilinde bu söz «*tükeniksiz*», «*çäksiz*» manyny aňladýar. Geljekde Platon bu düşüňjani materiýanyň sinonimi hökmünde ulandy.

Anaksimen (b.e.ö. 585–525 ý.): «*Ähli bar zatlaryň esasy bolup howa hyzmat edýär we howanyň goýalmagy bilen ähli zatlar döreyärler*» diýip tassyklapdyr.

Gresiýanyň Efes şäherinde ýaşaýan grek filosofy Geraklit (b.e.ö. 550–480 ý.) hemme zadyň başlangyjy – *ot*, şeýle hem bu *ruh* we *aň* (*logos*), diýip hasapлады; Ol oduň goýalmagy netijesinde ähli zatlar döreyärler diýdi. Geraklit *dialektikany* döredijileriň biridir. Onuň tassyklamagyna görä ähli zat akýar, hemme zatlar üznüksiz üýtgeýärler; dünýä Hudaý tarapyndan we adam tarapyndan döredilmedik, dünýä kanunalaýykly alawlaýan we kanunalaýykly söňýän janly ot görnüşinde bardyr we baky bolar, diýipdir.

Geraklit ilkinji gezek hereketiň çeşmesi baradaky soraga seretdi we «*Hereketiň çeşmesi gapma-garşylygyň göreşidir*» diýip belläpdir.

Ýokarda atlary getirilen filosoflaryň garaýyşlarynda umumy bir garaýyş saklanýar, ýagny *maddany käbir üznüksiz gurluşy bolmadyk substansiýa hasaplaýarlar*. Olarda maddanyň tebigaty barada bir bütewi pikir ýokdy. Emma şol döwürlerde Gresiýada başga garaýyşlary bolan filosoflar hem bardy.

Gadymy grek filosofy Anaksagor (b.e.ö. 500–428 ý.) ilkinjileriň biri bolup käbir «*bölünmeýän elementleriň*» bardygy baradaky pikiri aýtdy. Ol *ähli zatlar owunjak bölejiklerden – gomeomeriýalardan («tohumlardan»)* ybaratdyr diýdi. Onuň garaýşyna görä süňkler owunjak süňklerden, suw - owunjak suw damjalaryndan, ot-otjagazlardan we ş.m. düzülendir. Ol «*Aý, Gün, planetalar, ýyldyzlar gyzygyn*

*daşlardyr»* diýip bellese-de (araplar we grekler olaryň Hudaý tarapyn gelip çykyşlary bar diýýärdiler), giňişligiň barlygy barada hiç zat aýtmaýar.

Empedokla (b.e.ö. 490-430 ý.) görä: *Hemme zadyň esasy dört elementdir: ot, howa, suw we toprak*. Oňa görä: *«Elementleri herekete getirýän iki başlangyç bardyr - söýgi we duşmançylyk*. Elementler söýgi bilen birleşýärler, duşmançylyk bilen aýrylyşýarlar. Tebigatdaky üýtgeşiklikler dartyşma we itekleşme güýçleriniň – söýgüniň we duşmançylygyň üsti bilen bolýar. Elementler bakydyr». Ol: *«Hiç zatdan hiç zat emele gelmeýär; bar zat ýok bolmaýar»* diýip belleýär. Bu häzirki zaman fizikasyndaky saklanma kanunynyň esasydyr.

Maddanyň atom gurluşy baradaky ilkinji garaýyş grek filosofy Lewkipp (b.e.ö. 500 – 440 ý.) tarapyndan aýdyldy.

Anaksagoryň we Lewkipiň garaýyşlaryny olaryň okuwçysy, grek filosofy Demokrit (b.e.ö. 460–370 ý.) ösdürdi. Demokrit we Lewkip *ähli jisimler şol bir ilkinji materiýadan ybaratdyrlar* diýip çakladylar. Olaryň pikirine görä jisimleriniň häsiýetleriniň arasyndaky bar bolan tapawutlar ýönekeý bölejikleriň formalarynyň dürlüligi we olaryň özara ýerleşişleri sebäpli döreýärler. Demokritiň eserleri bize gelip ýetmedi, olaryň diňe käbir bölekleri saklanyp galdy. Şoňa görä-de, diňe alymyň pikiriniň nämä ugrukdyrylandygy barada aýtmak bolar, islendik doly beýan etmeklik diňe çaklama bolar.

*Demokritiň prinsipleri:*

- Atomlardan we boş giňişlikden başga hiç zat ýokdur;
- Sany we formalary boýunça atomlar tükeniksizdir hem-de dürli-dürlüdür;
- Hiç zatdan hiç zat döremeýär;
- Hiç zat tötänleýin bolmaýar, hemme zatlar bir zadyň esasynda we zerurlygynda amala aşýar;
- Zatlaryň arasyndaky tapawut olaryň atomlarynyň sanynyň dürlüligi, ululygy, formalary we tertibi bilen bolup geçýär;
- Atomlaryň arasynda hil taýdan tapawut ýokdur;
- Atomlaryň hiç hili *«içki gurluşy»* ýokdur. Olar biri-birlerine basyş we urgy bilen täsirleşýärler;
- Atomlaryň hereketi baky. Boş, tükeniksiz giňişlikde atomlar hereket edýärler, biri-birleri bilen çaknyşýarlar we ähli zatlary, şol sanda tükeniksiz dünýäni hem emele getirýärler;
- Hereket – atomlara tebigy mahsus bolan häsiýetdir;
- Jisimler, bu atomlaryň birleşmesidir;
- Ähli üýtgeşmeler bölekleriň birleşmegi we dargamagy bilen bolýar;
- Ruh oduň atomlaryna meňzeş ýuka, ýylmanak we tegelek atomlardan ybaratdyr. Bu atomlar has ýyndamdyrlar we olar bedene girip ähli ýaşayyş hadysalaryny döredýärler.



Bu ýerde dünýäniň tebigaty baradaky materialistik garaýyş ruhuň idealistik garaýyşy bilen utgaşdyrylýar, emma Demokrit ruhy materialistik nukdaý nazarynda düşündirmäge synanyşýar.

Demokritiň boş, tükeniksiz giňişligi düýbünden täze garaýyş bolup, bu düşünje Dünýäniň suratynyň täze elementidir. Bu garaýyş geometriýanyň ösmegi bilen döredi.

Demokritiň matematik hökmünde subut eden zatlary: piramidanyň göwrüminiň prizmanyň göwrüminiň  $1/3$ -ne deňdigi; konusyň göwrüminiň silindriň göwrüminiň  $1/3$ -ne deňdigi. Demokrite görä çyzygyň atomlary nokatlardyr, üstüň atomlary çyzyklardyr, göwrümiň atomlary ýuka listlerdir.

Demokrite we onuň taglymatyna idealistler garşy boldular. Platon, meselem, okuwçylaryna Demokritiň garaýyşlaryny öwrenmekligi gadagan edýär. Emma, beýik atomizm ideýasy idealistler we din bilen gazaply göreşde berk durdy we häzirki zaman ylmynyň altyn gaznasyna girdi. Demokritiň giňişlik we wagt baradaky garaýyşlary soňra Nýuton tarapyndan ösdürildi we onuň ähli bolup geçýän zatlaryň zerurlyk we sebäplilik prinsiplerinden *determinizm* döredi.

Demokritiň taglymaty grek filosofy Epikur (b.e.ö. 341–270 ý.) tarapyndan ösdürildi. *Epikura görä atom agrama eýe. Epikuryň atomy göz önüne getirişi belli maglumatyň üsti bilen şeýle düşündirilýär: ýuwan geýmiň guramagy, şemalyň we Günün täsiri netijesinde ondan suwuň göze görünmeýän bölejikleriniň aýrylýanlygyndandyr.*

Epikura görä: *«Atomlar üznüksiz hereketde bolýarlar, şunlukda ähli atomlar boşlukda (häzirki zaman düşündede-wakuumda) hemişelik tizlik bilen gaçýarlar. Käbir pursatlarda olar tötänleýin öz ugurlaryndan gyşaryp hereket edip bilýärler. Bu bolsa atomlardan dünýäleriň emele gelmegine getirýär. Ýer şeýle döredi, ondan soň Ýerden beýik asman aýryldy, deňizler emele geldi. Ýer ýaşayşy döretdi. Soňra tebigy ýol bilen haýwanat we ösümlik dünýäsi döredi, adamzat jemgyýeti döredi».*

Gadymy atomistleriň beýik hyzmaty olar özleriniň ajaýyp garaýyşlary bilen ylma ýol görkezdiler, atom we molekulýar – kinetik nazaryýetleriň geljekki üstünlüklerini öňden gördüler.

Emma Epikuryň hem esasy işleri saklanyp galmady. Ýöne Epikuryň işleri, rim şahyry we filosofy Tit Lukresiý Kar (b.e.ö. 91–55 ý.) tarapyndan *«Zatlaryň tebigaty barada»* kitapda giňişleýin beýan edildi.

Lukresiý Karyň tassyklamagyna görä Demokrit-Epikuryň taglymatlary materiýanyň saklanmagy, formanyň saklanmagy (materiýanyň görnüşleriniň), giňişligiň barlygy diýen üç principe daýanýar.

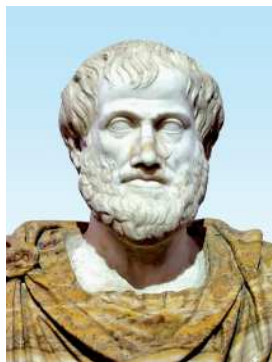
Lukresiýa görä, dünýä giňişlik boýunça tükeniksizdir, ol bitewi merkeze eýe däl. Şol bir wagtyň özünde poemada Ýeriň togalak görnüşi baradaky garaýyş ýok. Poemada bu zatlar nähili baglanyşykly, tekiz görnüşli Ýer (şol döwrüň garaýyşyna görä) köpsanly dünýäleri bolan Älemde nähili orny eýeleýär, bu zatlaryň hemme-

siniň atomlaryň birleşmesi netijesinde dünýäleriň döremekleri baradaky kosmogonik konsepsiýalardan gelip çykmagy mümkinmi, diýlen soraglar düşnüksiz bolup galýar.

Antik döwrüniň atomistleri barada aýdylanda, olaryň garaýyşlaryny maddanyň gurluş derejeleri baradaky häzirki zaman garaýyşlar bilen garyşdyrmaly däl. Elmydama *gadymyýetiň atomistikasynyň seredip oýlanylyan, pikirde aýlanylyan häsiýet-de bolandygyny ýatda saklamak gerek.*

B.e.ö. IV asyrdaky gadymy Gresiýada şol döwrüň akyldarlarynyň ýygnaýan, täsin mekdebi bardy. Bu mekdepde tebigatyň gurluşyndan döwleti dolandyrmaklyga çenli dürli soraglar ara alnyp maslahatlaşylyardy. Bu mekdebi belli grek filosofy Platon (takmynan b.e.ö. 427-347 ý.) döretdi. *Platonyň Akademiýasy* dini - filosofiýa birleşmesi (soýuzy) görnüşinde, takmynan b.e.ö. 387-nji ýylda, Afinyň golaýynda hyýaly (mifiki) gahryman Akademiýa bagyşlanan bagda döredildi.

Dünýä barada bilimleriň toplanmagy bilen olary tertibe salmak meselesi wajyp bolup başlady. Bu mesele antik döwrüniň beýik akyldarlarynyň biri Aristotel tarapyndan ýerine ýetirildi. Gadymy grekleriň fizikasynyň esasy garaýyşlary Aristotel tarapyndan döredildi. Ylmyň ösmekligine Aristoteliň täsiri örän uludyr. Şoňa görä-de, ol barada giňişleýin durup geçeliň.



*1-nji surat. Aristotel*

**Aristotel (b.e.ö. 384-322 ý.)** Gresiýanyň Stagir şäherinde doguldy (*1-nji surat*). Onuň kakasy Nikomah makedon patyşasy Aminta II-niň köşk lukmany bolupdyr. Aristotel Afiny şäherinde Platonyň Akademiýasynda okapdyr. Aristotel Aminta II-niň ogly Filipiň çagalyk dosty bolupdyr.

Aristotel b.e.ö. 343-335-nji ýyllarda Filipiň ogly, geljekki beýik serkerde Aleksandr Makedonskiniň mugallymy-terbiýeçisi bolupdyr. Aleksandr Makedonskiý Pars döwletini, Müsüri, Merkezi Aziýa döwletlerini we Hindistany basyp alýar. Aleksandr Makedonskiý aradan çykandan soň (b.e.ö. 323 ý.) Aristotel Afinydan Ewbeý adasyna kowulýar we bir ýyldan soň aradan çykýar.

Aristotel adamzadyň ösüşiniň ähli taraplaryny – sosiologiýany, filosofiýany, syýasaty, logikany, fizikany öz içine alýan filosofiýanyň köptaraply ulgamyny döreden ilkinji akyldardyr. Köp asyrlaryň dowamynda onuň ady ylymda uly abraýdan peýdalanylýp gelýär. Aristotel özünden öňküleriň köpsanly tebigy ylmy maglumatlaryny ýygnaýdy we umumylaşdyrdy. Ol «*Fizika*», «*Döremeklik we ýok bolmaklyk*», «*Asman barada*», «*Mehanika*» we beýleki işlerinde tebigat we hereketler barada öz garaýyşlaryny beýan etdi.

Aristotel Afinyda likeý (liseý) döredýär. Aristoteliň okuwçylaryna *peripatetikler* (gezmeleýänler) diýipdirler. Bu at filosofyň likeýiň bagynda gezelenç edip okuwçylary bilen sapak geçýändigini üçin aýdylypdyr.

Antik alymlarynyň hiç haýsysynyň Aristotel ýaly ylmyň ösmekligine çuň we uzak wagtyň dowamynda täsir edip bilmändiklerini bellemek gerek. Aristotel köp kitaplary ýazdy: «*Metafizika*» (filosofiýa-14 kitap), «*Fizika*» (8 kitap), «*Döremeklik we ýok bolmaklyk*», «*Asman barada*», «*Mehanika*», «*Şygryýet*», «*Ruh barada*», «*Etika*», «*Syýasat*», «*Organon*» (usul, logika), «*Haýwanlaryň taryhy*».

Aristotel ylmyň taryhynyň esasyňy goýdy. «*Metafizika*» eserinde ylmyň we sungatyň döreýişi baradaky pikirleri aýdýar, özünden öňki alymlaryň işlerine baha berýär.

*Aristotel fizika ylmynyň atasydyr.* Onuň tebigaty öwrenmek baradaky kitabyňyň ady («*Fizika*») fizika ylmynyň ady boldy. Aristotel «*Fizika*» kitabynda köp soraglara seredýär: materiýa we hereket barada, giňişlik we wagt barada, boş giňişlik barada, tükenikli we tükeniksizlik barada, täsir edýän sebäpler barada.

*Aristoteliň ylmy usulyýet ulgamynyň wajyp garaýyşlaryna seredeliň.* Onuň esasynda ýatan fundamental prinsip şeýle aýdylýar: «*Bilim hem, ylmy akyl ýetiriş hem ähli derňewlerde başlangyçdan, sebäplerden we elementlerden, olara akyl ýetirmekden döreýärler, onda tebigat baradaky ylymda hem ilkinji nobatda başlangyçlara näme degişlidigini kesgitlemäge çalyşmak gerek*». Aristoteliň fizikasy abstrakt (synlap oýlanylýan, pikirde aýlanylýan) häsiýetdedir. Aristotel fizikanyň çözüň meselelerini örän dogry kesgitleýär, ýagny oňa görä tebigat baradaky ylym tebigatyň «*ilkinji sebäplerini*», onuň «*ilkinji başlangyçlaryny*» we «*elementlerini*» öwrenmelidir. Häzirki zaman dilinde aýdanymyzda, fizika tebigatyň esasy kanunalaýyklyklaryny («*ilkinji sebäplerini*») we tebigatyň prinsiplerini («*ilkinji başlangyçlaryny*») we onuň «*elementlerini*» (elementar bölejiklerini) öwrenmelidir. Şeýlelikde, fizika fundamental kanunlara we esasy elementler (häzirki zaman fizikasynda bölejikler we meýdanlar) baradaky garaýyşlara esasanan tebigatyň umumy nazaryýetidir. Häzirki zaman nazaryýetçisi Aristoteliň bu garaýyşlaryny fizikanyň meselelerine bölýär we tebigatyň ählumumy nazaryýetini gurmaklygyň üstünde işleýär.

Aristotel *materiýanyň bardygyny* ykrar edýär. Materiýanyň ilkinji hilleri hökmünde Aristotel iki sany *gapma-garşylygy* alýar: *ýyly – sowuk* we *gurak – çygly* we esasy (pes) elementler hökmünde: – *toprak, howa, ot, suw* diýip hasaplaýar. Oňa görä başynjy kämil tebigy hadysa – *efir*.

*Aristoteliň fiziki garaýyşlaryny beýan ediş usuly hem özboluşly.* Aristoteliň «*Fizikasynda*» häzirki zaman fizika okuw kitabyndan tapawutlylykda, matematiki formulalary, tejribeleriň we abzallaryň ýazgylaryny görmeýäris. Aristotel öz netijelerini çekeleşmeler we gürrüň bermek arkaly beýan edýär. Ol düýbünden tejribä

salgylanmaýar, sebäbi Aristotele görä «*tejribe tebigatyň düzgünini bozýar we oňa akyl ýetirmekligi ýoýýar*». Aristoteliň fiziki tejribäni inkär etmekligi, gul eýeçilik döwründe «*hünärmenlik sungaty*» gullaryň işi diýlip hasap edilmekligi sebäp bolan bolmagy mümkin.

*Matematika* barada aýdanymyzda, Aristotel tebigaty öwrenmekde ony ulanmaklyk aşakdaky iki sebäbe görä ýol berilmesizdir diýip hasap edipdir:

1. Matematika hemişelik ululyklar bilen iş salyşýar, tebigat bolsa üznüksiz heketde we üýtgeýişde bolýar.

2. Matematika materiýasy ýok predmetler üçin ulanarlyklydyr, tebigat bolsa ähli ýagdaýlarda diýen ýaly materiýa bilen baglanyşyklydyr, şol sebäpli matematika tebigat baradaky ylym üçin ýaramsyzdyr.

Antik alymlaryny gyzyklandyran ýene-de bir möhüm mesele – *hereketdir*. Bu mesele Aristoteliň «*fizikasynda*» has yzygider beýan edildi. Şonuň esasynda bu ugur boýunça antik alymlarynyň garaýyşlary barada netije çykarýarys. Aristoteliň işleri has gowy saklanyp galypdyr. Şol bir wagtyň özünde Epikuryň we onuň tarapdarlarynyň eserleri düýbünden saklanyp galmady. Demokritiň dinamika boýunça garaýyşlarynyň Aristoteliň garaýyşlaryndan düýpli tapawutlanýandygyny diňe çaklamak bolar. Emma, bu diňe çaklamadyr we Demokritiň dinamikasyny täzedan gurmak gumanlydyr, sebäbi olar ýeterlik hakyky maglumatlara daýanmaýarlar.

Aristoteliň garaýyşyna görä hereketler «*tebigy*» ýa-da «*öz erkine*» we «*emeli*», ýagny «*mejburi*» diýen iki görnüşe bölünýärler. Bu garaýyşlar bilen Aristoteliň kosmologiýasy gurulýar, ýagny onuň pikirçe *dünýä Aýüsti* we *Aýdan aşaky* bölege bölünýär. Aýüsti dünýädäki jisimleri ol «*ideal obýektler*» diýip atlandyryýar we Aýüsti dünýä efirden ybarat diýýär. Onuň pikirçe Aýüsti dünýädäki jisimler «*tebigy*» ýa-da «*öz erkine*» hereket edýärler. «*Tebigy*» hereket güýç goýulmagyny talap etmeýär. Nämne üçin «*ideal obýektler*» hereket edýärler diýlen soraga Aristotel «... *özünüň tebigaty boýunça*» diýip jogap berýär. Öz tebigatyna görä «*tebigy*» hereket iň kämil hereketdir we bu hereket diňe asman jisimlerine mahsusdyr.

Aristotel jisimiň aşak gaçmak meseleleri bilen hem köp gyzyklanypdyr, ýagny Aristotele görä «*tebigy*» hereket, bu agyr jisimiň dünýäniň merkezine, ýagny Ýeriň merkezine bolan aşak hereketi we ýeňil jisimiň ýokary hereketidir. Jisimleriň şeýle hereketi olaryň öz tebigy orunlaryny eýelemäge ymtylýandygy netijesinde, öz-özünden bolup geçýär. Aýüsti dünýä efirden ybaratdyr, baky deňölçegli hereketleriň oblastydyr.

Aristotele görä Aýdan aşaky dünýädäki jisimler «*emeli*», ýagny «*güýjüň täsiri bilen*» (şol sanda deňölçegli gönüçyzykly hereket hem) hereket edýärler. Aristotel özüniň dinamikasynyň esasy garaýyşyny şeýle beýan etdi: «*Hereketde bolýan ähli*

zat, başga zadyň täsiri netijesinde bolup geçýär. Aýdan aşaky dünýä pes elementlerden düzülendir; bu dünýäde tertipsiz, deňölçegli däl hereketler höküm sürýär».

Aristotele görä: «Her bir zat materiýanyň we formanyň birligidir; tebigatda elmydama materiýanyň forma, formanyň materiýa geçişi amala aşýar».

Aristoteliň pikirine görä gönüçyzykly hereket tükeniksiz dowam edip bilmez, sebäbi şeýle tükeniksizlik ýokdur. Aristotele görä jisimi itekleýän güýç özüniň täsir etmegini kesse, onda hereket edip barýan jisim togtar. Başgaça aýdanymyzda, Aristotel, jisimiň tizligi täsir edýän güýje göni baglylykda üýtgeýär diýip hasaplaýardy. Aristoteliň mehanikasynyň kanunlarynyň bu ýalňyşlygyny ilkinji gezek Galileý inersiýa kanunyny açyp, görkezdi. Galileýe görä, eger jisime hiç hili güýç täsir etmeýän bolsa, onda ol dynçlykda ýa-da deňölçegli we gönüçyzykly hereket eder. 1687-nji ýylda I.Nýuton ilkinji gezek dinamikanyň esasy kanunyny dogry kesgitledi.

Aristotel wagty hereket bilen baglanyşdyrýar, ýagny wagty hereketiň ölçegidir, «hereketiň sany» diýýär. Ol atomistleriň (Anaksogoryň, Lewkippiň we Demokritiň) giňişlik we tükeniksiz köp atomlaryň we dünýäleriň bardygy baradaky garaýyşlaryny tankytlaýar. Aristotele görä jisimleriň hereketi bu jisimleriň häsiýetlerine bagly bolan ginişlikde bolup geçýär. Aristotel materiýasyz boş giňişligiň barlygyny düýbünden inkär edýär. Oňa görä hakyky dünýä gutarnykly we çäkli hem-de ol elementleriň gutarnykly sanyndan gurulandyr.

Şeýle hem, Aristotele görä bolup geçýän wakalara, haýsy bolsa-da, bir üýtgeşmelere bagly bolmadyk wagty hem ýok. Ol: «Eger «indi» her gezek başga bolman, birmeňzeş bolsa, onda wagty bolmazdy» diýip belleýär.

Oňa görä giňişlik we wagty üznüksiz ululykdyrlar: uzynlygyna görä giňişlik – onuň bir böleginiň ahyrky araçägi beýleki böleginiň başlangyç araçägi bolýar; yzygiderligi boýunça wagty – «indi», geçmiş we geljek bilen galtaşýar.

«Gurşaw (sreda) näçe dykz bolsa, şonça-da herekete köp garşylyk görkezýär» diýip dogry belläp, Aristotel, tükeniksiz seýreklandirilýan boş giňişlik hereketiň tükeniksiz dowam etmegine getirer diýlen netijä gelýär. Onuň pikiriçe, bu mümkin däl. Garşylyk ýok bolsa jisimiň tizligi hem tükeniksiz bolar, bu hem mümkin däl, diýýär. Şeýle hem ol: «Howasyz giňişlikde ähli jisimler birmeňzeş tizlik bilen gaçýarlar» diýip dogry aýdýar.

Aristotel material dünýäniň hakyky barlygyny kabul etdi we oňa akyl ýetirip bolar diýdi. Ol idealist däl (onuň mugallymy Platon idealistdi). Aristoteliň «Platon meniň dostum, ýöne hakykat gymmat durýar» diýen ajaýyp sözleri özüniň mugallymynyň garaýyşlaryndan ýüz öwürýändigini aňladýar.

Aristotel Hudaýyň barlygyna, bu dünýä we ol dünýä ynanyndyr, Aristotel dünýäniň absolýut hereketsiz merkezi hökmünde Ýeri hasap edipdir, ýagny ol geosentrik (geo grek sözi bolup, Ýer diýmekdir) ulgamy goldapdyr. Ol atomizmi we dünýäniň geliosentrik ulgamyny inkär etdi. Aristoteliň şulara we şuna meňzeş



garaýyşlaryny buthana *dogma* (*dogma – köre-körlük bilen makullanylýan, subutnamasyz düzgün*) öwürdi. Aristotele garşy bolýanlary dine we buthana garşy bolmakda, ýeretiklikde (hudaýsyzlykda) aýypladylar. Aristoteliň taglymatynyň buthana tarapyndan ykrar edilmegi we gaýtadan işlenilmegi sebäpli tebigy ylymlar ýigrimi asyrlap diýen ýaly (XVII asyra çenli) Aristotele görä beýan edildi.

*Aristoteliň dünýä akyl ýetiriş usuly: «Bize görnüşi ýalydan tebigaty boýunça görnüşe»*. Hakykatdan hem, adamlar ilki başda zatlary hakykatda bolmalysy ýaly («tebigaty boýunça») kabul etmän, öz göz önüne getirişleri ýaly («bize görnüşi ýaly») kabul edýärler. Meselem, adamlar ilki başda Ýeri tekiz we herekesiz hasaplapdyrlar. Ýeriň şar görnüşdediginiň açylmagy «bize görnüşi ýaly» ugurdan «tebigaty boýunça» görnüşe tarap uly ädim boldy. Ylmyň taryhy akyl ýetirişiniň bu ýoluny tassyklaýar.

Aristotel öz işlerinde tebigy bilimleriniň ählisi boýunça diýen ýaly soraglara sedip geçdi we olara jogap bermäge synanyşdy. Beýik filosof Aristoteliň işlerinde, köpsanly sada we ýönekeý pikirleriň bolmagyna seretmezden, onuň häzirki gün hem ylymda öwrenilýän çuň pikirleri hem bardyr.

Ýokarda belläp geçişimiz ýaly Aristoteliň ylmy iki sany uly – hristian we ys-lam dinleri tarapyndan dogmalaşdyryldy. Diňe Aristoteliň garaýyşlary bilen bolan göreşde häzirki zaman dünýä akyl ýetiriş ulgamy döredi.

Görüş we eşidiş, umuman, duýuş organlary elmydama adamlaryň üns merkezinde boldy. Şoňa görä-de, olar bilen baglanyşykly bolan fiziki hadysalar antik döwüründen bäri alymlary gyzyklandyryp geldi. Diňe şol döwürde akustika we optika döredi.

Antik döwriň *akustikasy* barada ilkinji maglumatlar Pifagorda duş gelýär. Gürrüň, pifagorlylara görä sanlaryň oýny bolan, saz sazlaşygynyň kanunlary barada barýar. Gadymy Gresiyada işlenilip düzülen saz akustikasynyň esaslaryny Witruwiý Polion, şeýle hem giçki rim alymy, «soňky rimli» Boesiý (b.e. 480–524-nji ýyllary töwerekleri) «*Saz barada baş kitap*» eserinde beýan etdi. Pifagorlylaryň ses akustikasyndaky käbir üstünlikleri bilen bir hatarda, olaryň köp garaýyşlarynyň subýektiv häsiýetde bolandygyny bellemek gerek. Meselem, pifagorlylara görä, sesiň ýaýramak tizligi onuň belentligine bagly diýip çak edipdirler, emma sesiň belentliginiň yrgyldynyň ýygylmagyna baglydygyny çaklamaýardylar.

*Antik alym optikler* barada aýdanymyzda, ilkinji nobatda «*Başlangyç*» atly kitaby ýazan Ýewklidi ýatlamak gerek. Ýewklid (b.e.ö. III asyr) grek matematigi we naturfilosofy. Onuň «*Başlangyç*» atly kitaby nusgawy fizikanyň hadysalary bolup geçýän giňişligi beýan edýän, ýewklid geometriýasy diýip atlandyrylýan geometriýanyň esaslaryny beýan edýär. Ýewklidiniň «*Başlangyç*» kitaby adamzat medeniýetiniň taryhynda ajaýyp eserdir. Ýewklidden öňküler – Fales, Pifagor, Aristotel we beýlekiler geometriýanyň ösmegi üçin köp işleri etdiler. Emma olaryň hemme-

si bütewi logiki beýan edilme däl-de, aýratyn böleklerden ybaratdy. Şeýle beýan etmegi ilkinji gezek Ýewklid ýerine ýetirdi.

Dünýäniň ähli mekdepleriniň okuwçylary Ýewklidiň täzeden işlenen bu işi boýunça başlangyç bilim alýarlar. «*Başlangyç*» 13 kitapdan ybarat. Kitapda nokadyň, çyzygyň, figuranyň we ş.m. düşüňjeleriň kesgitlemeleri we soňra geometriýany düzýän, subutsyz kabul edilýän *aksiomalar we postulatlar* getirilýär.

*Ýewklidiň garaýşyna görä:*

- Giňişlik boş, tükeniksiz, izotrop. Onuň üç ölçegi bar;
- Atomlar boş giňişlikde hereket edýärler;
- Nokat ýönekeý geometrik obýektidir, ony böleklere bölüp bolmaýar, ýagny nokat giňişligiň bölünmeýän atomydyr.

Şeýle hem Ýewklid tükeniksiz giňişlik aşakdaky üç sany postulat bilen häsiýetlenýär, diýýär:

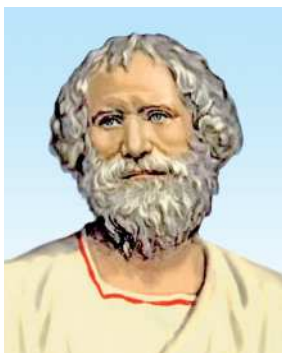
1. Islendik nokatdan islendik nokada göni çyzyk geçirip bolýar;
2. Çäkli gönini göni boýunça üznüksiz dowam etdirip bolýar;
3. Islendik nokatdan, merkezi şol nokat bolan töwerek geçirip bolar.

Ýewklid geometriýasynyň esaslary häzirki döwürde umumy bilimiň zerur elementlerine öwrüldi.

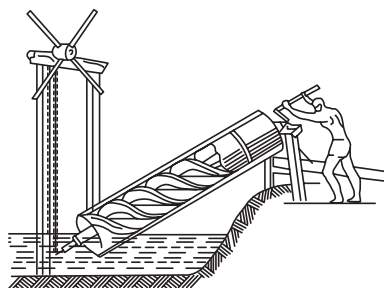
Ýewklidiň üstünlikleri onuň «*Optika*» we «*Katoptrika*», degişlilikde, «*Görnüş barada*» we «*Serpikmäniň görnüşi barada*» eserlerinde getirilen. Bu eserlerde häzirki zaman geometriýasynyň esaslary beýan edildi. Ol «*Optika*» eserinde ýagtylygyň gönüçyzykly ýaýrama kanunyny, ýagtylygyň serpikme kanunyny, kölegäniň emele gelşini, kiçi yslaryň kömegi bilen şekilleri almaklygyň usullaryny işläp düzdi. Ýewklid bu kanunlary döredende ýagtylyk şöhlelerini däl-de, göreçden çykýan şöhleleri göz önüne tutýardy. Onuň bu nädogry garaýşy geometrik gurluşlary gurmak üçin päsgel bermeýär we Ýewklid tekiz, oýuk we güberçek aýnalardan serpigýän şöhleleriň ugurlaryny dogry kesgitläp bildi. Ol ýagtylyk şöhleleriniň güberçek aýnadan serpikme kanunlaryny we güberçek aýnanyň fokusirlemek täsirini bilipdir, emma fokusy takyk kesgitläp bilmedi.

Arhimediň, Geron Aleksandriýskiniň we Klawdiý Ptolemeýiň optika degişli işleri barada geljekde gürrüň ederis.

Ilkibaşda *mehanika* tehniki oýlap tapyşlar baradaky ylymdy, diňe soň onuň çäklerinde ilkinji ylmy umumylaşdyrmalar döredi. Olaryň biri bolup ýönekeý mehanizmleriň seredilmegi, ilkinji nobatda *ryçag meselesiniň* çözülmegi boldy. Bu sorag bilen Arhimed (onuň «*Tereziler barada*» kitaby bize gelip ýetmedi), Ýewklid we beýleki alymlar gyzyklandylar.



2-nji surat. Arhimed



3-nji surat. Arhimediň hyry

**Arhimed (b.e.ö. 286–212 ý.)** – grek alymy, antik döwrüniň iň görnükli tebigaty öwrenijisidir (2-nji surat). Ol Sisiliýa adasynyň Sirakuzi şäherinde doguldy we şol ýerde hem Rim söweşijisi tarapyndan öldürildi.

Arhimed mehanik, optik, gidrawlık, harby inžener. Köpsanly açyşlaryň we oýlap tapyşlaryň awtory. Arhimed mehanikanyň kanunlaryny (ryçaгыň kanunyny, agyrlyk merkezi, jisimleriň ýüzmeği we beýlekiler baradaky bilimleri) maşynlaryň gurluşlaryna ornaşdyrmaklyga ymtylan, matematiki fizikanyň ilkinji wekilidir. Şol sebäpli Arhimed diňe bir matematik we mehanik bolman, ol öz döwrüniň belli inženeri hem konstruktorydyr. Ol meýdanlary suwarmak üçin maşynlaryň (3-nji surat), agyr ýükleri ýokary göterýän bloklaryň, naýzalary we daşlary zyňýan dürli görnüşli harby maşynlary, gämileri ýokary galdyryýan we gark edýän gurluşlaryň awtorydyr.

Antik alymlary tarapyndan *gidrostatikanyň* meseleleri az ähmiýetli bolmady. Arhimediň arap diline terjime edilip, bize gelip ýeten «*Ýüzýän jisimler barada*» işinde gidrostatikanyň esaslary we häzirki döwürde hemmämize belli bolan «*Arhimediň kanuny*» diýip atlandyrylýan kanuny beýan edilýär. Ol bu işinde ilki bilen suwuklygyň tebigatyny düşündirýär, soňra şeýle garaýşy öňe sürýär: «*Islendik suwuklygyň hereketsiz duran üsti, merkezi Ýeriň merkezi bilen gabat gelýän şar görnüşe eýedir*».

Şeýlelikde, Arhimed Ýeri şar görnüşli we Ýeriň agyrlyk meýdanynda deňagramlylykda bolýan agyr suwuklygyň üsti sferik görnüşde bolýar diýip hasaplaýar. Logiki pikirlenmäniň üsti bilen Arhimed aşadaky kanuny hödürledi («*Arhimediň kanuny*»): «*Suwuklyga çümdürilen jisime, jisim tarapdan gysylyp çykarylýan suwuklygyň agramyna deň bolan itekleýji güýç täsir edýär*». Soňra Arhimed formalary sferik we parabolik segment bolan ýüzýän jisimleriň deňagramlylyk şertini derňeýär.

Arhimed bu kitabynda *jisimleriň ýüzme kanunyny* beýan etdi. Bu kanunda Arhimed şeýle diýýär: «*Suwuklykdan has agyr bolan jisimler suwa çümdürilende, olar suwuklyk guýlan gabyň düýbüne çenli çümyärler we suwuklyga çümdürilen jisimiň göwrümine deň bolan suwuklygyň agramynyň ululygyça, ýeňil bolýarlar*». Rim inženeri Witruwiý Polionyň bize gelip ýeten ýazgylaryna görä, Arhimediň özi bu kanuny barlady. Rowaýata görä, Arhimed bu kanunyň kömegi bilen Sirokuziniň



patyşasy Giýeronyň jygasyňy ýasanda berlen altyny has arzan metal bilen çalşan zergäriň aldawçylygyny äşgär etdi.

Arhimediň alan netijeleri XIX asyryň matematiklery we mehaniklery tarapyndan tassyklanyldy we ösdürildi. Ol *gidrostatikanyň* esasyňy goýdy. Onuň düýbünü tutan gidrostatikanyň esaslary XVI–XVII asyrlarda has-da ösdürildi.

Gadymy dünýä tehnikasynyň ösmegi bilen öňe sürülen ylmy meseleleriň biri hem *statikanyň* meseleleridir. Gurluşyk we harby tehnika deňagramlylyga degişli soraglar bilen içgin baglanyşyklydy. Arhimed statikanyň ylmy esaslaryny işläp düzdi, hususan-da, *agyrlyk merkezi* diýlen düşüňjani girizdi, köp jisimleriň we figuralaryň agyrlyk merkezlerini kesgitledi. Gurluşyk we harby tehnikanyň esasy bolup ryçag hyzmat edýär. Arhimed bize belli bolan ryçagyň deňagramlylyk düzgünini döretdi. Ryçag az güýç sarp edip agyr ýükleri galdyrmaga mümkinçilik berýär. Ryçag we şoňa esaslanan maşynlar adama tebigaty «*aldamaga*» mümkinçilik berdi. Bu ýerden hem «*mehanika*» (grek sözi «*mehane*» ýaragy, harby ýa-da sahna maşyny, şeýle hem aldamaklygy aňladýar) sözi döredi.

Arhimed «*Tekiz figuralaryň deňagramlylygy barada*» işinde ryçagyň matematiki kanunlaryny getirip çykardy, şeýle hem üçburçlugyň, parallelogramyň, trapesiýanyň we parabolik segmentiň agyrlyk merkezlerini kesgitlemegiň usullaryny beýan etdi. «*Maňa daýanç nokadyny beriň, men Ýeri düňdererin*» diýlen ganatly söz Arhimed barada aýdylan rowaýatlara degişlidir.

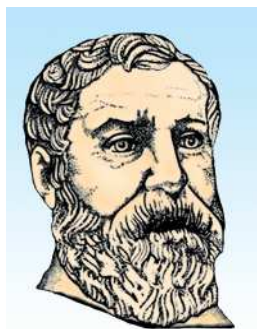
Arhimed mehanikada alan netijelerini matematiki netijeleri almak üçin hem ulandy. Meselem, ol ryçagyň kanunyny parabolik segmentiň meýdanyny we şaryň göwrümini hasaplamak üçin ulandy. Arhimediň bu hasaplamalaryny integral hasaplamalaryň başlangyjy diýmek bolar.

Antik alymlary statikanyň meselelerine seredenlerinde, ýönekeý görnüşde bolsa hem, soňra nusgawy mehanikanyň esasy bolup hyzmat eden pikirleriň başlangyçlaryny saklaýan usullary işläp düzdüler.

Arhimed *optika* we *astronomiýa* bilen hem köp gyzyklanypdyr. Arhimed Günün görünýän burçuny ölçemek üçin, Gün tegelegini ýapyp duran silindr ýasapdyr. Onuň ölçeglerine görä bu burç  $30^{\circ}$ -a deňdir. Onuň häzirki zaman orta bahasy  $32^{\circ}$ -a deňdir. Arhimediň bu hasaplamalarda görejiň ölçeglerini hasaba almaklygy örän möhümdir. Ol tekiz, oýuk we güberçek aýnalarda şekilleriň emele gelişlerini, güberçek aýnalaryň ýakyjylyk täsiriniň bardygyny bilipdir. Rowaýatlara görä Rim floty bilen söweşde ol güberçek aýnalary ulanyp gämileriň ýelkenlerini ýakypdyr. Ol güberçek aýnalaryň fokusirleýji täsirini, tekiz we güberçek aýnalarda şekilleriň emele gelişlerini bilipdir.

Arhimediň döredijiligi gadymy dünýä ylmy pikiriniň depesidir. Antik döwrüniň ondan soňky alymlary diňe onuň ýeten derejesini gaýtaladylar.

Geron Aleksandriýskiý geometriýa, mehanika, gidrostatika we optika bilen gyzyklanypdyr. Bize onuň ähli işleri diýen ýaly gelip ýetdi. Olaryň has esaslary,



4-nji surat. Geron  
Aleksandriyskiy

ondan öň ýaşap geçen antik alymlarynyň esasy üstünlikleri beýan edilen iki jiltli «*Pnewmatika*» eseri we «*Mehanika*» traktatasydyr.

**Geron Aleksandriyskiy (takmynan b.e. 150-250 ý.)** gadymy grek alymy we inženeri (4-nji surat), Aleksandriýada mugallymçylyk etdi.

Gadymy döwürde howanyň pnevmatik häsiýetlerini «howanyň agyrlýgy» diýip atlandyrypdyrlar. Bu soragy öwrenmekde Geron Aleksandriyskiniň hyzmaty örän uludyr. Onuň «*Pnewmatika*» eseri aleksandriýaly inženerler üçin okuw gollanmasy bolup hyzmat etdi. «*Pnewmatikada*» ol gysylan ýa-da gyzgyn howa we bug bilen işleýän gurluşlaryň ýazgysyny getirýär.

Geron suwuklygyň basyş edýändigini, howanyň maýyşgakdygyny we gyzdyrylanda giňelýändigini bilipdir. Ol gysylan howanyň gabyň diwarlaryna deňölçepli basýandygyny belleýär. Tejribeleriň kömegi bilen Geron: wakuумы (howasыз boşlygy) emeli usul bilen döredip bolýandygyny; gazyň bölekleriniň arasynda boşlugyň bardygyny («jisimleri gysyp bolýanlygy bu boşlugyň barlygyny düşündirýär») subut etdi. Şunlukda Geron özüniň döreden kanunlarynyň mukdar häsiýetlerini ulanmady.

Şeýle hem bu kitapda gidrawlika we pnevmatika esaslanan birnäçe mehanizmler: suw sagady – klepsidra, sifon, gapylary açýan we ýapýan suw mehanizmleri, suw organy (saz guraly) we ş.m. beýan edilýär. Geron üç tarapy boýunça üçburçlygyň meýdanyny (*Geronyň formulasy*) hasaplamagyň formulasyny hasaplap çykardy.



5-nji surat. Geronyň  
bug hereketlendirijisi  
(eolipili)

Ol birnäçe abzallary we awtomatlary, meselem, ýoluň uzynlygyny kesgitleýän abzaly (hazirki zaman taksometleriniň işleýiş prinsipi boýunça işleýän gurluş); «*keramatly suwy*» çäkli satmak ucin ulanylýan awtomaty; dürli suw sagatlary we başgalary oýlap tapdy. Geron ilkinji bug turbinasynyň nusgasyny (modelini), ýagny *ilkinji bug hereketlendirijini* (turbinany) – *eolipili* (buguň güýji bilen aýlanýan şar) (5-nji surat) we başga-da birnäçe awtomatlary hödürledi. Ol bu modelde häzirki wagtda Ýeriň orbitasyna emeli hemralary ibermäge mümkinçilik berýän reaktiw hereketiň prinsiplerini görkezdi. *Eolipil* (grek sözünden terjime edilende – *ýel hudaýy Eolanyň şary* diýmekligi aňladýar) – gapagynda iki sany turbasy bolan, ähli tarapy ýapyk gazan sekilli desgadyr. Turbalara aýlanýan içi boş şar berkidilen.

Bu şaryň üstünde Z harpyna meňzeş patrubka-sopla ýerleşdirilen. Gazana dyky bilen ýapylan deşikden suw guýulýar we gazan oduň üstüne goýulýar. Suw gaýnap bug emele getirýär. Bu bug turbalar boýunça şara geçýär. Ýeterlik basyşda buguň çuwdürimleri patrubka – soplodan çykyp şary çalt aýlaýar. Häzirki zaman alymlary tarapyndan Geronyň çyzgylary boýunça gurnalan eolipiliň aýlanma tizligi minutda 3500 aýlaw boldy. Hakykatda bu geljekki bug turbinalarynyň modelidi.

Ýylylyk hereketlendirijiniň taryhy diňe atmosfera basyşy açylandan soň XVII asyrdan başlandy. Howanyň basyşynyň barlygy barada Geronyň hiç hili düşüňjesiniň ýoklugyna garamazdan, onuň döreden awtomatlarynyň köpüsi atmosfera basyşynyň täsirine esaslanyp işleýärdi. Ol sifonyň işleýşini hem atmosfera basyşynyň täsiri bilen düşündirmän, suw çuwdüriminiň üznüksizligi bilen düşündirýär.

Geron Aleksandriýskiniň bize arap terjimesinde gelip ýeten «*Mehanika*» traktasynda ýönekeý mehanizmleriň: ryçagyň, derwezäniň, bloguň, kliniň, hyrly çüýüň, dişli geçirijiniň we beýleki mehanizmleriň häsiýetleri beýan edilýär. Bu eser antik tehnikasynyň ensiklopediýasydyr.

Geron Aleksandriýskiý *optikanyň* soraglary bilen hem gyzyklanypdyr. Geron Ýewklide meňzeşlikde gözden çykýan şöhleleri ýagtylyk şöhlelerinden tapawutlandyрмаýar, emma bu tapawudyň ýoklugy ony eýýäm oňasysz ýagdaýa salýardy. Muňa mysal hökmünde onuň: «*Näme üçin biziň gözlerimizden çykýan şöhleler aýnalardan serpigýärler we näme üçin olar şol burç boýunça serpigýärler?*» diýen soraglaryny getirmek bolar. Täsin ýeri, Geron ýagtylygyň serpikmesiniň hususy haly üçin *Ferma prinsipini* açanlygydyr (bu principiň takyk kesgitlemesi Gerondan bir ýarym müň ýyl soň, ýagny 1679-njy ýylda Ferma tarapyndan hödürlendi: *ýagtylyk çeşmesini, aýnany we ýagtylyk şöhlesini kabul edýän nokady birleşdirýän aralyklary geçmek üçin iň gysga wagt sarp etmek bilen, ýagtylyk şöhlesi serpigýär*).

Geron bu mehanizmleri beýan edip, bu gurluşlaryň haýsy bolsa-da biriniň hem amaly ulanylyşy barada agzap geçmeýär. Onuň sebäbini tehnikaýnyň şol döwürdäki ösüşinde bu oýlap tapyşlary durmuşa ornaşdyryp bolmaýanlygyna onuň düşünenligi bilen esaslandyryp bolar.

Klawdiý Ptolemeý «*XIII kitapda astronomiýanyň beýik matematiki gurluşy*» atly traktatyň awtorydyr. Arap dünýäsinde bu kitaby «*Almagest*» diýip atlandyryýarlar. Bu kitapda dünýäniň *geosentrik*, ýagny *dünýäniň Ptolemeý ulgamy* beýan edilýär.

K. Ptolemeýe görä Ýeriň daşynda: Aý, Merkuriý, Wenera, Gün, Mars, Ýupiter, Saturn töwerek boýunça aýlanýarlar. Aýratyn hem Aýyň hereketi çylşyrymly düşündirilýär. Bu mesele doly çözülmän galdy.

Ptolemeýiň «*Optika*» kitaby hem bellidir. Onuň bu kitabynda şöhläniň suwdan howa, howadan aýna, suwdan aýna geçişlerinde döwürleme burçlary öwrenilýär. Bu ölçegler Snelliusyň (XVII asyr) işlerinden has öň edilen hem bolsa, örän uly

takyklygy bilen tapawutlanýarlar. Ptolemeý döwürde we serpike burçlarynyň tapawudyny özboşlyk «*saklanma kanuny*» esasynda düşündirmäge synanyşdy. Dogry, bu ýerde, nämäniň saklanýandygy düşnüksizdi. «*Optika*» kitabyňyň saklanyp galan bölekleri muny düşündirmeyär.



6-njy surat. Klawdiý Ptolemeý

**Klawdiý Ptolemeý (b.e. II asyry)** – Gün ulgamynyň geosentrik nusgasyny esaslandyryjy, giçki ellinist astronomy, astrolog, matematik, mehanik, optik, geografiýaçy, sazyň nazaryýetçisi (6-njy surat). Aleksandriýada ýaşady, astronomik gözegçilikleri geçirdi.

Atom garaýyşlar, Aristoteliň ylmy üstünlikleri, Arhimediň kanuny we onuň statika degişli işleri, köp oýlap tapyşlar – gadymy grek ylmyň bize galdyran baý mirasydyr. Grek alymlarynyň ideýalary köp asyrlaryň dowamynda ylmy barlaglaryň ugurlaryny kesgitlediler we olar häzirki wagtda hem ýatdan çykarylmaýdy. Arhimediň, Geronyň we Ptolemeýiň tejribeleri, ýaýran pikire seretmezden, tehnikaň şol döwürdäki derejesi bilen çäklenip, antik döwürde tejribäniň ýokary ösüşlere ýetendigine şaýatlyk edýär.

Emma, antik tejribe ylmyň köp maglumatlary antik döwletleriniň ýok bolmagy bilen ýitirildi, nazary bilimler bolsa doly görnüşde biziň günlerimize gelip ýetmedi.

Iki müň ýyl mundan öň gadymy grekler köp zatlary başaryp bilipdirler. Goý, olar üýtgedilen, kämmilleşmedik görnüşde bolsalar hem – häzirki döwürde hem bize hyzmat edýär. Sol döwrün käbir garaýyşlary örän ýönekeý bolupdyr. Rim filosofy Lusiý Anneý Seneka şeýle ýazýar: «*Wagt geler, şonda biziň nesillerimiz, biziň ýönekeý zatlary bilmändigimize geň galarlar*». Bu ýönekeý garaýyşlaryň XVI asyra cenli dowam edendigini bellemek gerek.

### 3.4. Gadymy Gündogarda ylmyň ösüşi

Gündogar halklarynyň medenýeti örän gadymy. Ol döwürde bu ýerlerde daýhançylyk, hünärmenlik, gurluşyk tehnika we ş.m. ösdi. Ýazuw, edebiyat döredi, filosofiýa we ylym ösüp başlady.

Hytaýda we Hindistanda astronomiýa örän gadymy döwürlerde döredi. Yzygiderli astronomik gözegçilikleriň netijesinde hytaý astronomy Şi Şen (b.e.ö. IV asyryda) 800 sany ýyldyzyň ýyldyz katalogyny düzdi. V–VI asyrlarda Hindistanda oňat enjamlaşdyrylan astronomik obserwatoriýalar bardy. Belli hindi astronomy Ariabhata Ýeriň öz okunyň daşynda aýlanýandygy baradaky pikiri aýtdy.

Gadymy döwürde we orta asyrlarda Hindistanda we Hytaýda matematika uly üstünlikleri gazandy. Biziň eýýamymyzyň birinji ýüzýyllygynda Hindistanda

döredilen hasaplamagyň onluk ulgamy matematikanyň ösmekligine möhüm goşant boldy. Şeýle hem bu ýerde *otrisatel san* diýlen düşünje döredi. Hindi alymy Brahmaguptanyň (598–660-njy ýyllaryň töweregi) eserlerinde *otrisatel san* düşünjesi ulanylýar, *otrisatel sanlar* bilen işlemekligiň düzgünleri getirilýär. Şeýle hem, hindi alymlarynyň differensial hasaplamalar usulyny ulanyp başlandyklary barada subutnamalar bar. Ýagny, öňki sowet gündogary öwrenijisi F.I.Şerbatskiý: «*Hindistanda astronomiýa differensial hasaplamalar prinsipleri bilen tanyşdy. Bu habar häzirki zaman iňlis astronomlarynyň arasynda geň galmaklygy döretdi*» diýip ýazýar.

Tebigy bilimleriň çäginde Hytaýyň we Hindistanyň alymlary köp maglumatlary topladylar we olary amaly maksatlar üçin ulandylar. Meselem, hytaýlylara magnit demir böleginiň dünýäniň böleklerine görä kesgitli ugurlar boýunça ugrukmagy bellidi. Bu esasyda hytaýlylar *kompasy* dörettiler. Ilkinji kompas, kesimleri bolan tekiz ýylmanan mis plastinkadan ybaratdy. Onuň üstünde çemçä meňzeş formasy bolan, magnit bölegi ýerleşdirildi. Soňra (III asyryda) kompas kämilleşdirildi we ýolda ugry kesgitlemek üçin ulanyldy.

Gadymy Hindistanda we Hytaýda hem maddanyň gyrluşy barada *atomistik* garaýyşlar bolupdyr. Gadymy döwürde, edil Gresiyada bolşy ýaly, Hytaýda we Hindistanda daşky dünýä baradaky ylmy garaýyşlary hyýaly (mifologik) we dini garaýyşlardan aýyrmak barada ilkinji synanyşyklar edildi. Materialistik naturfilosofik taglymatlary, Älem baradaky taglymaty, materiýanyň gurluşy baradaky garaýyşlary we ş.m öz içine alýan filosofiýa döredi. Örän ir ähli bar zatlar kesgitli material başlangyçlardan döräpdirler diýlen materialistik garaýyşlar tebigy ýagdaýda ösdi. Şeýle görnüşli garaýyşlar gadymy hindi edebiýaty bolan «*Upanişadah*» (b.e.ö. VIII asyr) eserinde beýan edilýär. Bir garaýyşlara görä dünýäniň başlangyç esasy howa, başga garaýyşlara görä – suw we ş.m. Başga «*Mahabharate*» atly gadymy eserinde dünýä birnäçe material elementlerden: otdan, howadan, suwdan we şuna meňzeşlerden döräpdirler diýlen taglymat beýan edilýär. Ýene-de başga bir garaýşa görä bolsa dünýä – bir sany başlangyç materiýadan döräpdir diýlen taglymat hem bar.

Hindistanda b.e.ö. VI – II asyrlara çenli dowam eden filosofik pikirler, soňra hem dowam eden kesgitli filosofik ulgamlara öwürüldi. «*Nýaýa*» we «*Wayşeşik*» ulgamlarynda atomlar baradaky garaýyşlar ösüşe eýe boldy. Bu ulgama eýerijiler tebigatdaky ähli zatlar ownuk bölejiklerden: suwdan, topraktan, howadan we otdan düzülendirler, meselem, «*Wayşeşik*» taglymatyna görä tebigatda ähli zatlar baky bölünmeýän bölejiklerden ýa-da olaryň utgaşmasyndan ybaratdyr; dürli maddalaryň bölejikleri hil taýdan tapawutlanýarlar; şeýle bölejikleriň barlygy duýuş organlary bilen kabul edilmeyär we olaryň barlygyny diňe logiki pikir ýöretmäniň kömegi bilen bilip bolar, diýlen ýaly garaýyşlar bolupdyr. Bu garaýyşlar grek atomistleriniň garaýyşlaryna örän ýakyn, emma olardan tapawutlylykda «*Wayşeşik*» taglymatyna görä bölejikleriň hereketi adatdan daşary güýjüň – *adriştanyň* täsiri bilen bolýar. Şeýlelikde, köp gündogar akyldarlary maddanyň bölejikleri «*söýgi*»



we «*duşmançylyk*» güýçleriniň (dartyşmak we itekleşmek) täsiri bilen birleşýärler we aýrylyşýarlar, diýip hasaplapdyrlar.

Ilkinji naturfilosofik ulgamlar hem Hytaýda örän ir döredi. Bu ýerde hem dünýädäki ähli zatlar material başlangyçlardan – baş elementden – suwdan, otdan, agaçdan, metaldan we topraktan düzülendir diýlen garaýyşlar döräp başlady. «*Üýtgemeler* kitaby» atly eserde (b.e.ö. IX–VII asyrlary), ähli zatlar hemişe üýtgeýän bolsalar hem, olar başky materiýanyň bölejiklerinden ybarat bolan bütewi başlangyja – «*Taý szy*» eýedirler, bularyň birleşmesi netijesinde ähli zatlar emele gelýärler – diýip belleýärler.

Hytaýda esasy filosofik mekdepler b.e.ö. V-II asyrlarda döredi. Gadymy filosofik *daosizmi* esaslandyryjy Lao-szy «*Dao de szin*» traktatynda ähli zatlar «*si*» diýip atlandyrylýan ownuk material bölejiklerden ybaratdyr, diýýär. Dünýä hemişelik hereketde we üýtgemede bolýar we *dao* – bütewi kanuna boýun egýär.

Beýik hytaý filosofy, gadymy Hytaý materialisti Wan Çuna (27–97 ý.) görä: «*Dünýä baky we materialdyr*». Ol hem dünýäniň material esasy, ähli giňişligi doldurýan käbir «*si*» material substansiýadyr, diýýär. «*Si*» esasy iki formada – hallarda: goýy (jisimler görnüşinde) we seýreklenen (asman efiri görnüşinde) bolýar. Dünýäde janly, şeýle hem jansyz tebigatyň ähli prosesleri tabyn bolýan, tebigy zerurlyk agalyk edýär. Wan Çuna görä, biziň görýän dünýämiz hem zerurlyk sebäpli *haosdan (tertipsizlikden)* döredi. Ilkibaşda «*si*» heniz bölünmedik kaos bolupdyr. Wan Çuna görä: «*Haçan-da, «si» bölünende, arassa bölejikler asmany emele getirdiler, dury däller - Ýeri*». Wan Çun akyl ýetirmeklik tejribä daýanmalydyr, alnan netijeler bolsa aňnyň kömegi bilen derňelmelidir diýip hasaplaýardy.

Şeýlelikde, Hytaýda we Hindistanda ylmyň we filosofiýanyň ösüşi, esasan, Günbatardaky ýaly ösüş ýoly bilen gitdi. Gadymy Gresiýada bolşy ýaly bu ýerde hem matematika we astronomiýa ösdi, tebigat bilimleri çäklerinde bilimler toplanlydy, çäklerinde tebigat baradaky materialistik naturfilosofik garaýyşlar ösen, filosofiýa döredi.

Görşümüz ýaly, täze eýýamdan ýüzlerçe ýyl oň dürli ýurtlarda – Gresiýada, Rimde, Hindistanda, Hytaýda maddanyň gurluşy baradaky atomistik garaýyşlar döräpdi we ösüpdi. Dogry, şol döwürlerde akyldarlaryň garaýyşlary, hiç hili tejribe maglumatlary bilen tassyklanmadyk, diňe ajaýyp çaklamalarydy.

Gadymy akyldarlaryň, başlangyç elementlerden ybarat bolan ähli dünýäniň käbir umumy başlangyjyny tapmak baradaky ymtlyşlaryny bellemek örän möhümdir. Olaryň käbirlerinde bu bütewi substansiýadan (Falese görä suw ýa-da Anaksimandra görä apeýron) ybaratdy, beýlekileri (meselem, Aristotel) birnäçe başlangyç elementlerden ybaratdyr diýip belleýär. Atomistler bu başlangyjy dürli zatlary we dünýäleriň köp görnüşlerini emele getirýän atomlarda gözlediler.

Bizi gurşap alýan dünýäniň ýönekeý düşündirilişini tapmaklyga bolan ymtylş atomistik garaýyşyň ösüşiniň бүтін taryhynda esasy mesele boldy we bu sorag üýtgedilen görnüşde häzirki zaman ylmynda hem bardyr.

## **4-nji bab. ORTA ASYR FIZIKA YLMY**

### **4.1. Taryhy bellikler**

Biziň eýýamymyzyň 573-nji ýylynda grekleriň çözüşlary netijesinde antik döwrüniň in soňky döwleti – Rim imperiýasy ýykyldy. Bu bolsa taryhyň sahnasyndan jemgyýetçilik gurluşyň antik görnüşiniň aýrylmagyna getirdi. Antik ylmyňyň ösmegine getiren sebäpler ýok boldy.

Antik dünýäsiniň harabaçylyklarynda täze döwletler, täze milletler, önümçiligiň täze usullary döredi. Ylma bolan garaýyşlara antik döwrüniň erkin pikir ýöretmesinden düýpli tapawutlanýan hristian dininiň täsiri artdy we täze din – yslam dini döredi. Şeýlelikde, orta asyr diýip atlandyrmak kabul edilen bu taryhy döwürde ykdysady, syýasy we ideologik şertler üýtgedi. Bu bolsa ylmyň ösmekliginiň depgininiň haýallamagyna getirdi.

Käwagt orta asyra, bu döwür «*tümlük*» döwür boldy diýip hem aýdýarlar. Käbir derejede bu kesgitleme Ýewropa üçin dogry hem boldy. Feodal dagynyklylyk, gowşak ykdysady esas, jemgyýetçilik durmuşynyň ähli ugurlarynda buthananyň höküm sürmegi, bu döwürde medeniýetiň we ylmyň haýal ösmekligine getirdi. Bu bolsa orta asyr döwrüniň «*tümlük*» döwür bolandygyna şaýatlyk edýär. Emma, köplenç bolşy ýaly, beýle häsiýetnama absolýut häsiýetde däl. VII – XII asyrlarda ýuwaş-ýuwaşdan, kynçylyklar bolsa hem, täze ylym döräp başlady.

Orta asyr ylmyňyň gurulmagynda esasy «*kerpiçler*» bolup, antik alymlarynyň üstünlikleri hyzmat etdi. Tebigy-ylmy barlaglarynyň döremek prosesi ilkinji nobatda monastýrlarda bolup geçdi. Olarda köpsanly antik döwrüniň ýazgylary bolan baý kitaphanalaryň bolmagy, monahlaryň köp böleginiň sowatly bolmagy, monastýrlarda ýaşaýanlaryň köp boş wagtlarynyň bolmagy – bularyň hemmesi täze ylmyň döremekligine oňyn şert döretdi. XII asyrdan başlap bu meýilliligi şol döwürde dörän, meselem, Fransiýada Monpelýe (1180 ý.) uniwersiteti, Italiýada Winçense (1205 ý.), Aresso (1215 ý.) we Paduýe (1222 ý.) uniwersitetleri we beýleki (Tuluz (1229 ý.), Grenobl (1339 ý.), Praga (1348 ý.), Florensiýa (1349 ý.), Krakow (1368 ý.)) uniwersitetler dowam etdirdiler. Dogry, uniwersitetlerde öwrenilýän esasy dersler din bilen baglanyşykly bolan ylymlardy, emma, abraýy ýuwaş-ýuwaşdan artýan tebigy-ylmy derňewler hem geçirilýärdi.

Orta asyr Gündogarynda düýbünden başga ýagdaý döredi. Gündogarda, Hytaýda, Hindistanda feodalizme Günbatar Ýewropadan ön geçildi. Şoňa görä-de, bu döwletler ykdysady we medeniýet taýdan olardan öňe geçdiler. Munuň özi bu ýurtlarda ylmyň ösmekligine getirdi.

Dünýä dinleriniň içinde iň uly din bolan yslam dini VII asyrdan Arap ýarym adasynda Muhammet Pygamber tarapyndan döredildi. Gysga wagtyň içinde yslam Eýrana, Orta Gündogara, Müsüre ýaýrady. Ylmyň we medeniýetiň taryhynda araplar örän möhüm rol oýnadylar. Yslam döwletleri halklaryň medeni mirasyny gorap sakladylar. VIII–IX asyrlarda Gündogarda medeniýetiň we ylmyň dili bolan arap diline antik alymlarynyň esasy ylmy eserleri terjime edildi. Grek alymlarynyň işleriniň köpüsiniň asyl nusgasy saklanyp galmady. Ol işleri biz diňe arap dilinde bilýäris. Şol döwrüň millionlarça adamlary, latyn dili bilen deňeşdirilende, köplenç arap dilinde gürleýärdiler.

Araplar gündogar bilen günbatar medeniýetiniň arasynda, antik bilen orta asyr ylmynyň arasynda birleşdiriji zynjyr bolup hyzmat etdiler. Netijede, irki orta asyr döwründe (VII–XI asyrlar) ylmyň ösmeginde Gündogar uly orun eýeläpdir.

Arap Halifatynyň ýurtlarynda medreseler bilen bir hatarda, Ýewropadan hem has ön uniwersitetler döredi. 735-nji ýylda Arap Halifatynyň paýtagty Bagdatda, 755-nji ýylda Kordowada (İspaniýa), 972-nji ýylda Kairde uniwersitetler esaslandyryldy. Däp bolşy ýaly bu döwürde yslam uniwersitetlerinde diniň täsiri Ýewropanyň deňişli okuw mekdepleri bilen deňeşdirilende gowşakdy.

Öz pikirini açyk beýan etmeklik, XI asyrdan başlap musulman dünýäsinde *sufizmiň* döremekligine getirdi (*sufizm* – yslamyň «kökleri» baradaky dini taglymat). Sufizmi ýöredijiler bu «kökler» hökmünde Alla ynanmaklyga, Muhammet Pygamberi hormatlamaklyga we ol dünýä ynanmaklyga düşüňärler. Diňe «köklerle» ynanmaýan adamy dinsizlikde aýyplap bolýardy. Yslam ylmynyň dinsizlik hasaplaýan dini dogmalarynyň beýleki bozulmalaryny sufizm ähmiýeti ýok hasaplaýardy. Olaryň hataryna – tebigaty we adam bedenini öwrenmek, astronomiýa we ş.m. degişlidi. Yslam dünýäsinde sufizmiň ýaýramaklygy tebigy ylmylarynyň örän güýçli ösmegine getirdi. Ylmy derňewler üçin amatly şertler diňe bir sufizm bilen gutarmady. Ylmy beýleki amatly şertler döran ýerlerde hem, ýagny parahatçylyk, hökümdarlaryň ylma we sungata uly hormaty bolan we diniň ylmyň ösmekligine päsgel bermeýän ýerlerinde has gowy ösýär. XI asyrdan başlap arap Gündogarynda ýokarky görkezilen şertleriň hemmesi bardy. Şoňa görä-de, arap ylmy güýçli ösdi, esasan hem, astronomiýa, mehanika, optika ugurlary boýunça uly ösüşler gazanyldy.

## 4.2. Orta asyr Gündogarynda astronomiýa we optika ylmynyň ösüşi

Yslamda namazy ähli musulmanlaryň keramatly şäheri bolan Mekke şäherine seredip okamaklyk kabul edilendir. Ähli metjitler hem Mekke şäherine bakdyrylyp gurulýar. Mekke şäherinden uzakda ýerleşen ýutrlarda Mekke şäheriniň ýerleşýän



ugruny kesgitlemeklik, ýyldyzlara seredilip amala aşyrylypdyr. Bu şertleri diňe astronomiýa ylmyna daýanyp ýerine ýetirip bolar.

Gündogaryň köp alymlary astronomiýa ylmyna uly goşant goşdular.

---

**Abu Abdullah Muhammet Ibn Jabir Ibn Sinan Al-Rakki Al-Har-rani Al-Sabi Al-Battani (858–929 ý.)** – görnükli orta asyr arap astro-nomy we matematigi (7-nji surat). Otra asyr Ýewropada ony latynça Albategnius diýip atlandyrypdylar.

---



7-nji surat. Al-Battani

Al-Battani 877–919-njy ýyllar aralygynda Rakke we Damask şäherleriniň arasynda köpsanly asrtonomik gözeg-çilikleri geçiripdir we olaryň netijeleri boýunça «*Sabey zij*» («*Sabey ýyldyzlar katalogy*») düzüpdir (Gündogarda ýyl-dyzlaryň katalogyny *zijler* diýip atlandyrypdylar). Onuň ölçeglerine görä ekliptikanyň ekwatora bolan ýapgytlygy  $23^{\circ}35'41''$ -a deň, ýagny ony Ptolemeýden hem takyk kesgitläpdir. Zijiň matematiki bölüminde, geljekde yslam ýurtlarynyň matematikleri tarapyndan ösdürilen, sferiki üçburçluklary hasaplamagyň usullaryny beýan edipdir.

Şeýle hem, Al-Battani «*Kyblanyň azimuty*», «*Asman ýagtyllygylaryna çenli aralyklar barada traktat*» we başga-da birnäçe astrologik eserler ýazdy. Al-Battani hat-da *güneşli ýyly* hem hasaplapdyr, şunlukda onuň hasaplamalary häzirki zaman bahalar bilen doly gabat gelýär (24 sekunt ýalňyşlyk bilen).

Al-Battaniniň *Ziji* 1116-njy ýylda, italýan matematigi, astronomy we terjime-çisi, Triwolda doglan Platon tarapyndan arap dilinden latyn diline terjime edilýär. Bu iş Georg Purbaha, Regimontona we Nikolaý Kopernige çenli, ýewropa astrono-miýasyna uly täsir etdi.

Al-Battaniniň hormatyna Aýdaky kraterleriň biri Al-Battani diýip atlan-dyrylýar.

Orta asyr Gündogar alymlarynyň ylmy işleri barada aýdanymyzda türkmen topragynda önüp-ösen, köptaraplaýyn alym, dünýä belli Al-Biruniniň ylymda bitiren uly hyzmatyny aýratyn bellemek gerek. Hakykatdan hem, Al-Biruni astronomiýa, matematika, geodeziýa, geografiýa, geologiýa, kartografiýa, himiýa, lukmançylyk, psihologiýa, teologiýa, taryh, mineralogiýa, filosofiýa, filologiýa, mehanika, antro-pologiýa, astrologiýa, farmakologiýa ýaly dürli ylymlarda öz döwrüniň görnükli alymy bolupdyr. Al-Biruni öz döwrüniň ähli ylymlaryndan baş çykarypdyr.

---

**Abu Reýhan Muhammet Ibn Ahmet Al-Biruni (973–1048 ý.)** – gündogaryň beýik akyl-dary, ma-tematigi we astronomy (8-nji surat), Daşoguz welaýatynyň Köneürgenç etrabynyň günorta-günbatar tarapynda, Garagum çölüniň eteginde Kyýat şäheriniň golaýyndaky obada milady hasabynda 973-nji



8-nji surat. Abu Reýhan  
Muhammet Ibn Ahmet  
Al-Biruni

ýylyň 4-nji sentýabrynda, hünärmenler maşgalasynda eneden bolýar. Ol ýaşlykdan ylmy bilen meşgul bolup başlaýar. Biruniniň ömri Horezm şalygynda, soňra Gaznalylar imperiýasynda soltan Mahmyt Gaznalyň we onuň ogly Masut Gaznalyň şalyk süren döwrüne gabat gelýär. Al Biruni 1048-nji ýylyň 9-njy dekabrynda aradan çykýar

Şol döwürde Horezm şasy Abu Abdallahyň dolandyrýan Kýat şäheri uly medeni we söwda merkezidi. Ykbal Al-Biruni Horezm şasynyň doganoglany, astronomiýa we matematika boýunça düýpli işleriň awtory Abu Nasr Mansur Ibn Yrak bilen duşurdy. Al-Biruni oňa ýyldyzlara gözegçilik etmäge kömek edipdir, hasaplama işlerini geçiripdir. Al-Biruni ýetginjeklik döwründen başlap astronomlaryň, matematikleriniň, ýazyjylaryň, lukmanlaryň arasynda belli bolup başlaýar. Ol Aristoteliň we Ptolemeýiň astronomiýa baradaky işlerini öwrenipdir, astronomiki we geografiki ölçegleri geçiripdir. Al-Biruni 21–22 ýaşlarynda ugry kesgitlemek üçin diametri 15 tirsek (takmynan 7,5 m) bolan *astrolýabiý* guralyny döretdi we onuň kömegi bilen Gün tutulmalaryna gözegçilik edipdir, takyk astronomik ölçegleri geçiripdir. Bu astrolýabiý bilen 2' takyklyk bilen ýyldyzlaryň beýikligini ölçemekligi başarypdyr.

Şol döwürlerde ol metallaryň we gymmat daşlaryň udel agramyny kesgitleýär. Ol Gadymy Horezmiň belli alymy, günbatarda Awisenna diýip atlandyrylýan, tebigaty öwreniji, lukman hem-de akyldar Abu Ali Ibn Sina (980–1037 ý.) bilen ylmy hat alyşýar, Biruni Aristoteliň köp pikirlerini tankyt edýär we Aristoteliň fizikasy boýunça soraglary ara alyp maslahatlaşýar. Emma Ibn Sina Aristoteliň tarapdary bolýar.

Ýeriň şar şekildedigi baradaky çaklamany ilkinji gezek grek alymy b.e.ö. VI asyryda Pifagor aýdypdy. Bizniň eýýamymyzdan öň IV asyryda, aleksandriýaly astronom Eratosfeniň Ýeriň radiusyny kesgitlemek boýunça geçiren ölçegleri bu çaklamany tassyklady. Al-Biruni matematiki hasaplamalar bilen Ýeriň şar görnüşdedigini subut etdi we Ýeriň radiusyny kesgitlemegiň usulyňy işläp düzdi. Şeýlelikde, ol Ýeriň radiusy 6490 km-e deň hasap etdi. Biruni *ilkinji gezek Ýer Günüň daşynda aýlanýar diýdi we geosentriki taglymaty tankyt etdi*. Al-Biruni «Eger Ýer Günüň daşynda aýlanýan bolsa, onda agaçlar we daşlar ýerden gaçardylar» diýlen soraga, «Ýer jisimleri merkezine ugrukdyrylan güýç bilen özüne çekýär» diýip jogap berýär. Al-Biruni *Ýeriň ilkinji modelini (globusy)* döretti.

Al-Biruni Ýeriň guşagynyň bir gradusynyň uzynlygyny kesgitledi we ol ululyk 110,275 km-e deň diýdi (32°-lyk giňişlikde häzirki zaman ölçegleri bu ululygyň 110,895 km-e deňdigini tassyklaýar). Şol wagtyň sada gurallary bilen, şeýle netijäniň alynmagy haýran galdyryjy hadysadyr.

Al-Biruni Ýeriň üstüniň giňligini kesgitlemek üçin formulany hem döretdi. Bu formulany Tiho Brage döretdi diýip aýdýardylar, emma soň Tiho Brageniň işleri öwrenilenden soň, bu formulany hakykatdan hem Al-Biruniniň döredendigi belli boldy. Şeýle hem, ol Ýerüstüniň uzaklygyny kesgitlemekligiň has takyk usulyny hem aýtdy.

Al-Biruni şol döwre degişli bolan ilatly ýerleriň 600-den gowragynyň geografiki koordinatlaryny kesgitledi. Meselem, Biruniniň Gürgeň (häzirki Köneürgenç) –  $42^{\circ}17'$ , Gazni –  $33^{\circ}35'$ , Amul (häzirki Türkmenabat) –  $39^{\circ}12'$  we Buhara şäherleriň –  $39^{\circ}20'$  geografiki giňişliklerini kesgitlemekdäki ýalňyşlygy Gürgeň we Gazni şäherlerinde  $0^{\circ}05'$ , Amulda  $0^{\circ}04'$ , Buharada bolsa  $0^{\circ}28'$ -e deňdir. Ol şeýle hem Merw, Sarahs, Nusaý, Daňdanakan, Kuşmeýhan (Mary şäherine ýakyn ýerleşen gadymy şäher), Zamm (häzirki Kerki sähari), Balkan (häzirki Balkanabat şäheri), Kät, Farap we beýleki köp ilatly ýerleriň geografiki giňişliklerini kesgitledi.

Al-Biruni Ýeriň ekliptikasynyň ekwatora ýapgytlyk burçuny we onuň bir asyryň dowamynda üýtgemesini kesgitledi. 1020-nji ýyl üçin ol burç  $23^{\circ}34'00''$  boldy. Häzirki zaman hasaplamalaryna görä 1020-nji ýyl üçin ol burç  $23^{\circ}34'45''$ -a deňdir. Al-Birunä görä ekliptika bir asyryda  $52'',6$  kemelýär. Ekliptikanyň ýapgytlyk burçuny kesgitlemek üçin alym sferiki trigonometriýa degişli bolan gözegçilikleri we derňewleri hem geçiripdir.

Al-Biruni «*Geodeziýa*» kitabynda «*Gury Ýeriň böleginiň gorizont al ugurda süýşýändigini*» baradaky dünýäde ilkinji çaklamany aýdýar. Häzirki zaman geotektonikasynda bu çaklama *materikleriň dreýflenmegi* diýilýär. Dünýä ylmynda bolsa materikleriň süýşýändigini baradaky ikinji çaklama, 1877-nji ýylda rus alymy Ýewgraf Byhanow tarapyndan aýdyldy diýilýär. Bu taglymat 1970-1980-nji ýyllarda ylmy taýdan subut edildi. Häzirki wagtda takyk GPS (*duran ýeriňi kesgitlemegiň sebitara ulgamynyň*) gurallarynyň kömegi bilen geçirilen geodeziki gözegçilikleriň netijesinde materikleriň süýşmegi ýylyň dowamynda 2 santimetre çenli aralykda bolýandygy anyklanyldy.

Şeýle hem ol gatnaşykly gaplaryň prinsipinde *artezian guýularynyň* işleýşini düşündirdi. Şol döwürde Ýewropada artezian guýularynyň işleýşi belli däldi. Olar barada maglumatlaryň Ýewropada diňe 1126-njy ýylda dörandigini bellemek gerek. Biruni Gazanjyk – Kaka aralygynda (takmynan 450 km) kärezi gurmaýy ilkinji bolup maslahat berdi we birnäçesine özi gözegçilik etdi.

Al-Biruni Gün tutulmalarynda Günüň daşynda döreýän Gün täjini, Aý tutulmalarynda Aýyň reňkiniň üýtgemesine gözegçilik etdi we ony düşündirdi.

Ol arap, pars, siriýa, grek, ewreý, hindi dillerini bilipdir we Ýewklidiň «*Başlangyçlaryny*» we Ptolemeyiň «*Almagest*» kitaplaryny sanskrit diline terjime edipdir.

Umuman, Al-Biruni 143 sany ylmy işi we 27 sany ylmy işi beýleki awtorlar bilen bilelikde ýazdy. Al-Biruniniň «*Masudyň Kanony*» (11 kitap) atly eseri astronomiýa we sferiki trigonometriýa bagyşlanan. Onuň «*Hindistan*» eseri 80 bapdan

ybarat, şonuň 40 baby astronomiýa bagyşlanan, «*Mineralogiýa*» we «*Geodeziýa*» kitaplary 1000 ýyldan bäri dünýä möçberinde, ýokary bilim berýän mekdeplerde esasy okuw dersleri hökmünde öwrenilýär ýa-da oňa esaslanýlar. Bularan başga-da ol «*Ýyldyzlar hakynda ylym*», «*Astronomiýanyň açary*», «*Horezmiň tanyml alymlary*», «*Hronologiýa*», «*Aýyň, Günüň tutulmagy*» «*Lukmançylykda ulanylýan derman ösümlükler barada*» eserlerini hem ýazýar. Soňky kitabyň 1116 paragrafynda derman ösümlükler beýan edilýär we alymyň bilýän ähli dillerinde olaryň atlary getirilýär.

Belli gündogary öwreniji I.Ý. Kraçowskiniň (1883–1951 ý.) bellemegine görä Al-Biruni şol döwürň matematika - fizika we tebigy - taryh ylymlarynyň ähli ugurlaryny öz içine alýan görnükli ensiklopedistdir. 1973-nji ýylda *ÝUNESKO-nyň we gündogar alymlarynyň Halkara kongresiniň* çözüdi bilen beýik alym Al-Biruniniň doglan gününüň 1000 ýyllygy bellenildi.

Al-Biruniniň ylmy döredijiliginiň ýene-de käbir pursatlary barada gysgaça gürrüň bereliň.

Al-Biruni feodal gurluşyň dikelyän, häkimiýeti basyp almaklygyň esasy serişdesi bolan aýylganç uruşlaryň döwründe, ýaşamaly we işlemeli boldy. Al-Biruniniň Kýat şäheriniň golaýyndaky obserwatoriýada gözegçiliklere başlan ýylynda, ýagny 992-nji ýylda, Mamun Ibn Muhhamet emiriň goşunlary Kýat şäherini eýeleýär. Al-Biruni Horezmi taşlap gidýär we birnäçe wagt Reý şäherinde (Tähranyň golaýynda) ýaşaýar. Soňra ýene-de Kýat şäherine gaýdyp gelýär. Tiz wagtdan Ürgenjiň emiri Mamun I Kýat şäherini eýeleýär. Al-Biruni Gürgen şäherine gitmäge mejbur bolýar. Bu şäheriň häkimi ylmy we alymlary goldaýandygy bilen şöhratlanýardy. Ol bu ýerde alty ýyl ýaşaýar we «*Hronologiýa*» kitabyňy ýazýar. Bu işinde ol Horezmde ýaşaýan halklaryň medeni taryhyny, döplerini we durmuş aýratynlyklaryny, şeýle hem dürli döwürlerde bu halklaryň ulanan ýyl hasaplaryny jikme-jik beýan edýär.

Gürgende Al-Biruni özüniň ikinji, ýagny «*Sferika*» ýa-da «*Astronomiýa ylmynyň açarlary sferanyň üstünde bolup geçýän zatlar barada*» atly işini ýazýar.

1004-nji ýylda täze Horezm şasy Ali Ibn Mamunyň haýyşy boýunça Al-Biruni watanyna dolanyp gelýär, görnükli döwlet işgäri bolýar we ýurduň täze merkezi Ürgençde ýaşaýar. Horezm şasy paýtagta dürli ýurtlardan köp alymlary çagyryar. Şeýlelikde, «*Mamunyň akademiýasy*» atly ylmy jemgyýet emele geldi. Al-Biruni bu akademiýanyň ylmy işlerini gurapdyr we özi hem olara işjeň gatnaşypdyr.

Ylmy işlerden başga-da, Al-Biruni köşkte möhüm diplomatik tabşyryklary hem ýerine ýetiripdir. Munuň özi alymyň umumy medeniýetiniň ýokarydygyna şaýatlyk edýär. Horezm şasynyň köşgünde Al-Biruni 1017-nji ýyla çenli ýaşapdyr.

1017-nji ýylyň ahýrynda Horezmi Gaznanylaryň soltany Mahmyt Gaznaly basyp alýar. Ol gaty rehimsiz adam bolupdyr. Ol diňe bir paýtagty weýran etmän, bütin ýurdy weýran edipdir. Al-Biruni Owganystanyň Gazni şäherinde ýesirlikde bolýar. Agyr şertlerde Al-Biruni täze eserleriň üstünde janaýamazakly işleýär we derňew işlerini geçirýär. Bu döwürde ol «*Horezmiň taryhy*» we geodeziýa boýunça «*Ilalý ýerleriň aralyklaryny takykklamak üçin şäherleriň araçäklerini kesgitlemek*» («*Ýyldyzlar hakynda ylym*») atly işlerini ýazýar. Bu

kitap sorag-jogap görnüşinde ýazylan we şol döwrüň däbine görä astrologik häsiýetdedi. Emma bu kitabyň diňe üçden bir bölegi astrologiýa, galan bölegi astronomiýanyň we matematikanyň soraglaryna bagyşlanandy.

Tiz wagtdan Mahmyt Gaznalynyň Hindistana bolan ýörişleri başlanýar we ol bu ýörişlere bilimli, köp dilleri bilýän Al-Birunini hem alyp gidýär. Al-Biruni Hindistanda köp şäherleriň geografiki koordinatalaryny kesgitledi. Hindi alymlarynyň ylmy gazananlaryny öwrenip, olaryň durmuşy we medeniýeti bilen tanşyp, Al-Biruni 1031-nji ýylda «*Hindistan*» eserini ýazdy. Bu eser 80 bapdan ybarat bolup özünde hindileriň durmuşy barada köp täsin maglumatlary saklaýar. Bu işde olaryň filosofiýasy, edebiýaty, astronomiýasy, hasaplama usullary, günleri, aýlary we ýyllary hasaplamagyň usullary beýan edilen.

Bu döwürde Al-Biruni hindileri grek alymlarynyň nusgawy eserleri bilen tanyşdyrmak maksady bilen Ýewklidiň «*Başlangyjyny*» we Ptolemeýiň «*Almagestini*», şeýle hem özüniň «*Astrolýabiý*» kitabyňy sanskrit diline terjime etdi. Olardan başga-da, bu döwürde Al-Biruni «*Tegelegiň içinde geçirilen döwür çyzyklaryň häsiýetlerini ulanyp, tegelekde hordany kesgitlemek barada traktat*» («*Horda*») atly kitabyňy hem ýazyp gutarýar.

Mahmyt Gaznaly aradan çykandan soň tagta onuň ogly Masut Gaznaly geçýär. Masut Al-Birunä gowy garaşyk edýär we onuň ylm bilen meşgullanmagyna ähli şertleri döredýär. Al-Biruni astronomiýa barada uly traktat ýazýar. Bu işde Al-Biruni *ilkinji gezek Ýeriň Günüň daşynda aýlanýandygy baradaky pikiri aýtdy*. Bu iş 11 sany kitapdan ybarat we Masut soltana bagyşlanan. Şol sebäpli bu kitap «*Masudyň Kanony*» diýip atlandyrylýar. Hut, bu kitapda umumy ölçegi bolmadyk kesimler bilen san irrosionallyklaryň arasyndaky baglanyşyk barada täze pikir aýdyldy.

Al-Biruniniň *arifmetikanyň, algebranyň, geometriýanyň we trigonometriýanyň ösmegine goşan goşandyny aýratyn bellemek gerek*. Arifmetikada Al-Biruniniň garaýyşlary grek matematikleriniň garaýyşlaryna örän ýakyn. Bitin sanlara seredip ol, olary jübüt we täk, ýönekeý we çylşyrymly diýip atlandyrýar. Şeýle hem ol bitin sanlar bilen edilýän amallara, derejä görtermek, kök almak we ş.m. düşündiriş berýär. Droblaryň nazaryýeti we olar bilen geçirilýän amallar hem Al-Biruniniň ünsünden düşmedi.

Al-Biruni *algebra* degişli bolan garaýyşlaryny «*Ýyldyzlar hakynda ylym*» kitabynda beýan etdi. Başda ol algebraik deňlemeleri has ýönekeý görnüşe getirip bolýan esasy amallara seredýär we alamatlar düzgünini getirýär. Al-Horezmä meňzeşlikde, Al-Biruni deňlemeleri görnüşlere bölýär we olary nähili çözmelidigini düşündirýär.

Bu kitabynda Al-Biruni *geometriýa* baradaky garaýyşlaryny hem getirýär. Başda ol geometrik düşüňjeleriň kesgitlemelerini Ýewklide golaý görnüşde getirýär. Şunlukda, Al-Biruni geometriýany öwrenmekligi jisimi kesgitlemekden başlamalydygyny, soňra üstleri, çyzyklary we nokatlary öwrenmelidigini maslahat berýär. Ol parallel çyzyklara, bir tekizlikde ýatýan we aralary üýtgemeyän, gönüler ýaly seredýär. Başga bir eserinde Al-Biruni dogry köpburçluklary gurmak we taraplaryny hasaplamak meselelerine seredýär. Ol olaryň gurluşyny we taraplaryny hasaplamak üçin formulalary jikme-jik düşündirýär. Şeýle hem bu ýerde «*burçuň triseksiýasy*» baradaky meselä hem seredýär.

Al-Biruni «*Masudyň Kanony*» kitabynda *trigonometriýa* boýunça garaýyşlaryny beýan edýär. Ilki bilen ol esasy alty trigonometrik funksiýalara kesgitleme berýär we ilkinji gezek olary tegelekde birmeňzeş düşündirýär. Al-Birunä çenli tegelekde diňe



sinusy, kosinusy, sekansy we kosekansy, tanges we kotangensi bolsa – gönüburçly üçburçlukda düşündiripdiler. Al-Biruni her funksiýanyň aýratynlygyna jikme-jik seredýär we olaryň arasyndaky algebraik baglanyşyklary aýratyn formulalar görnüşinde, häzirki zaman görnüşindäkä örän golaý görnüşde beýan edýär. Şeýle hem bu ýerde Al-Biruni geljekde matematik Nasreddin Tusi we Samarkant mekdebiniň alymlarynyň ulanan trigonometrik ululyklarynyň baglanyşyk tablisasyny getirýär. Soňra yslam döwletlerinde trigonometriýa ösüşe eýe bolmady. Ýewropada trigonometriýa şeýle ösüşe diňe XV asyryda ýetdi.

Ulugbeg döwründe Samarkant orta asyryň ylmynyň dünýä merkezleriniň biri boldy. XV asyryň birinji ýarymynda Samarkantda, Ulugbegiň töwereginde şol döwrüň görnükli astronomlaryny we matematiklerini birleşdirýän uly ylmy mekdep döredi.



9-njy surat. Muhammet Taragaý Ibn Şahruh Ibn Timur Ulugbeg Guragan

**Muhammet Taragaý Ibn Şahruh Ibn Timur Ulugbeg Guragan (1394–1449 ý.)** – döwleti dolandyryjy, Şahruhyň ogly, beýik Teýmirleniň agtygy (9-njy surat). Ol belli matematik, astronom, orta asyryň möhüm observatoriýalarynyň birini esaslandyran we öz döwrüniň şahyry hökmünde belli bolan şahsyýet.

Taryhy ýazgylara görä Ulugbegiň çagalyk döwründe Maragadaky belli Nasiraddin Tusiniň *observatoriýasynyň* harabaçylyklaryna baryp görmäge mümkinçiligi bolýar. Bu bilesigeliji Ulugbege güýçli täsir edýär we onuň astronomiýa bilen gyzyklanmagyna sebäp boldy. 1417–1420-nji ýyllarda Ulugbeg Samarkantda medrese gurdurýar. Bu medrese Samarkandyň *Registan meýdançasyndaky* taryhy ýadygärlikleriň ilkinjisi boldy. Ulugbeg bu medresä yslam dünýäsiniň köpsanly astronomlaryny we matematiklerini çagyryar. Beýleki iki medrese Gijuwanda we Buharada gurulýar. Buharada gurlan medresäniň esasy girelgesiniň diwarynda Muhammet Pygamberiň: «*Bilim almaklyga dalaş etmek her bir erkek we zenan maşgalanyň borjudyr*» diýen hadysy ýazylypdyr. Umuman, medresede ýazylan köpsanly ýazgylar adamlary ylym bilen meşgullanmaga çagyryar.

Ulugbeg, esasan, ylymda astronomiýa bilen gyzyklanypdyr. 1428-nji ýylda Ulugbegiň observatoriýasynyň gurluşygy tamamlanýar. Ol ony şol döwrüň ýokary derejeli abzallary bilen üpjün edýär. Onuň esasy guraly bolup, şol döwürde dünýäde ýeke-täk, radiusy 40 metr, işçi bölegi 20°-dan 80°-a çenli bolan, diwarly *kwadrant* bolupdyr (10-njy surat).

Ulugbegiň mekdebiniň gazanan üstünligi ýyldyzlaryň katalogynyň (zijleriň) düzülmegidir.

Ulugbegiň observatoriýasynda 1437-nji ýylda «*Guragan ziji*» – 1018 sany ýyldyzyň takyk katalogy we planetalaryň hereket tablisasy düzüldi. Olaryň alan netijeleri şol döwrüň astronomiýasynyň ýokary derejede bolandygyny tassyklaýar.



Bu observatoriýada dowamlylygy 365 gün, 6 sagat, 10 minut, 8 sekuntdan ybarat bolan ýyldyz ýylynyň uzynlygy (+58 sekunt ýalňyşlyk bilen) we Ýer okunyň ýapgytlygy ( $-23,52$  gradus) kesgitlenilýär.

Ulugbegiň baş ylmy işi «*Ziji jadidi Guragani*» ýa-da «*Täze Guragan astronomik tablislary*» işidir. Awtor bu işini 1444-nji ýylda ýazyp gutardy. Ol bu işinde otuz ýylyň dowamynda ýerine ýetiren irginsiz zähmetiniň we astronomik gözegçilikleriniň netijelerini beýan etdi. Onuň bu işi tiz wagtdan latyn diline terjime edildi we Klawdiý Ptolemeýiň «*Almagesti*» we kastil koroly Alfons X-nyň astronomik tablislary bilen bir hatarda Ýewropanyň ähli observatoriýalarynda gollanma bolup hyzmat etdi. Bu tablislaryň takyklygy Gündogarda we Ýewropada şol döwürde ýetilen derejelerden ýokarydy. Diňe XVII asyrda Tiho Brage Ulugbegiň gazanan takyklygynyň derejesine ýetmeklik başartdy.

Ulugbeg ylyma we sungata uly hormat goýýan adam bolupdyr. Astronomiýadan we geografiýadan başga, ol poeziýa we taryh bilen hem gyzyklanypdyr. Ulugbeg «*Dört uluslaryň taryhy*» atly taryhy eseriň awtorydyr.

Orta asyr arap alymlarynyň astronomiýa degişli işleri we arap tehnikasynyň beýleki üstünlikleri soňra Ýewropada öwrenildi we ýewropa medeniýetiniň we şol sanda astronomiýasynyň ösmekligine uly itergi berdi.

Optikanyň ösmeginde arap alymy Abu Ali Ibn Al-Haýsamyň (Alhazen) eden ylmy işleriniň ähmiýeti uludyr. Ýewropada ol Alhazen hökmünde tanalýar.



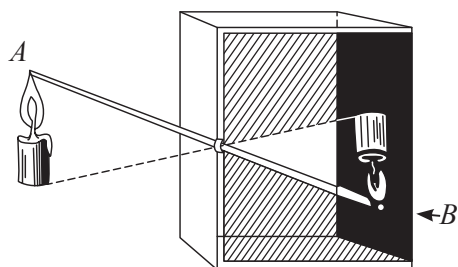
10-njy surat. Ulugbegiň observatoriýasynyň saklanyp galan baş kwadrantynyň ýerasty bölegi

**Abu Ali Ibn Al-Haýsam (Alhazen) (965–1039 ý.)** – arap alymy (11-nji surat), matematigi, mehanigi, fizigi, astronomy, Basrda eneden doguldy. Alhazen özüniň ajaýyp ukyplylygy bilen Basrda wezir wezipesinde işläpdir. Alhazen grekleriň ylmy mirasyny öwrenýär we ösdürýär, tejribeleri geçirýär we oňa degişli abzallary ýasaýar.

Alhazeniň esasy işi «*Optikanyň dürdäneleri*» atly eseridir. Bu eser 7 kitaptan ybaratdyr, onuň 3-si göreje we göze degişlidir. Ol gözüň anatomiki gurluşyny beýan etdi, görejiň nazaryýetini döretdi we şekili kabul edijiniň gözüň görejidigi baradaky çaklamany aýtdy. Bu garaýyş ylymda XVII asyra çenli agalyk etdi. Ýewkli-



11-nji surat. Abu Ali ibn Al-Haýsam (Alhazen)



12-nji surat. Kamera-obskura

diň we Platonyň: «Gözden çykyan görüş şöhleleri predmetleri «gaplap» alýarlar we şol sebäpli biz predmetleri görýäris» diýen ýalňyş pikirlerini tejribeleriň üsti bilen subut etdi. Alhazen *kamera-obskuryň* (12-nji surat) işleýşini bilýän ilkinji alymdyr. Alhazeniň geçiren tejribeleriniň arasynda kamera-obskuryň işleýşini düşündirýän tejribeler aýratyn orny eýeleýärler.

*Kamera-obskura* (*camera* – «otag» we *obskura* – «garaňky») diýlen latyn sözlərinden gelip çykan) fotokameranyň ýönekeý görnüşidir. Ol diwarlarynyň birinde deşik bolan ýagtylyk geçirmeýän gutudan we deşikli diwaryň garşysynda ýerleşen tutuk aýnadan ýa-da ýuka ak kagyздan ýasalan ekrandan ybaratdyr. Ýagtylyk şöhleleri deşikden geçip, ekranda şekil emele getirýär. Alhazen kamera – obskury Günüň we Aýyň şekillerini almak üçin astronomik abzal hökmünde ulanypdyr.

Kamera-obskuryň döredilen wagty belli däl. Uzak wagtyň dowamynda ony Rodžer Bekon döredipdir diyildi. Emma Gernsgeým «*Fotografýanyň taryhy*» kitabynda kamera-obskuryň işleýşini XI asyryň ortasynda Alhazen bilipdir diýip belleýär. Aristotelden başlap geçmişiň belli alymlary we suratkeşleri bu optiki abzaly bilipdirler we ulanypdyrlar. Alhazenden soň kamera-obskurany surat çekmekde Leonardo da Winçi we 1544-nji yylda golland matematigi we astronom abzallaryny ýasaýjy ussa Gemma Frizius (1508–1555 ý.) Gün tutulmasyna seretmek üçin ulandy. Sonra bu abzaly kämilleşdirmek üçin köp işler edildi.

Alhazen gözi kamera-obskura meňzetdi. Şunlukda, ol şekil janly organizmden daşarda emele gelýär we onuň fiziologik esasy ýokdur diýdi. Hakykatda, biz häzirki döwürde şol düşüňjeden peýdalanýarys.

Alhazen tekiz, sferik, silindr we konik aýnalaryň täsirlerine hem seretdi. Ol tekiz-güberçek linzanyň ulaltma täsirini, görüş burçy baradaky düşüňjäni, onuň aralyga baglylygyny öwrenýär. Ol silindrik aýnanyň serpikdiriji nokadynyň ýagdaýyny 4-nji derejeli deňlemäni çözüp (geometriki usul bilen) kesgitleýär. Bu meseläni soňra Hristian Gýuýgens we Nýutonyň mugallymy Barrou başga usul bilen çözdüler.

*Alhazen ýagtylygy bölejikleriň akymyna meňzeden ilkinji alymdyr.* Beýle ýagdaýda serpikmäni mehaniki hadysa hökmünde beýan etmek bolar. Şeýle hem ol «*Optikanyň dürdäneleri*» kitabynda *ýagtylyk gutarnykly tizlik bilen ýaýraýar* diýlen çaklamany aýtdy.

Alhazen ýagtylygyň döwülmesini hem öwrenipdir. Ol döwülme burçy düşüňjesini oýlap tapypdyr we döwülme burçunyň düşme burçuna göni bagly daldigini tejribe üsti bilen subut edipdir. Alhazen döwülme kanunyny takyk kesgit-

läp bilmedi. Alhazen ilkinji gezek aýnanyň üstüne ugrukdyrylan normal, düşýän we serpigýän şöhle bir tekizlikde ýatýarlar diýlen garaýşy aýtdy.

«*Optikanyň dürdäneleri*» XII asyrdan latyn diline terjime edildi. Bu eseri Ptolemeýiň işiniň nusgasy hasaplaýardylar. Diňe Ptolemeýiň hakyky kitaby tapylandan soň Alhazeniň bu kitabyň Alhazene degişlidigi belli boldy. Alhazeniň adynyň hakykatdan hem Al-Haýsamdygy diňe XIX asyrdan belli boldy.

Älemgoşaryň döreýşi baradaky sorag gadymdan alymlary gyzyklandyrypdyr. Emma bu hadysany ilkinji gezek has takyk döndürmek pars astronomy Al-Şiraza başardy. Ol suw damjasyna düşýän Gün şöhlesi bilen älemgoşardan göze ugrukdyrylan söhläniň arasyndaky burçuň  $42^\circ$ -a deňdigini subut etdi.

### 4.3. Orta asyr Gündogarynda udel agram baradaky ylmyň ösüşi

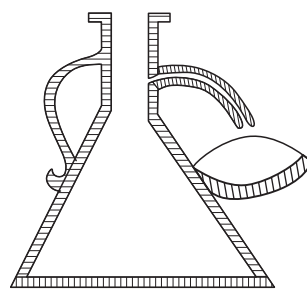
*Tereziler we udel agram* baradaky ylym orta asyr Gündogar alymlarynyň arasynda has-da meşhur bolupdyr. Munuň esasy sebäbi yslam dünýäsinde söwdanyň ösenligindendir. Söwdagär tereziler bilen iş salşyp bilmelidir, gymmat metallary we daşlary, olary udel agramlary boýunça tapawutlandyryp bilmelidir. Şoňa görä-de, orta asyr Gündogarynda bu ylmy tema derwaýys bolupdyr.

Maddalary çekmeklik we olaryň udel agramlaryny kesgitlemeklik tejribe derňewlerini geçirmekligi talap edýär. Şol sebäpli *Gündogar* tejribe ylmynyň başlanan ýeri, ýagny *tejribe ylmynyň ata watany hasaplanýar*. Köp oýlap tapyşlar, şol sanda mehaniki sagatlar, kompas, däri, kagyz Ýewropa ýurtlaryna diňe Gündogardan geçdi.

Al-Biruni dürli maddalaryň dykzlyklaryny özüniň döreden «*koniki gaby*» bilen kesgitledi (13-nji surat). Onuň oýlap tapyşynyň manysy: gaba derňelýän madda goýberilende, şol maddanyň göwrümüne deň mukdardaky suw gapdan dökülýär. Şeýle usul bilen ol şol wagtda belli bolan köp materiallaryň dykzlyklaryny ölçedi.

1-nji tablisada gymmatbaha daşlaryň we minerallaryň dykzlyklarynyň Birunä we häzirki döwrüň maglumatlaryna görä deňeşdirmesi berlen. Ussat tejribeçi hökmünde Biruni ilkinji gezek tejribäniň takyklygyny artdyrmak üçin barlag tejribeleri geçirmekligiň zerurdygyny teklip etdi.

Täsin ýeri, Al-Biruniniň dykzlygy kesgitlemekde ulanan usuly häzirki döwürde hem ulanylýar. XX asyryň başynda belli fizik Orest Danilowiç Hwolson (1852–1934 ý.) 1923-nji ýylda çap edilen köp jiltli «*Fizika kursy*» atly kitabynda



13-nji surat. Al-Biruniniň koniki gaby

özünüň döwürdeş fizik-barlagçylaryna hödürleýän tejribeleriniň düzümine Al-Biruniniň usulyny goşdy.

Omar Haýýamyň (1048–1131 ý.) okuwçysy, Al-Biruniniň yzyny ýörediji Al-Hazini (1048–1131) 1121-nji ýylda «*Akyl terezileri*» kitabyny çap etdi. Bu kitap, gynansak-da, ýewropa alymlaryna örän giç belli boldy. Diňe 1857-nji ýylda Rus-siýanyň Amerikadaky ilçisi N.W. Hanykow bu eseri ýüze çykardy.

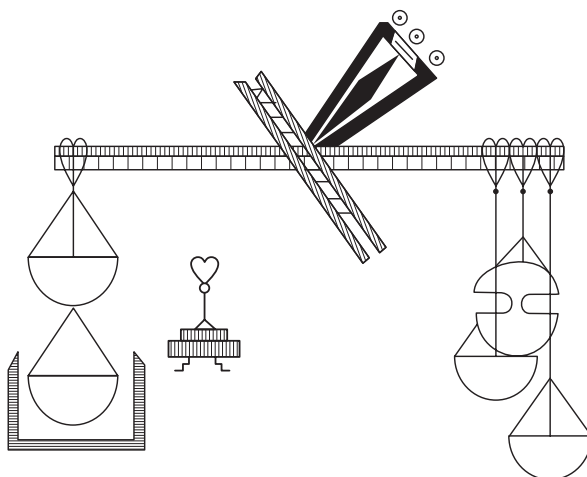
Bu kitapda Al-Hazini tereziler barada kesgitleme berýär we örän möhüm zady – *Arhimediň kanunyny* howada ýerleşen maddalar üçin hem ulanýar. Bu täzelik tereziniň duýgurlygyny has-da ýokarlandyrmaga we çekimiň takyklygyny artdyrmaga mümkinçilik berdi.

1-nji tablisa

**Birunä görä käbir gymmatbaha daşlaryň we minerallaryň  
dykzlyklary ( $g/sm^3$ ) we olaryň häzirki döwürdäki bahalary**

Minerallaryň atlary	Al- Biruni	Häzirki döwrüň maglumatlary	Minerallaryň atlary	Al- Biruni	Häzirki döwrüň maglumatlary
Altyn	19.5	19.32	Ýakut daşy	3.96	3.97-4.12
Simap	13.56	13.546	Lagyl	3.85	3.94-4.08
Kümüş	10.42	10.50	Göwher	2.75	2.67-2.77
Mis	8.71	8.03	Dag billury	2.55	2.59-2.66
Gurşun	11.47	11.34	Ýantar	0.85	1.05-1.10
Demir	7.06	7.96			

Onuň «*Akyl terezileri*» (14-nji surat) bir-biri bilen birikdirilen iki gapdan we biri-birine bagly bolmadyk üç gapdan ybarat. Hidrostatik ölçeg geçirmek üçin olaryň birini suwda ýerleşdirmek bolýar. Al-Haziniň terezileri diňe bir



14-nji surat. Al-Haziniň «Akyl terezileri»

maddanyň agramyny ölçemän, olaryň udel agramyny hem ölçäpdir. Bu bolsa ölçeliniň jisimiň materialyny kesgitlemäge mümkinçilik beripdir. Onuň terezisiniň ölçegi örän uly bolupdyr (egniniň uzynlygy takmynan 2 m). Şol döwürlerde tereziniň ölçegleri näçe uly bolsa, şonça-da takyk ölçelýär diýlen pikir bolupdyr.

Al-Hazininiň döreden «*Akyl terezileriniň*» takyklygy 4,5 kg ýükde 4,5 g bolupdyr. Şol döwür üçin bu netije örän ýokarydyr. Bu baha häzirki zaman 1-nji klasly terezileriň takyklygyndan bary-ýogy 200 esse azdyr. 2-nji tablisada Al-Hazininiň kesgitlän dykzlyklary häzirki zaman maglumatlary bilen deňeşdirilýär.

2-nji tablisa

**Al-Hazini boýunça käbir maddalaryň dykzlyklary ( $g/cm^3$ )  
we olaryň häzirki döwürdäki bahalary**

	Altyn	Simap	Sapfir	Süýt
Al-Hazini boýunça	19,05	13,56	3,96	1,110
Häzirki döwürň bahalary	19,32	13,546	3,90	1,04–1,42

Umuman, orta asyr Gundogarynda ylmyň ösüş derejesi barada aýdanymyzda bu döwürň alymlarynyň nazary bilimleri, şol sanda, dünýäniň gurluşy baradaky garaýyşlary antik döwürüniň alymlarynyň garaýyşlarynyň derejesindedi. Düzgün bolşy ýaly Gundogar alymlary belli antik alymlarynyň işlerine düşündiriş beripdirler. Meselem, olary kinematiki, şeýle hem dinamiki hereketi beýan etmeklik gyzyklandyrýardy. Ibn-Baja (1070–1138 ý.) kinematikanyň soraglaryna seredipdir. Ýewropada Awerroes ady bilen belli alym Ibn-Ruşd (1126–1198 ý.) Aristoteliň «*Fizikasyny*» düşündirýär we dinamikanyň soraglary bilen gyzyklanypdyr. Emma, ol özüniň garaýyşlarynda gadymy grek alymlarynyň netijelerinden daşlaşmady.

Şunuň bilen birlikde fizikanyň tejribe geçirilýän ugurlaryndaky üstünliklerine Gundogaryň alymlary uly goşant goşdular. Bu täze abzallary döretmeklige, şeýle hem olaryň kömegi bilen geçirilýän derňewlere degişlidir. Olaryň astronomiýada we tebigat bilimleriniň käbir beýleki ugurlaryndaky üstünlikleri aýratyn-da täsirlidi. XIII asyrdan Gundogar alymlarynyň işjeňligi peselip başlady. Bu ýagdaý geosyýasy ýagdaýyň üýtgemegi bilen döredi. XIII asyrdan başlap mongollaryň ýörişleri başlandy we uruşlar bütin Gundogary eýeledi. Sufizmiň täsiri gowşady. Bularyň hemmesi Gundogar ylmyna öz täsirini ýetirdi we ol örän çalt pese düşdi.

Emma XIII asyrdan Ýewropa ylmynyň ösüşi başlandy. Bu döwür Galkynyş eýýamynyň başlangyjy boldy.



#### 4.4. Orta asyr Ýewropa ylmy

VIII–XI asyrlarda orta asyr Ýewropa ylmy ýaňy döräp başlapdy we Gündogar ylmy bolsa bu döwürde ondan has öňe gidipdi. Araplar Ýeri şar şekilli hasaplaýardy we Al Biruni onuň radiusyny kesgitläpdi. Katolik buthananyň wekili Blažennyý Awgustin (354–430 ý.) bolsa Ýeri tekiz we onuň arka ýüzünde adamlar ýaşamaýar diýip hasaplaýardy. Katolik buthana ylmyň ähli ugurlaryna gözegçilik edýärdi, ýagny belli katolik filosofy Foma Akwinskiň (1225–1274 ý.) belleýşi ýaly, «*filosofiýa (ol oňa fizikany hem degişli edýärdi) buthananyň hyzmatkäridir*».

Orta asyr Ýewropa fizikasy Aristoteliň garaýyşlaryna esaslanan mehanikadan we astronomiýadan ybaratdy. Meselem, Foma Akwinskiý jisime özbaşdak hereket etmek ukybyny bermek mümkinçiligini düýbünden inkär edýärdi, ýagny «*jisim erkin hereket edip bilmeyär*», diýdi. Onuň garaýşyna görä hereketiň çesmesi elmydama jisimiň daşynda ýerleşýär. Bu kinematik çemeleşmedi.

Şol döwürde uniwersitetlerde ylmy barlaglaryň ylmy usulyýet esasy bolup sholastika hyzmat edýärdi. *Sholastika – esasy maksady hristian dinini goraýan filosofik akym*. Bu akym antik alymlarynyň: Platonyň we aýratyn hem Aristoteliň garaýyşlaryny hristian dini nukdaý nazarynda düşündirdi. Din bilen berk baglanyşykly bolmaklygy sholastik taglymatyň durmuşdan üzňe, abstrakt bolmaklygyna getirdi. Sholastika tebigat bilimlerini, şol sanda fizikany öwrenmekde tejribäniň ähmiýetini inkär etdi. Ýöne, sholastik garaýyşlar bilen göreşde täze ylmyň dörandigini bellemek gerek.

Şol döwürde sholastik garaýyşlardan başga garaýyşlar hem bardy. Meselem, Fransuz koroly Karl V-niň geňeşçisi, ýepiskop N.Orema (1330–1382 ý.) «*Asman we Älem barada*» (1377 ý.) kitabynda asman däl-de, Ýeriň aýlanýanlygyny örän inçelik bilen, ýagny «*Islendik tejribäniň kömegi bilen ters zady subut etmek mümkin däl*» diýdi. Şoňa görä-de, ol nämäniň aýlanýandygyny – hereketsiz asmana görä Ýeriň ýa-da onuň Ýere görä hereket edýändigini – subut etmek mümkin däl, diýip belleýär.

Iňlis filosofy we Oksford uniwersitetiniň tebigaty öwrenijisi R.Grossetest (1175–1253 ý.) *Aristoteliň «Ikinji analitika» we «Fizika» işlerine beren düşündirişlerinde* tebigaty öwrenmekde ylmy usula bolan garaýşyny we tejribäniň ähmiýetini ýaňzytdy. Grossetesti optika gyzyklandyrypdyr. Hristian dinine görä ýagtylyk Hudaýyň döreden ilkinji zadydyr. Diýmek, Grosseteste görä ýagtylyk, Hudaýdan dörediji impulsy dünýä geçirýän aralykçy bir zatdyr. Ýagtylyk serpigip, beýleki asman jisimlerini emele getirýär we ýagtylyk gataýar. Dünýäniň Hudaý tarapyndan döredilmek syrlaryna akyl ýetirmeklige ýakynlaşmak üçin ýagtylygyň ýaýramak kanunlaryny bilmek gerek. Grossetestiň optika bolan şunuň ýaly garaýyşlaryny onuň okuwçysy monah Rožer Bekon ösdürdi.



**Rožer Bekon (1214–1294 ý.)** – iňlis filosofi we tebigaty öwreniji, monah, matematika, himiýa, fizika bilen gyzyklandy, optikada ýagtylyk şöhesiniň döwülmesini öwrendi. Angliýanyň Sommerset graflygyna doguldy (15-nji surat), Grossetestiň okuwçysy, Oksford we Pariž uniwerstetlerinde okady, Oksford uniwerstetiniň professory, doktor mirabilis (täsin) lakamyny alan alym. 36 ýaşynda monah bolan, dinsizlikde aýyplandy, buthana oňa ylmy kitaplary ýazmagy gadagan etdi we tussag edildi, papa Klimet IV tarapyndan boşadyldy. Soňra Bekon Pariže gidýär we ol ýerde hem tussag edilýär. Umuman, ol 15 ýyl tussaglykda boldy.



15-nji surat.  
Rožer Bekon

Rožer Bekon tejribäniň ilkinji hakyky wagyzçysydyr. R.Bekonyň pikirine görä ylym takyk tejribä daýanmalydyr. Şunlukda, onuň özi hem köp tejribe geçiripdir. Ol optika bilen gyzyklanypdyr, kamera-obskury, linzalarda ýagtylygyň döwülmesini bilipdir, sferik aýnanyň fokus aralygyny kesgitledi, sferiki abberasiýa hadysasyny açdy. Ol Aristoteliň garaýyşlary bilen gyzyklanmalara kesgitli garşy bolupdyr. Umuman, R.Bekon öz döwründe belli şahsyýet hem bolsa, ýewropa ylmyň ösmekligine onjeýli goşant goşmady. Ony ylmy dörediji däl-de, ylmyň nyşany hasaplap bolar.

Fransuz filosofi we mehanigi, Pariž uniwersitetiniň professory Žan Buridan (1300–1358 ý.) hereketiň sebäbi daşky güýç we hereket edýän jisim tarapyndan toplanan hereket mukdarydyr, diýdi. Şeýlelikde, top oklarynyň hereketini we asman gümmeziniň aýlanmasyny düşündirýän «*impetus*» nazaryýeti (latynça *impetus* sözi «*itergi*», «*joşgun*» manyny berýär) döredi.

Buridanyň okuwçysy, «*impetus*» nazaryýetiniň tarapdary Albert Saksonskiý (1316–1390 ý.) hereketleri öňe bolan we aýlanmaly, deňölçegli we üýtgeýän görnüşlere böldi. Ol jisimleriň erkin gaçmagy deňölçegli hereket däl, diýdi.

Orta asyr ylmyň çäkliligine garamazdan bu döwrüň ylmy, Galkynyş (Renessans) döwrüniň başlanmagynda uly bolmadyk rol oýnady. Galkynyş (Renessans) döwri XIII asyry – treçento, XIV asyry – kwatroçento we XV asyry – Beýik Galkynyşy öz içine alýar.

XIII asyrdan başlap Ýewropa ýurtlarynyň ykdysady, durmuş-syýasy, medeni ýagdaýlarynda, ylaýta-da Italiýada, düýpli üýtgemeler bolup geçdi. Italiýa Galkynyşyň watany hasaplanýar. Täze synp – *buržuazlar* döredi. Senagat we hünärmentçilik güýçli ösdi. Buthananyň jemgyýetiň aňyna täsiri gowşady. Buthana indi durmuşyň ähli taraplaryny gözegçilikde saklap bilmeýärdi. Netijede, tebigata, adamyň gurluşyna bolan gyzyklanma has-da artdy. Şol döwürde Galkynyşyň ägirtleri: beýik suratkeşler Mikelanželo, Rafael we Leonardo da Winçi, ýazyjylar Dante, Petrarka we Jowanni Bokaçço, beýik geografiki açyşlary eden Magellan, Hristofor Kolumb, Wasko da Gama we beýlekiler dörediler.



16-njy surat. Leonardo da Winçi

**Leonardo da Winçi (1452–1519 ý.)** – beýik italiýan suratkeşi (16-njy surat), arhitektor, alym, oýlap tapyjy, mehanik, inžener, sazanda, Beýik Galkynyş döwrüniň sungatynyň görnükli wekilleriniň biri, italiýanyň Winçi şäherinde 1452-nji ýylyň 14-nji aprelinde doguldy. Ýaşlygyndan başlap suratkeşlik we heýkeltaraşlyk bilen gyzyklanypdyr. Mundan başga-da, ol howada ýüzmek meseleleri bilen gyzyklanýar, geometriýany, guşlaryň anatomiýasyny we olaryň uçuşlarynyň mehanikasyny öwrenýär.

Düşnüksiz sebäplere görä Leonardo da Winçi öz işlerini gizlin saklapdyr, ýagny ol öz ýazgylaryny «*aýna hatlar*» («*aýna hatlar*» – aýnanyň kömegi bilen okalýan hat) görnüşinde, köp sözleri gysga, beýleki sözler bilen birleşdirip ýazypdyr. Bu onuň golýazmalaryna düşünmekligi kynlaşdyrdy. 500 ýyla golaý onuň golýazmaları belli bolman galdy. Italiýany basyp alandan soň, Napoleon Milandan Leonardo da Winçiniň 13 sany golýazmasyny Fransiýa getirdi. Bu golýazmalaryň şifrleri diňe XIX asyrdaky açyldy we olar ilkinji gezek 1888–1891-nji ýyllarda çap edildi.

Leonardo da Winçi mehanikanyň şu bölümlerine degişli işleri etdi: jisimleriň aşak gaçma kanunlary; gorizonta burç bilen zyňlan jisimleriň hereket kanunlary; jisimleriň ýapgyt tekizlik boýunça hereket kanunlary; sürtülmäniň jisimleriň hereketine täsiri; ýönekeý maşynlaryň (ryçag, ýapgyt tekizlik, blok) nazaryýeti; güýçleri goşmak soraglaryna degişli işler; jisimleriň agyrlýk merkezini kesgitlemeklige we jisimleriň garşylygy bilen baglanyşykly soraglara degişli işler. Bu soraglaryň köpüsi ilkinji gezek öwrenilýärdi. Galanlary bolsa, eger olar Leonarda çenli öwrenilen hem bolsa, olar hakykatdan daş bolan Aristoteliň netije çykarmalaryna esaslanýardy. Aristotele görä, meselem, gorizonta burç bilen zyňlan jisim, başda göni hereket etmelidir, ýokary galmagyň ahyrynda bolsa, töweregiň dugasyny çyzyp, dik aşak gaçmalydyr. Leonardo da Winçi bu ýalňyşlygy düzetti we bu ýagdaýda hereketiň traýektoriasy *parabola* bolar diýdi.

Ol hereketiň saklanmagyna degişli köp ähmiýetli pikirleri aýtdy we inersiýa kanunyna has golaý geldi. «*Her bir hereket güýç goýulmagyny talap edýär*» diýip hasap edýän Aristotelden tapawutlylykda, Leonardo da Winçi «*Her bir hereket özüniň saklanmagyna ymtylýar*» diýip ýazýar. Muňa inersiýa kanunynyň açylyşy diýip aýtmaklyk nädogry, ýöne bu şoňa bolan düýpli ädimdi. Leonardo da Winçi görä: «*Impuls (impeto) herekete getirijiniň hereketlenýäne geçirýän hereketiniň zyzdyr. Impuls herekete getirijiniň hereketlenýände şekillendirilen güýjüdir. Her bir galdyrylan yz hemişeligi ymtylýar ýa-da hemişeligi isleýär...*»

Leonardo da Winçi güýçleri dargatmak usulyny bilipdir we ony öz işlerinde ulanypdyr. Jisimiň ýapgyt tekizlik boýunça hereketi üçin ol *sürtülme güýji* düşüncesini girizdi, ony jisimiň tekizlige basyş güýji bilen baglanyşdyrdy we bu güýçleriň

ugurlaryny dogry görkezdi. Güýçleriň tebigatyny derňäp, ol tüpeňiň nilindäki täsir edýän güýçleri, gaty jisimlerdeki maýyşgaklyk güýçleri açdy.

Leonardo da Winçi yrgyldyly hereketi hem öwrendi. Ol ulgamyň hususy ýygylgy daşky täsiriň ýygylgy bilen gabat gelende yrgyldynyň artýandygy barada aýdyp, *rezonans* düşünjesiniň häzirki zaman beýan edilişine ýakyn geldi.

Leonardo da Winçiniň işlerinde *gidrawlika* uly orun eýeleýär. Ol okuwçy ýyllaryndan başlap gidrawlika bilen gyzyklandy we ömrüniň бүтін dowamynda oňa gaýdyp geldi. Ol gidrawlikada nazary garaýyşlary (prinsipleri) döretmek bilen birlikde birnäçe anyk amaly meseleleri hem hödürledi. Gatnaşykly gaplar we gidrawlik sorujylaryň nazaryýeti, suwuň akma tizligi bilen kesigiň meýdanynyň arasyndaky baglanyşyk – bu soraglaryň hemmesi Leonardo da Winçi tarapyndan amaly inženerçilik meseleleri (şlýuzlary we kanallary gurmak, meliorasiýa) çözülende döredi. Ol birnäçe kanallaryň (Piza – Florensiýa kanaly, Po we Arno derýalarynda suwaryş kanallary) taslamalaryny işläp düzdi.

Leonardo da Winçi Paskalyň kanunynyň kesgitlemesine has ýakyn geldi, gatnaşykly gaplar nazaryýetinde bolsa XVII asyrdaky bu ugurda galdyrylan garaýyşlary öňünden bildi. Hidrodinamikada we akustikada ol *tolkunlaryň superpozisiýasyny* açdy.

Leonardo da Winçiniň *optika* degişli işlerinde onuň ylmy öňdengörüjiligi has-da özboluşly ýüze çykdy. Leonardjy çenli diňe geometriki optika bardy. Ýagtylygyň tebigaty barada, hiç hili hakykat bilen baglanyşygy bolmadyk, hyýaly (fantastik) çaklamalar aýdylýardy. Leonardo da Winçi ilkinji gezek *ýagtylygyň tolkun häsiýeti* baradaky batyrgaý çaklamalaryny aýtdy.

Leonardo da Winçi döwründe dünýäniň Ptolemeý *geosentrik ulgamy* höküm sürýärdi. Munuň beýle dälidigini ol birnäçe gezek aýtdy. Ol Kopernige bagly bolmazdan *dünýäniň geliosentrik ulgamy* baradaky düşüňjä golaý geldi. Bu barada onuň şu aýdanlaryndan netije çykarmak bolar: «*Gün hereket etmeýär. Ýer gün tegeleginiň merkezinde däl we dünýäniň merkezinde hem däl... Ýer - Aýa meňzeş ýyl-dyz...*».

Leonardo da Winçi beýik *oýlaptapyjydyr. 17-nji suratda* onuň çyzgylary we bu çyzgylar boýunça döredilen käbir mehanizmler getirilen. Onuň teklipleri häzirki zaman garaýyşlaryndan daşda bolsa hem, ol dikuçaryň, tigriň, şarikopodşipnigiň we beýleki köpsanly mehanizmleriň ilkinji nusgalaryny hödürledi.

Leonardo da Winçi ilkinji bolup *howada uçmak* meselesine seretdi. Ol 1487-nji ýylda uçýan abzallar bilen ilkinji derňewlerini geçirdi, çyzgylaryny we suratlaryny hödürledi. Ilkinji uçýan abzalda metal bölekleri ulandy: adam gorizental ýagdaýda ýerleşip, gurluşy elleri we aýaklary bilen herekete getirdi.

Soňra Leonardo da Winçi metaly agaç bilen çalyşdy we adamy vertikal ýerleşdirdi. Ol planeriň nusgasyny gurdy we ony synag etdi. Bu synag etmek proseslerinde adamyň howpsuzlygyny üpjün etmek maksady bilen ol *paraşýuty* oýlap tapdy.



17-nji surat. Leonardo da Winçiniň oýlap tapyşlary

Leonardo da Winçiniň hödürlän ähli inženerçilik meselelerini sanamak kyn.

Ol egirmek, matalary dokamak we başga maksatlar üçin abzallaryň dürli görnüşlerini oýlap tapdy. Onuň saklanyp galan ýazgylarynyň arasynda hereket edýän merkezi bolan sirkulyň, topragy susup alýan abzalyň, suwa çümüjä degişli esbaplaryň, burawlaýjy enjamlaryň dürli görnüşleriniň, kardan walynyň, kompasyň we ş.m. ýazgylary bar.

Leonardo da Winçi geologiýanyň we paleontologiýanyň (gazylyp tapylyan, daşa öwürülen haýwanlar we ösümlikler barada ylym), ösümlikleriň fiziologiýasy we



adamyň anatomiýasy, filologiýanyň we agronomiýanyň soraglary bilen hem gyzyklanypdyr.

Leonardo da Winçi ähli döwürleriň we halklaryň beýik suratkeşleriniň biridir. Ol dünýä belli «*Jokonda (Mona Liza)*» (18-nji surat), «*Madrid kodeksi*», «*Gizlin agşamlar*» we beýleki işleri bilen bellidir. Bu akyldaryň şeýle köpugurly gyzyklanmalaryna diňe geň galmak bolar.

Leonardo da Winçiniň *ylmy usulyýet (metodologik)* garaýyşlaryna seredeliň. Eger tebigaty öwreniji hökmünde onuň aýratynlygyny kesgitlejek bolsak, onda ilkinji nobatda ol tejribä esaslanýan, täze tebigat bilimleriniň meýilnamasyny düzmäge synanyşan akyldardyr. Onuň özi hem, tebigy ylymlarynyň dürli ugurlaryna degişli köpsanly tejribeleri geçirdi. Ylymda öz ähmiýetini ýitiren zatlar düýbünden garşy boldy. Leonardo da Winçi bilimiň esasy hökmünde *tejribäni wagyz edip, sholastika düýpli garşy boldy*. Döwründen öňe gidip, matematikany hakykylygyň esasy diýip atlandyrdy.

Leonardo da Winçi uniwersitet alymy däl, ol talantly, özi öwrenen alym. Ol öz derňewleri arkaly döwründen has öňe gitmek bilen çäklenmän, eýsem güýçli ösýän tehnikaýyň ylymyň önünde goýýan meselelerine hem dogry düşünişdir. Gynansak hem, Leonardo da Winçiniň garaýyşlary we onuň tehniki amala aşyrmalary tebigy bilimleriniň ösüşine täsir etmedi, sebäbi düýbünden näbellidi, has takygy ylymy ýoldaşlaryndan gizlindi. Şol sebäpli biz häzirki wagtda Leonardo da Winçini, fizikanyň we tehnikaýyň ösmegine goşant goşan beýik alym hökmünde kabul etmän, adamzat aklynyň nähili beýiklere ýetip bilýändigine mysal hökmünde görkezip bileris.

Italiýaly matematik Nikkola Tartalya (1499–1557 ý.) diňe bir matematikanyň soraglaryna seretmän, ol amaly mehanikaýyň, ballistikaýyň we topografiýanyň soraglaryna hem seredipdir. Tartalya Leonardo da Winçiniň edip bilmedik işini etdi. Ol «*Täze ylym*» (1537 ý.) kitabynda ilkinji gezek topuň nilinde we nilden çykan okuň traýektoriasyna degişli soraglara seretdi. Şeýlelikde ol *ballistikaýyň* esasy goýdy. Tartalya görä uçuşyň bütin dowamynda okuň traýektoriasy egri çyzykly bolýar we top okunyň ýetýän ýeriniň has uly uzaklygy  $45^\circ$  burça degişli bolýar.

N Tartalyanyň «*Täze ylym*» kitabyňy öwrenip Galileo Galileý gorizonta burç bilen zyňlan jisimiň traýektoriasynyň *parabola* bolýandygyny açdy.

N. Tartalya artilleriýanyň soraglaryndan başga-da, şäherleri berkitmek we harby-inženerlik gurluşyklary baradaky soraglara hem seredipdir. Ol «*Generale trattato de numeri e misure*» (1556–1560 ý.) işinde arifmetikaýyň, algebranyň we geometriýanyň soraglaryna içgin seredipdir. Tartalya görä ol, Ssipion del Ferro



18-nji surat. Leonardo da Winçiniň meşhur «Jokonda (Mona Liza)» eseri (1503 ý.)

tarapyndan ön tapylan üçünji derejeli deňlemelerin çözülişleriniň algoritmlerini özbaşdak tapypdyr. 1545-nji ýylda J.Kardano Tartalýadan rugsatsyz, bu algoritmleri «*Beýik sungat*» işinde çap edýär we şol sebäpli bu algoritm matematikanyň taryhynda «*Kardanonyň formulasy*» hökmünde girdi.

Galkynyş eýýamy fizikada uly üstünlikleri getirmede, ýöne ol dünýäniň suratyny Aristotel ruhda beýan etmekligi şübhelendirdi. Bu döwürde fizika tehnikanyň talaplary bilen ilkinji gezek galtaşdy. Bu bolsa fiziki tejribäniň ösmekligine esas döretti.

Ýokarda belläp geçişimize görä orta asyrdan ilkinji uniwersitetler döredi. Ilki-başda arap Halifatynyň ýurtlarynda, soňra Italiýada, Parižde, Angliýada uniwersitetler esaslandyryldy.

Bu uniwersitetler häzirki zaman uniwersitetlerinden düýpli tapawutlanýardy. Emma häzirki wagta çenli şol döwürde ulanylan alymlyk derejeleri (*doktor we magistr*), *professor we dosent* atlary, bilim bermekligiň esasy formasy hökmünde *leksiya*, uniwersitetiň bölümi hökmünde *fakultet* atlary saklanyp galdy. *Seminar* usuly häzirki zaman ylmynda we ýokary mekdeplerde giňden ulanylýar.

*Leksiya* («*okamaklyk*» diýmekdir) orta asyr uniwersitetlerinde bilim bermekligiň esasy görnüşidi. Kitaplar azdy, olar gaty gymmatdy, şoňa görä-de, dini we ylmy işler okalýardy we düşündirilýärdi. XVIII asyra çenli latyn dili halkara dilidi. Latyn dilinde Kopernik, Lomonosow, Nýuton ýazypdyrlar.

Häzirki wagta çenli Ýewropa uniwersitetlerinde dabaraly sözler latyn dilinde okalýar, diplom işleri bolsa latyn dilinde ýazylýar. Dabaraly ýygnaqlara professorlar orta asyr doktor mantiýalarynda we papaklarda gelýärler.

## 5-njı bap. XVI-XVII ASYRLARDA YLMY REWOLÝUSIÝA

### 5.1. XVI-XVII asyrlarda jemgyýetçilik-syýasy ýagdaý

XVI–XVII asyrlar ylymda, hususan-da, fizikada uly açyşlaryň döwri boldy. Ylymda we medeniýetde bolup geçýän üýtgeşmeler elmydama jemgyýetde, ykdysadyýetde we syýasatda bolup geçýän ösüşleriň aýratynlyklaryna baglydyr. Ilkinji ylmy-tehniki rewolýusiýanyň döwri bolan XVI–XVII asyrlarda jemgyýetçilik-syýasy ýagdaýa seredip geçeliň.

Ykdysadyýetde kapitalistik önümçilik usuly agdyklyk edýärdi. Bu feodal döwür bilen deňeşdireniňde, zähmet önürjiliginin artmagyna getirdi. Önümçilige täze we täze tehnologiýalar zerurdy, olary bolsa diňe ylym berip biljekdi. Ylym adamzadyň taryhynda ilkinji gezek jemgyýetiň öndüriji güýçleriniň ösmegine täsir edip başlady.

Meselem, Ýeriň formasy baradaky meselä seredeliň. Şol wagtyň jemgyýetiniň ösmeginde ony bilmekligiň näme zerurlygy barka? Ýeriň togalak formasynyň



bardygy baradaky hakykat beýik geografik açyşlar eýýamyny dörettdi. Geografik açyşlar Ýewropany baýlaşdyrdy (egriji stanogyň, dokma stanogyň oýlanyp tapylmagy ýurtlaryň ykdysadyýetiniň ösmegine getirdi) we onuň ýaşajylarynyň aňyny düýpli ösdürdi. Bu açyşlary etmek üçin astronomiýany bilmek gerekdi.

XVI–XVII asyrlarda Günbatar Ýewropanyň ýurtlarynda uly durmuş-ykdysady öwrülişikler bolup geçdi. Diňe şol döwürde has ösen döwletleriň (Niderlandiýa, Angliýa, Italiýa) syýasy sahnasyna ýaş buržuaziýa çykdy. Olaryň ýeňişleri bu ýurtlarda adamlaryň syýasy we hukuk taýdan azat bolmaklaryna getirdi. Kapitalistik önümçilik usuly has giň ýaýraýşa eýe boldy. Indi bu ýurtlarda buthanalar «*öç alyjy gylyç*» hökmünde (inkwizisiýa) bolup bilmeyärdi. Diniň jemgyýetçilik-syýasy täsiri peselipdi. Bu bolsa ylma öz täsirini ýetirdi. Katoliki buthananyň käbir tebigy-ylmy barlag geçirmek baradaky gadaganlyklary aradan aýryldy.

XVI–XVII asyrlarda şeýle bir ýagdaý döredi, ýagny uniwersitetde öwredilýän ylym jemgyýetden üzňe ýagdaýda boldy. Ykdysadyýetdäki we syýasatdaky özgarişler bu ýerde orun tapmady. Uniwersitetlerde sholastika höküm sürýärdi, antik döwrüň ylmlary öwrenilýärdi, filologik jedeller geçirilýärdi. Umuman, uniwersitet ylmy täze jemgyýetçilik gatlagyny kanagatlandyryp bilmedi. Bu kanagatlanmazlyk XVII asyryň üç alymynyň-iňlis filosofy Frensis Bekonyň, fransuz matematigi Rene Dekartyň we beýik italiýan fizigi we astronomy Galileo Galileýiň işlerinde has doly beýany tapdy.

XVI–XVII asyrlarda tebigy ylmlarda ilkinji ylmy-tehniki rewolýusiýa diýip atlandyrylýan özgertmeler bolup geçdi. Bu ýyllarda alymlar tarapyndan nämeler edildi? Bu döwürde fizika ylmyň esasy üstünliklerine seredeliň.

## 5.2. N.Kopernigiň ylmy rewolýusiýasy

---

**Nikolaý Kopernik (1473–1543 ý.)** – beýik polýak astronomy, Torun şaherinde baý söwdagäriň maşgalasynda doguldy, Krakow uniwersitetinde, Italiýada Boloniýa we Paduýa uniwersitetlerinde hukuk we lukmançylyk ugurlarynda okady (*19-njy surat*). 1503-nji ýylda hukuk ylmlarynyň doktory boldy. Kopernik matematik, mehanik, lukman, ykdysadyýetçi, diplomat we döwlet işgäri bolan. Tewton ordeni bilen bolan uruşda ol Olštyn şäheriniň goragyna ýolbaşçylyk etdi, monet ulgamynyň taslamasyny işläp düzdi. Nikolaý Kopernik dünýäniň geliosentrik ulgamyny döreden alym.

---



*19-njy surat.*  
Nikolaý Kopernik

N. Kopernik ýaşlykdan matematika we astronomiýa bilen gyzyklanýar. Bilşimiz ýaly K. Ptolemeý merkezinde Ýer bolan geosentrik ulgamy hödürleýärdi. Ptolemeýe görä Ýeriň daşynda: Aý, Merkuriý, Wenera, Gün, Mars, Ýupiter, Saturn töwerek boýunça aýlanýarlar. Bu ulgamda Aýyň hereketi çylşyrymly düşündirilýärdi.

Kopernik merkezinde Gün bolan has ýonekeý geliosentrik ulgamy hödürledi. Bu modelde Aýyň hereketi aňsat düşündirilýär.

Bu ýerde bir zady bellemek gerek, antik döwürde gadymy grek alymy Aristarh Samoskiý (b.e.ö. 310–230 ý.) Gün hereketsiz we dünýäniň merkezinde ýerleşýär, Ýer bolsa onuň daşynda we öz okunyň daşynda aýlanýar diýip, hasap edipdir. Aristarh ýyldyzlar hereketsiz we radiusy örän uly bolan sferada ýerleşýärler diýip çak edipdir. Emma bu ideýa 1800 ýyldan soň ösdürildi. Kopernik gadymy grek astronomynyň bu geliosentrik ulgamyny bilipmi ýa-da bilmänmi, belli däl.

Kopernik «*Asman gümmeszleriniň aýlanyşy barada*» kitabyny 1530–1532-nji ýyllarda ýazýar. Kopernik öz garaýyşlarynyň şol döwrüň ideologiýasyna garşydygyny bilýärdi. Şoňa görä-de, ol öz işlerini çap etmäge gyssanmaýardy. Katoliki buthana bu kitaby 10 ýyllap çap etmäge rugsat bermeyär. Onuň dünýäniň geliosentrik ulgamy baradaky pikirleri 1543-nji ýylda, onuň aradan çykan ýyly, dini professor Andreý Osianderiň (1498–1552 ý.) giriş sözi bilen çap edilýär. Bu giriş sözünde Osiander şeýle ýazýar: «*Kitapda aýdylanlar planetalaryň hereketiniň beýan edilýişini ýeňilleşdirmek üçin ulanylan matematiki çaklama. Şoňa görä-de, dünýäniň hödürülenýän ulgamy hakyky däl, dünýä ulgamynyň gurluşyny diňe Hudaý bilýär*» diýip ýazýar. Muňa seretmezden Kopernigiň bu kitaby öz döwürdeş alymlaryna örän güýçli täsir etdi.

1616-njy ýylda onuň kitaby katolik buthana tarapyndan gadagan edildi.

Fizika biliminiň ösmeginde Kopernigiň goşandyna baha bermek bilen onuň amala aşyran ylmy ýeňşiniň häsiýetine seretmezlik mümkin däl. Taryhyň görkeziji ýaly N.Kopernigiň hödürlän dünýäniň gurluşy baradaky modeli täze tebigy bilimleriniň jarnamasy (manifesti) boldy. Kopernigiň hödürlän *geliosentrik ulgamyny-da Günüň daşynda Merkuriý, Wenera, Ýer, Mars, Ýupiter, Saturn aýlanýar*.

Ilki bilen bellemeli zat, Kopernik dünýäniň gurluş ulgamynynda adam baş roly ýerine ýetirýär diýen garaýyşdan el çekýär. Ol kitabynda: «*Eger Ýer Älemiň merkezi däl bolsa, onda Ýerde ýaşayan adam hem Hudaý tarapyndan döredilen dünýäde baş we ýeke-täk jandar dälidir. Adam – bu dünýäniň bir bölegidir, onuň Älemdäki ähmiýetini täzedan kesgitlemelidiris*» diýip ýazýar. Ol bu pikiri aýdyp raýatlyk batyrçaýlygyny görkezdi.

Dünýäniň täze ulgamynyň tassyklanmagy köp asyrlar bäri dowam edip gelýän Aristoteliň we Ptolemeýiň abraýyndan el çekmekligi talap edýärdi. Iki mün ýyllap ähli alym-astronomlaryň ynanyp gelen nazaryýetine ýalňyş diýip aýtmak bilen Kopernik örän batyrçaý garaýyş bilen çykyş etdi. Kopernik öz pikiriniň dogrulygyna ynanýardy.

N.Kopernik öz hasaplamalarynda planetalar we olaryň hemralary tegelek orbitalar boýunça aýlanýarlar diýip hasap etdi. Şoňa görä-de, onuň alan netijeleri astronomiki gözegçilikler netijesinde alnan magumatlar bilen gabat gelmedi. Soňra

Iogann Kepler bu orbitalaryň elliptikdigini subut etdi we nazaryýet bilen tejribe maglumatlarynyň gabat gelmegi gazanyldy.

Köpernigiň işi ylmyň önünde, ilkinji nobatda astronomiýanyň önünde aşakdaky meseleleri goýdy:

- nazaryýeti tejribede barlamak meselesini;
- nazaryýetiň tejribe bilen gabat gelmezliginiň sebäplerini anyklamak meselesini;
- umuman dogry bolan nazaryýeti takykklamak meselesini.

Kopernigiň garaýşy planetalary öz aralarynda näme baglanyşdyrýar, olar nähili we name üçin aýlanýarlar diýlen soraglara nazaryýete esaslanyp jogap berilmegi talap edýärdi. Bu soraglara jogap bermek üçin mehanikany ösdürmek gerekdi, esasan hem, gadymy dünýäniň mehanikasy bolan statikany däl-de, täze ylmy – dinamikany ösdürmelidi. Bu zatlary etmek üçin bolsa tejribe we matematiki üpjünçilik gerekdi.

Dörän kynçylyklaryň netijesinde Kopernigiň modeliniň dünýäde ykrar edilmegi köp ýyllara çekdi. Bu göreş orän agyr boldy we köpsanly gahrymanlary öňe çykardy. Şeýle gahrymanlaryň biri Žordano Bruno boldy.

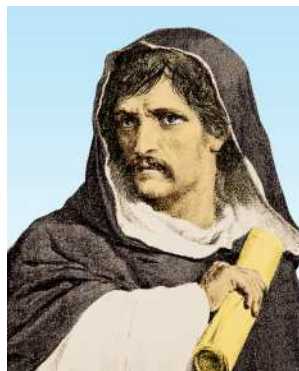
### 5.3. Täze ylmy dünýägaraýşy (geliosentrik ulgam) ugrunda göreş

---

**Jordano Bruno (1548–1600 ý.)** – italiýaly monah-dominikanly, filosof-panteist, şahyr, köpsanly traktatalaryň awtory, Galkynyş döwrüniň görnükli akyldary hasaplanýar, Neapolyň golaýynda Nola-da doguldy (20-nji surat).

---

J. Bruno köp ýerlerde leksiýalary okapdyr, kitaplaryny çap edipdir. J. Bruno birnäçe rewolýusion kosmologik nazaryýetleri öňe sürdi. Ol Demokrit-Epikuryň filosofiyasyny goldapdyr. J. Bruno sholastlara we Aristoteliň sholastik garaýşyna garşy bolupdyr. J. Bruno täze dünýägaraýşy, ýagny buthananyň sholastik garaýşyndan düýpli tapawutlanýan garaýşy wagyz edipdir, bu bolsa buthana ýaramandyr. J. Bruno şol döwürde höküm sürýän dünýäniň gurluşy baradaky Aristotel–Ptolemeýiň geosentrik ulgamyna garşy bolupdyr we Kopernigiň garaýyşlaryny goldapdyr. Ol Kopernigiň pikirleri absolýut gutarnykly däl hasaplady we onuň pikirlerini giňeltdi, ondan filosofik netijeleri çykardy we häzirki wagtda ylymda gürrüňsiz kabul edilen garaýyşlary – Älem tükeniksiz; ýyldyzlar uzakda ýerleşen Günler; Älemde Güne meňzeş tükeniksiz köp jisimler bar; hereketiň göräligi barada – hödürledi.



20-nji surat.  
Jordano Bruno

J. Bruno Wenesiýa şäherinde inkwizisiýa tarapyndan tussag edilýär we 7 ýyl türmede oturýar. J. Bruno 1600-nji ýylyň 17-nji fewralynda Rim şäheriniň Guller meýdançasynda otda ýakylýar. Bu ýerde häzirki wagtda onuň ýadygärligi oturdylan. XX asyrdan katolik buthananyň ýolbaşçysy papa Ioanna-Pawel II göýberilen ýalňyşlyk üçin ötünç sorady.

Ylmyň ösüşiniň Kopernikden soňky döwrüniň beýleki ugry, gözegçilik astronomiýasy bilen baglanyşyklydyr. Bu ýerde daniýaly astronom Tiho Brageni (1546-1601 ý.) ýatlamak gerek. Ol Kopernigiň nazaryýetini kabul etmän, tejribe taýdan esaslandyryjak bolup köp astronomik gözegçilikleri geçirdi we maglumatlary toplady. Bu maglumatlary soň onuň okuwçysy I. Kepler ulandy.



21-nji surat.  
Iogann Kepler

**Iogann Kepler (1571–1630 ý.)** – nemes astronomy (21-nji surat), matematigi, optigi, asman mehanikasyny esaslandyryjylaryň we Gün ulgamynyň planetalarynyň hereket kanunlaryny açyjylaryň biri. 1571-nji ýylda ýönekeý esger bolup gulluk eden, garyp dworýanyň maşgalasynda eneden dogulýar. Ol monastyr mekdebi gutarýar. Soňra Týubingen dini akademiýasynda okaýarka Kopernigiň kitaby bilen tanyşýar we astronomiýa bilen gyzyklanyp başlaýar. Akademiýany gutarandan soň ol matematikadan we filosofiýadan okadýar. Goroskoplary düzüp gazanç edipdir.

XVII asyryň başynda Kepler katoliklerden gaçyp Wengriýa geçýär, soňra 1601-nji ýylda Praga geçýär. Bu ýerde I. Kepler astronom Tiho Brage bilen Praga uniwersitetinde bir ýyla golaý bile işleýär.

Kepler bütün ömründe maddy kynçylyga sezewar bolup geçdi. Germaniýada Otuz ýyllyk urşuň gidýänligine görä, oňa aýlyk bermeyärdiler. Kepler 1630-njy ýylda garyplykda we sergezdançylykda aradan çykýar.

Kepleriň birinji kitaby 1597-nji ýylda «*Kosmografik syr*» ady bilen çap edildi. Bu işinde, sanlaryň ägirt uly güýji barada pifagorlylaryň täsiri astynda bolup, Kepler planetalaryň orbitalarynyň arasyndaky san gatnaşygy tapmaga degişli meseleleri çözmäge synanyşdy. Sanlaryň dürli kombinasiýalaryny ulanyp, ol planetalaryň Günden uzaklygyny hasaplamaga mümkinçilik berýän geometrik shemany döretdi. Bu işi Kepler daniýaly alym Tiho Brage we G. Galileýe iberýär. Öz döwründe Kopernigiň taglymatyny kabul etmedik T. Brage Kepleriň bu işine göwünsiz seredýär, ýöne onuň hasaplamak boýunça ajaýyp başarnygyny ýüze çykarýar. T. Brage Kepleri özüniň Uranienburg astronomik şäherjigine işlemäge çagyýar.

Katolik buthananyň yzarlamagy netijesinde watanynda ýaşamagyň kynlaşandygy sebäpli, Kepler Tiho Brageniň teklibini kabul edip, 1601-nji ýylda Praga şäherine gidýär.

T. Brage aradan çykandan soň I. Kepler T. Brageniň 35 ýyllap toplan astronomik gözegçilikleriniň maglumatlaryna eýe bolýar. Bu materiallary gaýtadan işläp we nazary umumlaşdyryp Kepler asman mehanikasynyň üç esasy kanunyny döredýär, bu kanunlar häzir onuň adyny göterýär. Bu kanunlaryň ikisi 1609-njy ýylda «*Täze astronomiýa*» traktatynda, üçünjisi 1619-njy ýylda «*Dünyäniň sazlaşygy (garmoniýasy)*» traktatynda çap edildi. Bu kanunlar Nýutonyň açyşlaryna uly ýardam etdi.

Kepleriň esasy üstünligi, onuň geliosentrik ulgamda planetalaryň hereket nazaryýetini döredenligidir:

*Kepleriň birinji kanuny: planetalar fokuslarynyň birinde Gün bolan elliptik orbitalar boýunça Günüň daşynda aýlanýarlar. Uzak wagtyň dowamynda köp alymlar Kopernige görä planetalar Günüň daşynda tegelek orbitalar boýunça aýlanýarlar diýip hasap edýärdiler.*

*Kepleriň ikinji kanuny: deň wagat aralygynda Güni we planetany birleşdirýän radius-wektor deň meýdanlary çyzýar. Planetalar orbita boýunça deňölçeşsiz hereket edýärler; Güne golaýlaşdygyça olaryň tizlikleri artýar; uzaklaşanda bolsa – meýdanlar kanunyna laýyklykda tizlikleri kiçelýärler (22-nji surat).*

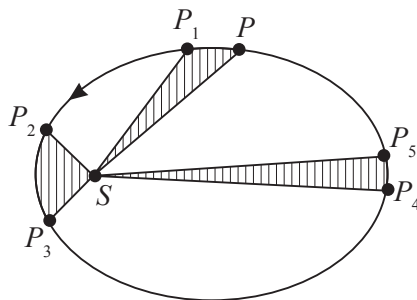
*Kepleriň üçünji kanuny: ähli planetalar üçin orbitalaryň radiusynyň kubunyň planetalaryň aýlanma periodynyň kwadratyna bolan gatnaşygy hemişelik ululykdur*

$$\frac{R^3}{T^2} = \text{const},$$

bu ýerde  $R$  – orbitanyň radiusy;  $T$  – aýlanma periody.

I. Kepler tarapyndan planetalaryň Günüň daşynda aýlanmak kanunlarynyň açylmaklygy astronomik gözegçilikleriň Kopernigiň nazaryýeti bilen gabat gelmezligini aradan aýyrdy.

Kepler optika degişli «*Wetello goşmaçalar*» we «*Dioptrika*» (1611 ý.) işlerini ýazdy. Ol bu işlerinde kamera-obskuryň nazaryýetini, şowalygy we uzakdan gowy görüjiligi dogry düşündirýär, öz döreden teleskopynyň (*Kepleriň teleskopy*) gurluşyny beýan edýär, linzalarda we linzalar ulgamynda şöhleleriň geçişine seredýär, şöhle optiki has dykyz gurşawdan az dykyzlykly gurşawa geçende doly içki serpikmäniň döreýändigini gördi, tekiz – güberçek we iki tarapy güberçek linzalaryň fokus aralyklaryny tapýar. I. Kepler: «*Şekil gözün setçatkasynda döreýär; göreç bolsa linzanyň roluny ýerine ýetirýär*» diýmek bilen, görejiň nazaryýetini döredti. Şol bir wagtyň özünde ol ýagtylygyň döwürleme kanunyny döredip bilmedi.



22-nji surat. Kepleriň ikinji kanuny



Keplerin matematika degişli işleriniň has bellisi «*Rudolfyň tablisalary*» – planetalaryň astronomik tablisydyr. Kepler bu kitabyň üstünde 20 ýyl işledi. Bu kitap imperator Rudolf II-niň hormatyna, onuň ady bilen atlandyryldy. Bu tablisa iki asyryň dowamynda deňizçilere we astronomlara, kalendar düzüjilere hyzmat etdi we diňe XIX asyrdaky has takyk tablisa bilen çalşyldy. Kepler koniki kesikler nazaryýetini, logarifmler nazaryýetini işläp düzmeklige uly goşant goşdy, integral hasaplamlary işläp düzmeklige we ilkinji hasaplaýjy maşyny oýlap tapmaklyga ýardam etdi.

XVIII asyryň ahyrynda – XIX asyryň başynda asman mehanikasynyň ägirt uly üstünlikleri netijesinde katolik buthana öz ýalňyşlygyna düşündi. 1822-nji ýylda «*Gadagan edilen kitaplaryň indeksleri*» kongregasiýasynyň çözgüdi bilen Koper-niň kitabyna, şeýle hem Galileýiň we Keplerin eserlerine bolan gadagan edilme aýryldy.

#### 5.4. XVI-XVII asyrlarda akyl ýetirişin ylmy-usulyýet garaýyşlary

Ylmy pudakda XVII asyryň esasy gapma-garşylygy, ol hem tebigy bilimlerin köp pudaklary, aýratyn-da, fizika, tehnologiýa bilimleriniň ýokary derejeleri bilen deňeşdirilende, düýpli yza galýardy. Tehniki tejribelere çalt düşünmek üçin inženerlere we konstruktorlara ylmy görkezmeler gerekdi.

Görkezilen gapma-garşylygy çözmeklik tehniki tejribäni ylmy taýdan umumlaşdyrmak, şeýle hem tejribe we nazary derňewler ýoly bilen amala aşyrylyp bilner. Tejribe barada aýdanymyzda bolsa, onda XVII asyryň alymlary ony ölçeg usullaryny döretmek we kämilleşdirmeklige, täze fiziki abzallary ýasamaklyga gönükdirdiler. Nazaryýet barada aýdanymyzda, onda XVII asyryň fizikleri käte örän dogry ýaly, owadan we şowly, ýöne amaly çykyşy bolmadyk, diňe hil çaklamalaryny döredip bilýärdiler. Olar nazary meseleleri matematiki görnüşde beýan edip bilmeýärdiler. Şeýle mümkinçilik asyryň aýagynda diňe 1687-nji ýylda I.Nýutonyň «*Natural filosofiýanyň matematiki başlangyçlary*» atly işi çap edilenden soň döredi. Häzirikçe bolsa fiziki nazaryýetiň derejesi fiziki tejribäniň derejesinden has aşakdady. Ine, näme üçin, seredilýän döwürde fizikanyň ösüşiniň baş ýoly tejribäniň üstünden geçdi? Frensis Bekon muňa özüçe, ylym bilen ýörite taýýarlygy bolman, ýüzleý gyzyklanýan adam ýaly düşündi. Ylmyň meselelerine, ony guramaýyş usullaryna we ösüşine bolan öz garaýyşlaryny ol «*Täze organon*» («*Täze usul*») (1620 ý.) işinde beýan etdi.

F.Bekon «*Täze organon*» işinde uniwersitet ylymlarynyň peýdasyzdygyny, olaryň tehniki ösüşden has yza galýandygyny görkezýär. Munuň sebäpleri näme? F.Bekon onuň sebäbi ylmyň usulynyň we onuň maksatlarynyň nädogrulygyny, dindarlar we sholastlar tarapyndan ylmy ösüşe garşylyk görkezmekde, abraýly alymlara baş egmekde we döwrüň ruhuna düşünmezlikde, diýip hasap etdi.



**Frensis Bekon (1561–1626 ý.)** – Angliýanyň görnükli döwlet işgäri, lord-kansler, filosof, empirizmi esaslandyryjy (23-nji surat).



23-nji surat.  
Frensis Bekon

Mundan çykmagyň ýollary nähili? F. Bekona görä gadymyýetiň mirasyna ýüz tutmaklyk bu meseläni çözüp bilmez, sebäbi Aristoteliň filosofiýasy din bilen örän garyşan. Ylmyň maksadyny ol: «*Sholastlaryň peýdasyz akyl satmalarynda däl-de, adamyň täze açyşlary etmeginde we maddy nygmatlary döretmeginde*» görýär. «*Ylmyň bu maksady ýerine ýetirmegi üçin, ylma dogry usul we ylmy dogry guramak bilen kömek etmek gerek*» diýdi.

F. Bekon özüniň usulynyň esasy edip *tejribäni* alýar, ýagny oňa görä ylmy akyl ýetiriş usulyýetiniň (metodologiýasynyň) baş serişdesi *tejribedir*. Hakykata ýetmek üçin ylmyň köp tejribe maglumatlaryny toplamagy zerurdyr we muňa her bir alym ymtymalydyr. Bu ýolda oňa akyl ýetirişiň baş usullary: *induksiýa we deduksiýa* ýoldaş bolmalydyrlar. Bekon maglumatlary tejribe taýdan umumylaşdyrmaklygy öz usulynyň sütüni hasaplady.

F. Bekon öz döwrüniň ähli alymlaryny iki topara bölýär: *empirikler* (tejribäni bilimiň çeşmesi diýip hasap edýän akyl ýetiriş nazaryýetiniň tarapdarlary) we *dogmatikler* (dogmatik - dogma daýanýan, tankydy däl pikirlenişi bolan adam). Olaryň birinjileri, garynjalara meňzeşlikde maglumatlary ýygnaýarlar, ikinjileri, möýe meňzeşlikde, öz-özlerinden mata dokaýalar. Ylymda bolsa, F. Bekona görä, ary ýaly işlemeli, daşky dünýäden materiýaly alyp we ony öz başarnygyňa görä gaýtadan işlemek gerek. *Tejribäniň we akylýň aýrylmaz bileleşigi F. Bekonyň ylmy usulyýetiniň (metodologiýasynyň) başlangyç nokadydyr.*

F. Bekon tebigat bilimlerine induktiw usulyň ulanyşyny ösdürdi. Emma, ol induksiýanyň nazary derňewsiz, matematikasyz doly dälidigini we kämil dälidigini görýärdi. Ol: «*Fiziki hadysalar matematiki beýan edilende tebigy derňewler has-da öňe gidýär*» diýip ýazypdy.

Nazaryýetiň dogrulygynyň baş ölçegi hökmünde, F. Bekon, onuň amalyýetde ulanmak mümkinçiligi, diýip hasap etdi. Ýöne Bekon çakli praktisizme (tejribe-parazlyk, nazaryýeti äsgermezlik) garşy bolup: «*Açylan we kesgitlenen aksiomalar amalyýetde ýüzleý däl-de, köpsanly ulanyşyny tapmalydyr*» diýip belläpdir. Ol *agnostisizme* (dünýä akyl ýetirip bolmazlyga) ýiti garşy bolupdyr. Bekonyň belleýşine görä: «*Barlag edýänler haýsy bolsa-da bir soraga düşünmän ýa-da öwrenmän, tebigatyň inçeligine we aýdyň dälidigine, adam aňynyň gowşaklygyna salgylanyp, akyl ýetirmegiň mümkin dälidigi barada aýdýarlar. Şeýlelikde, olar öz*

*açýslarynyň gowşaklygyny tebigatyň özüne garşy töhmele öwürýärler».* Bekonyň özüniň fiziki garaýyşlary barada aýdanymyzda, ol atomistikanyň tarapdarydy.

F. Bekon «*Täze organon*» («*Täze usul*») kitabynda ylmy ösüş barada filosofiki pikir ýöretmelerini beýan etdi. Ol sholastikany düýbünden inkär edýär we sholastika akyl ýetirmek prosesini togtadýar diýýär.

Bekonyň pikirine görä adamyň aňy akyl ýetiriş prosesinde, adama mahsuz bolan köpsanly kynçylyklara sezewar bolýar. Bu kynçylyklary ol «*arwahlar*» diýip atlandyryýar. Bekon adamyň aňyndaky «*arwahlary*» aşakdakylara bölýär:

- «*Nesil arwahlarynyň*» döremeginiň sebäbi, adamyň aňy ýekeleýin maglumatlary umumylaşdyrmaklyga aňsat ýygryn edýär. Bu esasyda adam hakykat bilen elmydama gabat gelmeýän netijelere gelýär. Adam inertli, ol ynanan zadýndan aňsat ýüz öwürmeýär. Adam özüni duýdansyz haýran edýän zada has duýgur bolýar. Kiçi üýtgeşmeleri duýmaga mümkinçilik bermeýän duýuş organlarynyň kämil dälligi hem «*nesil arwahlaryna*» degişlidir;

- «*Gowak arwahlary*» adamyň indiividual hasaba alýan zatlary bilen baglanyşyklydyr. Käbir adamlar gadymyýete, milli zatlara, käbirleri täzelige, moderne ýygryn edýärler;

- «*Bazar arwahlary*» jemgyýetçilik pikiri bilen döreýär;

- «*Teatr arwahlary*» agalyk sürýän nazaryýetler bilen baglanyşyklydyr.

Bekona görä dogry barlag usuly, adamyň aňyny bu «*arwahlardan*» azat bolmaga kömek etmelidir. Bu usulyň esasy edip ol *tejribäni* goýýar.

Ylmyň ösüşiniň metodologik soraglary bilen R. Dekart hem gyzyklandy. Onuň filosofik we fiziki garaýyşlary bilen tanyşalyň.

Häzirki zaman ylmynda *induktiv usul* bilen bir hatarda *deduksiýa usuly* hem giňden ulanylýar, ýagny azsanly umumy prinsiplerden dürli hususy netijeler getirilip çykarylýar. Bu usul gadymy Gresiyada dörän hem bolsa, ony Rene Dekart tebigat bilimleri üçin ulanar ýaly, ilkinji gezek doly esaslandyrdy.



24-nji surat.  
Rene Dekart

**Rene Dekart (1596–1650 ý.)** (latynça ady Karteziý) – fransuz filosofy, fizigi, matematigi, mehanigi, fiziolog, analitik geometriýany esaslandyryjy. Ol Turyň golaýynda Lae obasynda belli, emma baý däl maşgalada eneden dogulýar (24-nji surat). 1614-nji ýyldan başlap ol Puate uniwersitetinde lukmançylygy, hukugy öwrenýär we iki ýyldan soň bakalawr bolýar. Dekartyň kitaplary katolik buthana tarapyndan gadagan edilen kitaplaryň sanyna goşuldy. Emma, onuň garaýyşlary gowşaman, tersine, has-da, giň ýaýrady. Hatda döwlet ýolbaşçylary ondan filosofiýany öwrenmeklige çalyşýardylar. Onuň filosofiýasy köp ýyllaryň dowamynda ylmyň esaslarynyň biri boldy.

Onuň: «*Ähli giňişlik, elmydama hereketde bolan materiýa bilen doldurylandyr*» diýen garaýyşy, öz döwri

üçin gürrüňsiz, öňdebaryjy garaýyşdyr. Ýöne ol fiziki hadysalary düşündirende ýalňyşlyklary goýberdi.

Dekart *filosof* hökmünde *rasionalist* (pikiri aňyň ýeke-täk çêşmesi hasaplaýan *filosofiki akymyň tarapdary*) we käbir derejede sholast. Ol *deduktiv usuly* işläp düzdi (bu usula *analitik* ýa-da *rasionalistik usul* hem diýýärler). *Deduktiv usul* ulanylanda Dekart aşakdaky *derňew usullaryny* ulanmaklygy maslahat berýär:

- Aýdyňlyk bilen akyl ýetirmedik zadyňy, hiç haçan hakykat diýip kabul etmeli däl;
- Barlag edilende başlangyç ýagdaý hökmünde diňe hakyky, absolýut takyk, akyl we logika bilen subut edilen, ynamsyzlyk döretmeýän bilimi ulanmaly;
- Ýatdan çykarylan zatlaryň ýoklugyna ynamlylyk bolar ýaly, elmydama edilmeli işleriň sanawyny örän doly düzmeli. Şoňa görä-de derňewiň yzygiderligini we logiki baglanyşygyny berk saklamaly, derňew etmekligiň logiki yzygiderliginiň ýekeje zynjyryny hem galdyrmaly däl;
- Çylşyrymly meseläni aýratyn, has ýönekeý meselelere bölmeli;
- Kesgitli pikirleniş tertibini saklamaly, has ýönekeý we has aňsat akyl ýetirilýän işlerden başlamaly we has çylşyrymly zada akyl ýetirmeklige kem-kemden geçmeli, ýagny yzygiderlikde belli we subut edilen soraglardan näbelli we subut edilmedik soraglara geçmeli.

R. Dekart *induksiýany* hem inkär etmedi.

Dekart akyl ýetirmäniň serişdesi we hakykatyň ölçegi (kriteriýasy) hökmünde tejribäniň uly ähmiýetiniň bardygyna gowy düşünmek bilen: «*Men nähili derejede tejribeleri geçirýänligime baglylykda, tebigata akyl ýetirmede indi çalt ýa-da haýal hereket ederin. Tejribe maňa zerur bolan başlangyç maglumatlary berýär, şeýle hem ol alnan netijeleriň dogrulygyny barlamaga mümkinçilik berýär*» diýip belleýär.

Ylmyň ähmiýetine, ony ösdürmegiň ýollaryna, ylmy barlaglaryň usulyna bolan öz garaýyşlaryny Dekart: «*Akylly dolandyrmak üçin düzgünler*», «*Filosofiýanyň başlangyçlary*», «*Dünyä*», «*Usul barada pikir ýöretmeler*» işlerinde beýan edýär. Ol bulardan başga «*Dioptrika*», «*Meteorlar*» we «*Geometriýa*» kitaplaryny hem ýazdy.

Dekartyň *ylmy usulyýetinde* (metodologiýasynda) esasy zat – ýönekeýligi we anyklygy talap etmek, logiki ýol we matematik subutnama bilen esasy garaýyşlardan netijeleri almak. Dekart *agnostisizme* garşy ýiti garşy bolýar. Dekarta görä, esas hökmünde, hökman tejribeden gelip çykýan, has ýönekeý we anyk kesgitlemeler alynmalydyr.

Özüniň usulynda Dekart matematika birinji derejeli ähmiýet berdi. Ol: «*Ylmy barlaglarda geometriýanyň usullaryndan hem peýdalanmak gerek*» diýip belläpdir.

Hereketi derňemeklige matematikany ulanmak üçin, Dekart oňa üýtgeýän ululyklary girizýär, geometrik şekilleriň we algebraik deňlemeleriň arasyndaky

laýyklygy kesgitleýär. Şeýlelikde, ol analitik geometriýanyň başlangyjyny goýdy we ony «*Geometriýa*» kitabynda beýan etdi.

Dekartyň üýtgeýän ululygy matematikada öwrülişikli nokat boldy. Bu sebäpli matematika *hereket* we şonuň bilen birlikde *dialektika* girdi we şunlukda *differentiál* we *integral* hasaplamalar zerur boldy.

*Fizikada Dekart has şowsuz pikirleri aýtdy.* Ýagny ol şarlaryň çaknyşmasynyň öwrenip, çaknyşmanyň 9 sany düzgünini hödürledi. Olaryň diňe biri tejribe bilen ylalaşýardy. Dekartyň hödürlän dartylma modelinde ähli giňişligi dolduryp duran material tüweleýler ulanylýar. Bu modeliň absolýut fantastik häsiýetdedigine garamazdan Nýutonyň bütindünýä dartylma nazaryýeti onuň bilen agyr çekeleşmeli boldy.

Dekart tizligi položitel ululyk diýip hasap edip, ýalňyşýar. Dekart *hereket mukdary* düşüňjesini girizdi. Hereket mukdarynyň wektor ululykdygyny hasaba alman, ol hereket mukdarynyň saklanma kanunyny nädogry kesgitledi. Şeýle hem ol ýagtylygyň döwürleme kanunyny dogry kesgitlep bilmedi. Älemgoşaryň döreýşini bolsa ol dogry düşündirdi.

Dekartyň dünýä bolan garaýyşlary: «*Älemi düzýän ähli jisimler, tükeniksiz bölünýän we hakykatda köpsanly böleklere bölünen, şol bir materiýadan ybaratdyr. Giňişlik materiýanyň häsiýetleriniň biridir. Ýeke-täk hereket mehaniki hereketdir*» diýen pikirde jemlenipdir. Mehanikanyň kömegi bilen Dekart tebigatyň ähli hadysalaryny düşündirmäge synanyşdy. Şeýlelikde, ol *mehanistik materializme* geldi.

Dekartyň material dünýäniň birligi baradaky garaýyşlary, ony XVII asyryň täze filosofiyasynda dialektikanyň ajaýyp wekili diýip atlandyrmaga mümkinçilik berýär.

Dekartyň alymlar tarapyndan häzir hem ulanylýan filosofiki şygary «*Hemme zada ynamsyz gara*» bolmak bilen, *ol skeptisizmiň (obýektiw dünýä akyl ýetirip boljakdygyny inkär edýän idealistik filosofik akym)* tarapdary bolupdyr. Onuň filosofiyasyna eýerijilere *kartezianslar* diýilýär.

## 5.5. XVI–XVII asyrlar ylmynyň umumy häsiýetnamasy

Indi, XVI–XVII asyrlar ylmyna umumy häsiýetnama bereliň.

F.Bekon ylmy we ylmy edaralaryň guramalaryny maliýeleşdirmek boýunça köp pikirleri aýtdy. Hakykatdan hem, jemgyýet üçin ylmy ösdürmekligiň has zerurlygy XVII asyrdaky ylmy jemgyýetleriň we akademiýalaryň döredilmegine getirdi.

*Ilki bilen bilimiň obýektiwleşendigini* bellemek gerek. Ylmy antik ýa-da orta asyr döwründäki ýaly hyýaly garaýyşlara esaslanman, obýektiw kanunlara has köp daýanyp başlady.

XVI–XVII asyr ylmynyň *ikinji* aýratynlygy antik ylmyna näbelli bolan *derňew etmegiň tejribe (eksperimental) usullarynyň* girizilmegidir.

XVI–XVII asyr ylmynyň *üçünji* aýratynlygy onuň *institutlaşmagydyr*, ýagny esasy meselesi ylym, şol sanda fizika bilen iş salyşýan guramalaryň döremegidir. Şeýle guramalaryň biri hem, ylymlar akademiýasydyr.

1645-nji ýyldan başlap Londonda tebigat ylymlaryny söýüjileriň gurnagy döredilýär. Bu gurnak 1662-nji ýylyň 28-nji noýabrynda *London Korollyk jemgyýetiniň (LKJ)* derejesini alýar. Onuň agzasy bolup, belli fizikler Robert Boýl, Robert Guk we beýlekiler girdiler. Bu gurama häzirki döwürde *Beýik Britaniýanyň Milli Ylymlar akademiýasy* diýilýär. *LKJ-de* Robert Guk tölegli esasyda tejribeleri geçirmegiň kuratory wezipesinde işläpdir. Gukuň gulluk wezipesi *LKJ-niň* her hepdede geçirýän ýygnaclarynda tejribeleri taýýarlamak we olary geçirmek bolupdyr.

Bu döwürde iňlis fizigi we himigi R.Boýl öz serişdeleriniň hasabyna, barlaghanalary we ussahanalary bolan, dünýäde *ilkinji ylmy-barlag institutyny* döredýär.

1666-njy ýylda Lýudowik XVI Fransiýada *Pariž Ylymlar akademiýasyny* döretdi. Onuň ilkinji agzalary Hristian Gýuýgens, Jowanni Kassini we beýlekiler boldular. Bu akademiýanyň ady taryhda birnäçe gezek üýtgedildi. Bu akademiýa häzirki döwürde hem işeň işleýär.

Italiýa Ylymlar akademiýasynyň ykbaly başgaça boldy. Bu akademiýany ilki başda *tejribeleriň Akademiýasy (del Çimento)* diýip atlandyrdylar. Ol 1657-nji ýylda Italiýada (Florensiýada) Leopold Mediçi tarapyndan esaslandyryldy. Onuň ilkinji agzalary G.Galileý we onuň okuwçylary—E.Torriçelli, W.Wiwani we beýlekiler boldylar. 10 ýyldan soň Rim-katolik ybadathanasynyň iň ýokary baştutanynyň (Rim papasynyň) tarapdarlarynyň talap etmegi boýunça bu gurama 1667-nji ýylda ýapylýar. Şol döwürden başlap italýan ylmy özüniň dünýä meşhurlygyny ýitirdi.

Häzirki wagtda Italiýada (Rimde) *de Linçei Milli akademiýasy*, ýagny «*syçan gözlüler*» akademiýasy hereket edýär. Beýle adyň berilmegi dünýä akyl ýetirmegiň gizlin syrlary bilen iş salyşýan alymlaryň aýratyn (syçana mahsus bolan) görejiniň bardygyna minnetdarlyk nyşany bilen baglanyşyklydyr. *De Linçei Milli akademiýasy* 1871-nji ýylda korol Wiktor Emma-nuil II-niň Permany bilen döredildi.

1672-nji ýylda G.Leýbinisiň tagallasy bilen Germaniýada *Berlin Ylymlar akademiýasy* döredildi.

*Rus Ylymlar akademiýasy* (döredilen wagtynda – *Peterburg Ylymlar akademiýasy*, sowet hökümeti döwründe – *SSSR Ylymlar akademiýasy*) Pýotr I-niň Permany bilen 1724-nji ýylyň 28-nji ýanwarynda (8-nji fewralynda) döredildi we bir ýyldan soň, Pýotr I aradan çykandan soň, işläp başlady. Häzirki ady oňa 1991-nji ýylyň 21-nji noýabrynda dakylady. Häzirki döwürde bu gurama, dünýäde has abraýly alymlary birleşdirýän guramadyr.

Ýeri gelende aýtsak 1941-nji ýylda Türkmenistanda öňki SSSR Ylymlar akademiýasynyň Türkmen şahamçasy we iki laboratorýadan (silikat we fiziki-tehniki) ybarat bolan Fiziki-tehniki instituty döredildi. Türkmenistan SSR Ylymlar akade-



miýasy SSSR Ylymlar akademiýasynyň Türkmen şahamçasynyň esasynda 1951-nji ýylyň 29-njy iýunynda döredildi (*21-nji baba seret*).

Şeýlelikde, XVII asyryň fizikasynyň maddy taýdan üpjünçiligi artdy. Ylmy barlaglara uniwersitetler hem çekilip başlandy. Munuň şeýle bolmagynda F. Bekonyň hem käbir kesgitli hyzmaty bar, ýöne bu «onuň öňünden aýdyşy ýaly ylym ösüpdir» diýip aýtmagy aňlatmaýar. Ýöne F. Bekon, öz döwrüniň öňdebaryjy adamy hökmünde, ylmyň jemgyýet üçin ähmiýetine dogry düşündi, ylmyň ösmeginde tejribäniň we amalyýetiň ähmiýetini dogry bahalandyrdy.

XVI – XVII asyrlaryň bütin dowamynda ylmy maglumatlar çägindäki ýagdaý bütinleý üýtgedi. Galileý döwründe ylmy maglumatlar alymlaryň arasynda hat alyşmak arkaly, şeýle hem kitaplary çap etmek we uniwersitetlerde leksiýalary okamak bilen amala aşyrylýardy. Maglumatlary şeýle usul bilen ýaýratmaklyk kämilleşen däl diýseň, bu usul alymlary kanagatlandyрмаýardy. Täze usullar gözlenilýärdi. Meselem, akustika boýunça işleri bilen belli, alym monah Maren Mersenn (1588–1648 ý.) ylmy maglumatlary ýaýratmaklygy guramaklygy ömrüniň esasy maksady edip goýdy. Ol ähli belli alymlar bilen hat alyşypdyr we olary baglanyşdyrýan merkez bolupdyr. Ony «*adam-žurnal*» diýip atlandyrypdyrlar.

Hakyky žurnallar hem çykyp başlady. Ilkinji bolup 1665-nji ýylda *LKJ-niň «Philosophical Transaction»*, soňra Pariž Ylymlar akademiýasynyň işleri çykyp başlady. 1682-nji ýyldan başlap Leýpsigde (Germaniýa) «*Acra Eruditorum*» ylmy žurnaly çykýar. Döwürleýin neşir edilýän ylmy žurnallar häzir hem esasy maglumat çeşmeleri bolup durýarlar. Häzirki döwürde elektron tehnologiýasynyň çalt ösmekligi ylmy maglumatlary elektron maglumat serişdeleriniň (Internet ulgamy, telefon, faks, telefaks we ş.m.) kömegi bilen geçirmeklige mümkinçilik berýär.

XVI – XVII asyr ylmyny häsiýetlendirýän ýene-de bir zat, ol hem, latyn dilinden adaty dillere geçilmegidir. Ilkinji şeýle, halka ýakyn dilde ýazylan kitap Galileýiň «*Dünýäniň Ptolemey we Kopernik iki ulgamynyň dialogy*» kitabydyr.

XVI – XVII asyryň fiziki ylmyny umumy bahalandyrmak bilen, bu döwürň dünýä taryhynda *ilkinji ylmy-tehniki rewolýusiýa* döwri bolandygyny bellemek gerek. Bu döwürde ylym ilkinji gezek özüniň jemgyýetçilik aňynyň görnüşidigini we öndüriji güýçdügini yglan etdi. Has takygy, diňe şol döwürde, häzirki zaman ylmynyň esaslary, onuň usullary (ilkinji nobatda induktiw we deduktiw) goýuldy. Ilkinji ylmy-tehniki rewolýusiýa döwri köp dünýä belli alym-fizikleri berdi. Olaryň arasynda täze döwürň ylmynyň esasy goýan Nikolaý Kopernigiň adynyň bardygyny bellemek gerek.



### **6-njy bap. GALILEO GALILEÝ WE ONUŇ DÖWÜRDEŞLERI. YLMY BILIMIŇ ESASLARYNYŇ DÖREMEGI**

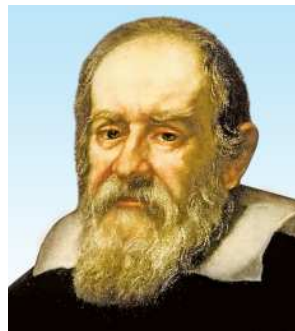
#### **6.1. G.Galileý we onuň «Dünýäniň Ptolemeý we Kopernik iki ulgamynyň dialogy» atly kitabynyň ähmiýeti**

XVI–XVII asyrdä Italiýa ylmy taýdan iň ösen ýurt hasaplanýardy. Şol döwrüň Ýewropa fizika ylmynyň iň görnükli alymlarynyň biri, Galileo Galileýdir.

**Galileo Galileý (1564 – 1642)** – beýik italiýan alymy, nusgawy mehanikany döredijileriň biri, 1564-nji ýylyň 15-nji fewralynda Piza şäherinde baý däl maşgalada eneden doguldy (25-nji surat).

Onuň kakasy Winçenso Galileý sazanda, sungaty öwreniji, kompozitor hatda matematik hem bolupdyr. 1575-nji ýylda onuň maşgalasy Italiýanyň iň medeni şäherleriniň biri, Galkynyş eýýamynyň köp ajaýyp adamlarynyň watany bolan Florensiýa göçüp barýar. Galileý başlangyç bilimi monastyrdä alýar.

17 ýaşynda Galileý Pizan uniwersitetiniň lukmançylyk fakultetine okuwa girýär, soňra bolsa hukuk fakultetine geçýär. Talyp döwründe ol matematikany we flosofiýany düýpli öwrenýär. Ýewklidiň we Arhimediň işleri ýaş Galileýiň ýankitaby bolýar. 1586-njy ýylda Galileý özüniň döreden gidrostatik terezileri baradaky ilkinji uly bolmadyk işini ýazýar. 1589-njy ýylda bolsa ýigirmi bäs ýaşly Galileý Pizan uniwersitetiniň matematika boýunça professory, 1592-nji ýyldan başlap bolsa ol Florensiýanyň Paduýa uniwersitetiniň professory wezipesine bellenilýär.



25-nji surat. Galileo  
Galileý

Professoryň wezipesinde işleýänligi sebäpli ol talyplara geosentrik ulgam barada aýdýardy, emma onuň özi muňa ynanmaýardy. Kopernigiň garaýyşlaryny go-ramaklygy ol möhüm, emma kyn iş hasaplaýardy we bu mesele barada jedele girişmeklige gyssanmaýardy. Galileý tejribe we bilim toplaýardy. Galileýiň Paduýa uniwersitetiniň professory wezipesinde işläň 18 ýyly onuň işiniň has döredijilikli döwri boldy. Bu ýyllarda ol mehanikanyň soraglary (jisimleriň aşak gaçmagy, olaryň ýapgyt tekizlik we gorizonta burç boýunça hereketleri), gidrostatika, ýönekeý maşynlaryň nazaryýeti we materiallaryň garşylygy bilen gyzyklanýar.

Galileý Ptolemeýiň – Aristoteliň ulgamyna garşy açyk çykyş edip başlaýar.

Italiýada Lordana Bruno jezalandyrylandan soň reaksiýa güýçler hüjüme geçdiler. Köpernigiň garaýyşynyň dogrulygyny tassyklaýan köpsanly tejribele-riň bardygyna seretmezden dünýäniň Ptolemeý ulgamynyň tarapdarlary boýun

egmeyärdiler. Olar açyk hüjüme geçip başladylar. Olar buthanalaryň münberlerinden Kopernigiň ylmy Keramatly Ýazga garşy gelýär diýip başladylar.

Galileýiň garşydaşlarynyň sany gün-günden artyp başlaýar. Käbirleri Galileýiň astronomik gözegçilikleriniň netijelerini esassyz, delilsiz diýip inkär etdiler, beýlekileri bolsa bu görüş turbanyň optiki ýoýulmalary diýip hasapladylar. Galileýe bolan hüjüm soňra jemagat häsiýete eýe bolup başlady. Şol bir wagtyň özünde, Galileýiň açyşlarynyň dogrulygyny tassyklaýan, barlaýjy gözegçilikler hem edildi. Bu edilen açyşlardan, indi, yüz öwürmek mümkin däl, bu bolsa Galileýiň garşydaşlaryny has-da gaharlandyrdy.

1610-njy ýyldan başlap Galileýiň durmuşynda has kyn döwürler başlanýar. 1612-nji ýylda Galileý «*Suwda ýerleşen we onda hereket edýän jisimler barada pikir ýöretmeler*» atly işini çap edýär. Bu iş Aristoteliň mehanikasyna garşy bolan işdi. Ondan soň Galileýiň «*Gün tegmilleri barada hatlar*» işi çap edildi. Bu iş Aristotel bilen göni çaknyşmady. Garşydaşlary Galileýi «*Ol Ýeriň hereket edýändigini we Güniň hereket etmeýändigini subut edýär*» diýip günäkärleýärdiler. Olar Kopernigiň taglymatynyň gadagan edilmegini talap edýärdiler.

1613-nji ýylda Galileý öz okuwçysy we dosty Benedetto Kastella (1577–1644 ý.) ýazan hatynda, bu çykyşlaryň dogry dældigini, ylymda elmydama gözleğiň bardygyny we ylmyň hereketde bolýandygyny ýazýar. 1615-nji ýylda Galileýiň bu ýazan hatyny we onuň üstüne başga töhmetleri hem goşup derňew guramasyna (inkwizisiýa) ýetirýärler. Galileý Rime gidip örän ussatlyk bilen goranýar. Emma 1616-njy ýylyň 5-nji martynda Kopernigiň «*Asman gümmezleriniň aýlanyşy barada*» kitaby gadagan edilýär we onuň ylmy garaýşy Keramatly Ýazga ters gelýär diýlip yglan edilýär. Geliosentrik taglymaty mahabatlandyrmaly däl edilýär, emma Ptolemeyi we Aristoteli tankytlamak gadagan edilmeýär. Galileýe bolsa geljekde, iň bolmanda jemagat önünde dünýäniň geliosentrik ulgamyny wagyz etmeli dældigi barada buthana tarapyndan duýduryş berildi.

1616–1623-nji ýyllar aralygynda Galileý köp işleýär, daşky dünýäden öz işleriniň netijelerini gizlin saklaýar. 1629-njy ýylda Galileý «*Dünýäniň Ptolemey we Kopernik iki ulgamynyň dialogy*» atly esasy işini ýazyp gutarýar (bu kitaby gysgaça «*Dialog*» diýip hem atlandyryýarlar). «*Dialogda*» Galileýiň 1590–1625-nji ýyllar aralygynda eden işleriniň ählisi ýerleşdirilýär.

1630-njy ýylda Galileý öz «*Dialogyny*» çap etmäge rugsat berilmegini sorap Rime gidýär. Sensor (metbugata gözegçilik etmegi amala aşyran adam) Galileýe bu kitabyň girişinde «*Kopernigiň ulgamy çaklamalaryň diňe biri*» diýip ýazmak şerti bilen kitaby çap etmeklige rugsat berýär. Galileý şeýle şerte razy bolýar we şeýlelikde, «*Dünýäniň Ptolemey we Kopernik iki ulgamynyň dialogy*» atly kitap 1632-nji ýylyň fewralynda Florensiýada çap edilýär.

Galileýiň maksady diňe astronomiki däl, eýsem mehaniki delilleri getirip Kopernigiň taglymatynyň dogrulygyny subut etmekdi. «*Dünýäniň Ptolemey we Ko-*

*pernik iki ulgamynyň dialogy*» atly kitap hakykatdan hem dialog (*dialog* – iki ýa-da birnäçe adamyň arasynda bolýan söhbet (gürrüň)) görnüşinde ýazylan.

«*Dialogyň*» mazmuny şundan ybarat. «*Dialogyň*» bolup geçýän ýeri – Wene-siýa. Köşkte dört günň dowamynda üç dost ýygmanyşyp jedel edýärler: olaryň biri *Simpliçno* (italýança – *sada* diýmek) Aristoteliň we Ptolemeýiň abraýyna daýanyp, peripatetikleriň garaýyşlaryny goraýar, ikinjisi *Salwiati* – Galileýiň garaýyşlaryny goldaýar we subut edýär, üçünjisi *Sagredo* bolsa ony makullaýar. Galileý jedel edýänleriň garaýyşlaryna «*jogapkär bolmazlyk üçin*» dialog formany ýörite saýlap aldy. Beýan edilişiň formasyna bagly bolmazdan kitapda *Salwiatiniň* nukdaýnazary has-da ynandyryjy görünýär.

«*Dialogyň*» üstünligi haýran galdyryjy boldy. Jedel edýänleriň Galileýiň dürli astronomik açyşlary baradaky söhbeti Kopernigiň nazaryýetiniň dogrulygy baradaky pikiri tassyklaýardy. «*Dialogda*» getirilýän örän ajaýyp subutnamalar we deliller Galileýiň döwürdeşlerine örän güýçli täsir edýär we bu kitap, hatda, ylymdan has daş adamlary hem gyzyklandyrýar.

Pikirdeşleri Galileýi tebigaty öwrenmekde täze eýýamyň başlanmagy bilen gutladylar, garşydaşlary bolsa Galileýi yzarlap başladylar.

Bu kitap buthana gullukçylarynda güýçli gahar-gazap döredýär. Netijede, 1633-nji ýylyň fewralynda Galileý tussag edilýär we ýarawsyz Galileýi Rime getirýärler. 1633-nji ýylyň 12-nji aprelinden 21-nji iýunyňa çenli Galileýi sud edýärler. Ertesi, 22-nji iýunda derňew toparynyň (inkwizisiýanyň) düzen teksti boýunça Galileý öz pikirinden ýüz öwürýär.

Taryhçylara Galileýiň kazyýet işinde köp zatlar näbelli bolup galdy. Emma ol kazyýetde güýçli delilleri, ýagny buthananyň kabul eden kesgitlemesini ulandy: kitapda Kopernigiň ulgamy ylmy çaklamalaryň biri hökmünde ulanylypdy. Şoňa görä-de derňew topary (ikwizisiýa) ony otda ýakmak üçin dinsiz diýip bilmedi. Kazyýetde ol «*dinsizlikde güýçli şübhelenilýän*» hasaplandy. Bu Galileýi halas etdi.

Başga döwürde ýaşaýanlar bolan biz, Galileýi pikirinden ýüz öwrenligi üçin ony ýazgarmalymy? Ýok, ol öz pikirinde galdy. Rowaýata görä, ol pikirinden ýüz öwren badyna: «*Näme diýseňizem ol aýlanýar*» diýipdir.

Galileý kazyýete çekilenden soň derňew toparynyň (ikwizisiýanyň) gözegçiliginiň astynda bolýar. Ol güýçden gaçýar, gözi görmeýär, emma işlemegini dowam etdirýär. 1638-nji ýylda (kazyýet işinden 5 ýyl soň) onuň «*Ylmyň iki täze pudagyna degişli gürrüňler we matematiki subutnamalar*» atly beýik kitaby çap edildi. Bu kitap Nýutonyň «*Natural filosofiýanyň matematik başlangyçlary*» atly kitabyň döremekligine getirdi we materiallaryň garşylyklary baradaky ylmyň esasyňy goýdy.

1642-nji ýylyň 8-nji ýanwarynda Galileý aradan çykýar. Galileý Florensiýa-da belli Santa-Kroçe kapellasynda – Italiýanyň has belli adamlarynyň jaýlanýan

panteonynda jaýlanýar. Diňe 1822-nji ýylda katolik buthana Galileýi günäkärlemek baradaky öz çözüdini ýatyrdy.

Galileý özüniň bütin ömrüniň dowamynda, köpsanly kynçylyklara garamazdan, hatda, ömri üçin howply bolsa-da, N.Kopernigiň taglymatyny goldady. Şeýle nukdaýnazara ony nämäniň getirenligine düşünmeklik örän möhümdir. Ol köpsanly tejribelerde, ilkinji nobatda özüniň geçiren tejribelerinde, alan maglumatlaryna ynanýanlygy netijesinde şeýle nukdaýnazarda boldy.

## 6.2. Galileýiň astronomiýada, mehanikada we optikada eden açyşlary

1609-njy ýylda Galileý oýuk we güberçek linzalardan ybarat bolan görüş turbasyny döredýär. Onuň turbasy 30 esse ulaldýardy. Edebiýatlarda ol ilkinji bolup görüş turbasyny astronomik gözegçilikler üçin ulanypdyr diýilýär. Emma, bilşimiz ýaly, Gündogarly alymlar bu turbany ondan has ön astronomiýada ulanypdylar.

Galileý *astronomiýada* nähili açyşlar etdi?

Ol Aýda kraterleri we Günde tegmilleri gördi. Ol Wenera planetasy edil Ýer ýaly öz okunyň daşynda aýlanýar diýdi. Galileý Saturnda bir aýratynlygyň bardygyny gördi, emma düşündirip bilmedi. Soň, Gýuýgens Saturnda halkalaryň bardygyny subut etdi. Galileý Ýupiter planetasynyň dört sany: *Io*, *Ýewropa*, *Ganimed*, *Kalipso* hemralarynyň bardygyny açdy. Olary häzir *Galileý hemralary* diýip atlandyrýarlar. Ol Ýupiter planetasy, edil Gün ulgamynyň modeli ýaly, Gün ulgamyna meňzeş diýdi. Akmaýanyň ýolunyň köpsanly ýyldyzlardan ybaratdygyny gördi. Teleskopda edilen gözegçilikler Aristotel döwründen bəri gelyän «*Aýüsti*» we «*Aýdan aşak-*



26-njy surat. Pizan diňi

*daky*» dünýäleriň birmeňzeşdigini görkezdi. Bularyň hemmesi Aristoteliň garaýyşlaryna garşy gelyärdi we Kopernigiň ulgamyny tassyklaýardy. Ol bu işleriniň netijelerini «*Ýyldyz habarlary*» kitabynda çap edýär. Bu kitap onuň döwürdeşlerine haýran galdyryjy täsir edýär. Galileýi «*Asmanyň Kolumby*» diýip atlandyryp başladylar.

Indi Galileýiň esasy üstünligi bolan *mehanika* boýunça geçiren tejribelerine seredeliň. Pizan uniwersitetinde işlän döwründe Galileý «*ýapgyt*» *Pizan diňinde* jisimleri aşak oklamak bilen, jemagat önünde özüniň ajaýyp tejribelerini geçirdi. Galileý bu tejribeleri aşak gaçma tizliginiň jisimiň agramyna baglylygy baradaky Aristoteliň taglymatyny ýalana çykarmak üçin geçirdi.

Galileý *ýapgyt Pizan diňinden* (26-njy surat) birmeňzeş ölçegli çoýun we agaç şarlary aşak oklaýar we şarlaryň tizlikleriniň, aşak gaçma wagtynyň dowamynda geçen ýoly

bilen gaçma wagtyň arasyndaky gatnaşyklara baglylygyny tapyp, ol aşak gaçma tizliginiň agyrlyk güýjüne bagly dældigini subut etdi. Gaçma wagtyň uly bolmadyk tapawudyny Galileý howanyň garşylygy bilen düşündirdi.

Şeýle tejribeler Galileýden öň hem geçirilýärdi, ýöne Galileý özünden öňküleriň göz önüne tutýan, meselem, zyňylýan jisimleriň temperaturasyny we himiki düzümini, howanyň ýagdaýyny, tejribe geçirýän adamyň saglygyny we ş.m. hasaba almady. Ol ähli ünsüni, jisimiň gaçma tizliginiň agyrlyk güýjüne bagly dældigine gönükdirdi.

Galileý inersiýa kanunynyň açylmagyna we soňra A.Eýnşteýn tarapyndan umumlaşdyrylan mehanikanyň otnositellik prinsipine geldi.

Aristoteliň mehanikasyna görä ähli ideal däl hereketler, şol sanda deňölçegli öňe bolan herket hem güýç goýulmagyny talap edýär. Bu taglymat tüpeň oýlanyp tapylýança dowam etdi. Italiýaly Nikkola Tartalya, uçýan okuň traýektoriasynyň peripatetikleriň aýdyşlary ýaly üzülýän görnüşde däl-de, bir bitewi egri çyzygy emele getirýändigini gördi. Ol Aristoteliň tarapynda galyp, muny tebigy we mejbury hereketleriň garyndysy bilen düşündirdi. Başga bir italiýaly Jambatist Benedetti (1530–1590 ý.) ondan hem öňe gidip, tizlik bilen hereket edýän jisimde saklanýan «*impeto*» (*täsir; duýgy*) barada garaýyş girizdi.

Galileý gorizonta burç bilen zyňlan jisimiň *parabola* boýunça hereket edýändigini subut etdi. Ol islendik burç we dürli başlangyç tizlikler boýunça zyňlan jisimleriň traýektorialaryny hasaplamak usullaryny berdi we jisimiň gorizonta  $45^\circ$  burç bilen zyňlanda has uzak aralyga düşýändigini kesgitledi.

Şeýlelikde, ylym inersiýa düşünjesine has golaý geldi. Ýöne, diňe Galileý «*Dünýäniň Ptolemey we Kopernik iki ulgamynyň dialogy*» atly kitabynda, biziň häzirki öwrenişen görnüşimizde bolmasa-da, *inersiýa kanunynyň kesgitlemesini berip bildi. Galileý jisimleriň öz tizligini saklama häsiýetini açyp bildi. Häzirki zaman fizikasyna görä inersiýa kanuny şeýle beýan edilýär: islendik material nokat özüniň dynçlyk ýa-da deňölçegli gönüçzykly hereket halyny başga jisimleriň täsiri ony bu ýagdaýdan çykarýança, saklaýar. Inersiýa kanunyny Galileý anyk ýagdaýlar üçin dogry ulanyp bildi, meselem, topdan atylan ýadro berlen tizlik bilen, bir wagtyň özünde ýere gaçyp, uçmagyny dowam etdirýär.*

Inersiýa kanunynyň açylmagy bilen, köp asyrlaryň dowamynda ulanylan, Aristoteliň: «*Deňölçegli hereket güýç goýulmagyny talap edýär*» diýlen garaýşynyň nädogrudygyny tassyklandy. Ýagny deňölçegli gönüçzykly hereket we şeýle hem dynçlyk ýagdaý, islendik güýçler ýok mahalynda hem bolup bilýän ekeni. Munuň diňe bir ägirt uly ylmy ähmiýeti bolman, dünýägaraýyş ähmiýeti hem bardyr. Belli bolşy ýaly, *inersial hasaplaýyş ulgamlaryna dynçlykda duran (hereketsiz) ulgamlar we hereketsiz ulgama otnositellikde deňölçegli we gönüçzykly hereket edýän ulgamlar degişlidir.* Bu ulgamlaryň deňgüýçlüligini Galileý dürli tejribeler we logiki



derňewler bilen subut edýär. Netijede, ol örän wajyp netijä, *mehaniki görälik (otnositellik) prinsipine* geldi.

Galileý bu kitabynda, Ýer hemişe hereketde bolýar, emma biz onuň bilen bile hereket edip, onuň hereket edýändigini duýmaýarys diýip ýazýar. Gäminiň otagyndaky (trýumdaky) adam bu otagda damjanyň aşak gaçýşyny, kebelekleriň we siňekleriň uçuşyny, pökginiň hereketini we ş.m. görýär. Gäminiň tizligi çaltlananda we peselende bu hereketleri synlaň. Eger hereket deňölçeqli bolsa bu jisimleriň hereketinde hiç hili üýtgeşmeleriň ýüze çykmaýandygyny görmek mümkin we bu hereketleriň hiç haýsysy boýunça, gäminiň hereketlenýändigini ýa-da hereketlenmeýändigini aýdyp bolmaz. Şeýlelikde, Galileý möhüm fiziki prinsipi – *otnositellik prinsipini* aşakdaky ýaly kesgitledi: *hiç hili mehaniki tejribe bilen ulgamyň dynçlykdadygyny ýa-da deňölçeqli gönüçyzykly hereket edýändigini kesgitlep bolmaz – bu ulgamlarda hereket birmeňzeş geçýär.*



27-nji surat. Galileýiň ýapgyt tekizlik boýunça tejribeleri

Galileý jisimiň ýapgyt tekizlik boýunça hereketini hem öwrendi (27-nji surat). Şol döwürde bar bolan abzallar bilen aşak hereketlenýän jisimiň orun üýtgame tizligini kesgitlemek üçin, gaçýşyň şertini üýtgetmän, bu tizligi ep-esli kiçeltmek zerur diýip belledi. Ýapgyt tekizligi ulanyp, Galileýe muny amala aşyrmak başardy. Galileý, ýapgyt tekizligiň uzynlygynyň beýiklige bolan gatnaşygy näçe esse bolsa, jisim ýapgyt tekizlik boýunça hereket edende togarlanma tizliginiň jisimiň dik aşak gaçýan tizliginden şonça-da kiçidigini kesgitledi.

Şeýlelikde, ol ýapgyt tekizligi ulanyp, tejribe üsti bilen jisimleriň aşak gaçma kanunyny döretdi. Ol wagty suw sagatlary bilen pulsuň 1/10 urgusy, ýagny 1/800 min takyklyk bilen ölçedi. Dürli ýapgyt tekizlikleri ulanyp, Galileý fundamental fiziki kanuny döretdi:

$$S = \frac{at^2}{2},$$

bu ýerde  $S$  – jisimiň orun üýtgetmesi;  $a$  – jisimiň tizlenmesi;  $t$  – jisimiň hereket wagty.

Şeýlelikde, Galileý ilkinji gezek deňtizlenýän hereketiň takyk kesgitlemesini berdi, bu hereketde tizligiň we ýoluň üýtgemek kanunyny tapdy. Ol şeýle hereketiň erkin gaçýan jisim üçin häsiýetlidigini görkezdi.

Galileý ilkinji bolup maýatnigiň yrgyldy periodynyň diňe asmanyň (sapagyň) uzynlygyna baglydygyny (eger sapagyň massasyny jisimiň massasy bilen deňeşdirenimizde hasaba almadyk ýagdaýymyzda) we yrgyldynyň amplitudasyna (eger ol kiçi bolsa) bagly daldigini kesgitledi. Sebäbi maýatnigiň hereketine, jisimiň töweregiň dugasy boýunça yzygider aşak gaçmagy we ýokary galmagy hökmünde seretmek bolýan bolsa, onda jisimiň aşak gaçma tizliginiň onuň agramyna bagly bolmaýan halnda, birmeňzeş uzynlykly maýatnikler jisimiň agramyna bagly bolmazdan yrgyldylarynyň deň periodyna eýe bolmaly. Şol bir uzynlykly, birmeňzeş formaly we ölçegli, ýöne agramlary boýunça dürli bolan iki sany maýatnik alyp, olaryň yrgyldy periodlarynyň birmeňzeşdigini kesgitledi. Şeýlelikde, ol agyr jisimleriň aşak gaçanda uly tizlige eýe bolýandyklary baradaky Aristoteliň garaýşyny ýalana çykardy.

Galileý ilkinji *termometri* (Galileýiň *termoskopy*) hem oýlap tapdy.

Galileýiň *optika* degişli işleri barada aýdanymyzda, ol ilkinji bolup ýagtylygyň tizliginiň gutarnykly baha eýe bolýandygyny çaklady we ony ýer şertlerinde ölçemäge synanyşdy. Bu, her haýsysynda ýakylan çyra bolan, iki gözegçi bilen geçirilen hemmä belli tejribedir. Bu tejribe şowsuz bolsa hem (ýagtylygyň tizliginiň uly baha eýedigini sebäpli, bu barada Galileý pikir hem etmeýärdi, başgaça bolup hem bilmezdi), ýagtylygyň tizliginiň gutarnyklygyny subut etmäge bolan synanyşyk, umuman, dogry usul, şol döwür üçin, gürrüňsiz, örän batyrçaý we öňdebaryjy ädimdi.

Ylmy barlaglaryň usulyýet (metodologik) esaslaryny döretmekde Galileý F. Bekondan hem öňe geçdi. Ol *tejribe geçirmegiň usulyny* kesgitlemegi başardy we oňa häzirki zaman häsiýetleri berdi: *real prosesini modelini döretmek, gerek däl maglumatlary aradan aýyrmak, tejribeleri köp gezek gaýtalamak we ş.m.* Şeýle hem ol, tebigaty öwrenmeklige Arhimediň matematiki çemeleşmesini dikeltdi, ýagny «*tebigatyň kitaby matematiki dilde ýazylan, onuň harplary bolup üçburçluklar, töwerekler we beýleki geometriki şekiller hyzmat edýärler we olary derňemän adam tebigatyň diline düşünip bilmez*» diýip hasaplaýardy.

Galileýiň ylmy usuly (ony *akyl ýetirişiň tebigy* - ylmy usuly diýip hem atlandyrýarlar) *aşakdaky görnüşe eýe: maglumatlar → çaklama → netije → tejribe.*

Bu usulyň ähmiýeti şundan ybarat, ýagny çaklamadan netijeleri alyp bolýar, täze maglumatlary öňünden aýdyp bolýar, soňra bolsa olary tejribede barlap bolýar. Netijeleri tejribede barlamaklyk çaklamany tassyklaýar, ol bolsa soňra kanuna öwürülýär.

Galileý hakykatdan-da, tejribe tebigy bilimlerini we täze ylmy esaslandyryjylaryň biri hasaplanýar. Diňe ol ikinji derejeli ýagdaýlary aýyrmakdan, esasy zady görmekden we ähmiýetsiz zatlardan ünsüňi sowmakdan ybarat bolan ylmy tejribä edilýän talaby ilkinji bolup kesgitledi. Ol ylmy maksatlar üçin görüş turbasyny asmana ugrukdyran, şunlukda akyl ýetirişiň giňişligini has giňelden ilkinji alymdyr.

Bu dünýä akyly ýetirişde we ylmyň usulynda öwrülişik boldy: tükeniksiz Älem Ýer mehanikasy bilen öwrenilip bilinjek ekeni.

Galileý adamzat aňynyň güýjüne, akyly ýetirmegiň tükeniksizligine ynanyşygyr we şeýle diýipdir: «*Biz hemme bilmeli zatlary bilýäris diýip, kim tassyklap biler?*» Ol öňe sürülýän kanunlaryň dolulygyna we kesgitlemeleriniň takyklygyna uly üns beripdir. *Galileýiň işleriniň häzirki zaman diline golaý ýazylandygyny bellemek gerek.*

Galileý aradan çykandan soň tebigaty öwrenişde şeýle ýagdaý döredi, ýagny dünýä barada Aristoteliň garaýyşlary täze nazaryýetleriň we tejribe maglumatlarynyň täsiri netijesinde öz eýeleýän ýerlerini kem-kemden berip başladylar.

Galileý tarapyndan ylmy-bilimiň ýakylan alawyny I.Nýuton alyp göterdi. Nýutonyň işlerinde we açyşlarynda italýan alymynyň işleri özüniň ajaýyp tamamlanyşyny tapdy.

### 6.3. Galileýiň döwürdeşleriniň ylmy garaýyşlary



28-nji surat. Ewanjelist  
Torriçelli

**Ewanjelist Torriçelli (1608–1644 ý.)** – italýan fizigi we matematigi (28-nji surat), Fransiýada doguldy, Galileýiň iň zehinli okuwçysy we onuň garaýyşlaryny dowam etdirdi. Rimde Galileýiň okuwçysy we dosty B.Kastellonyň ýanynda bilim aldy. 1642-nji ýylda Galileýden soň beýik gersog Kozimo II Medičiniň filosofy we birinji matematigi boldy. Şol wagtdan başlap ol Florensiýada ýaşaýar we ýerli uniwersitetde matematikanyň we fizikanyň professory boldy.

Onuň köp işleri çap edilmän galdy. Torriçelli mehanikanyň ballistika bilen galtaşýan çäginde köp işleri etdi. Torriçelli gorizonta erkin burç boýunça zyňlan jisimleriniň traýektoriasynyň parabolik häsiýetde bolýandygyny we ballistikanyň beýleki teoremlaryny kesgitledi. Bu işler gorizonta burç boýunça zyňlan jisimleriniň hereketi baradaky peripatetikleriň garaýyşlaryny bütinleý inkär etdi.

Torriçelliniň esasy üstünligi *atmosfera basyşyny* açanlygydyr (1643 ý.). Torriçelli simap bilen doldurylan turbany onuň açyk ujy boýunça içi simaply gaba goýberdi. Şunlukda, turbadaky simabyň derejesi peseldi, simabyň üstünden ýokarda boşluk emele geldi. Emele gelen bu «*torriçelli giňişliginiň*» (wakuumyň) döreyşi şeýle düşündirildi: gapdaky simabyň üstündäki basyş turbadaky simap sütüniň agramy bilen deňagramlaşýar. Bu sütüniň deňiz derejesinden beýikligi 760 mm deň boldy. *Barometr* şeýle oýlanyp tapyldy. Ol simap, suw we spirt barometrleri bilen köp tejribeleri geçirdi, diwarynda yş bolan gapdan akýan suwuklygyň tizligini kesgitleýän formulany getirip çykardy, suw çüwdüriminiň tizligini hasaplamak

üçin formulany hödürledi. Torriçelli ilkinji gezek ýe-  
liň atmosfera basyşynyň tapawudy netijesinde döreýän  
howa akymalarynyň hereketi sebäpli döreýändigini aýt-  
dy. Torriçelli bilen italýan fizikasynyň «*altyn asyry*» ta-  
mamlandy.

Torriçelliniň atmosfera basyşy baradaky açyşy  
alymlarda güýçli gyzyklanma döretdi. Dekart atmos-  
fera basyşyny dürli beýikliklerde ölçemekligi teklip  
etdi. Bu ideýany fransuz matematigi, fizigi we filoso-  
fy Blez Paskal (1623–1662 ý.) amala aşyrdy (29-njy  
surat). Ol dagyň eteginde we depesinde howanyň ba-  
syşyny ölçäp, *beýikligiň artmagy bilen basyşyň ke-  
melyändigini* kesgitledi. Paskalyň we Torriçelliniň  
tejribelerinden *ylmy meteorologiýa* döredi.

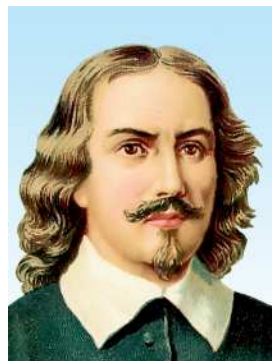
Paskal gidrostatikanyň esasy kanunyny, ýagny  
*Paskalyň kanuny* diýip atlandyrylýan kanuny hem dö-  
rettdi: *daşky güýçler tarapyndan suwuklygyň üstüne*  
*edilýän basyş, suwuklyk tarapyndan ähli ugurlara bir-*  
*meňzeş geçirilýär*. Gidrawlik pressniň işleýşi şuna esasla-  
nandyr. Şeýle hem Paskal tarapyndan gatnaşykly gaplar  
baradaky kanun hem döredildi.

Onuň tejribeleri nemes fizigi, inženeri, filosofy,  
Magdeburg şäheriniň burgomisteri Otto fon Gerike  
(1602–1686 ý.) tarapyndan dowam etdirildi (30-njy  
surat). Ol 1672-nji ýylda çykan «*Boş giňişlik barada*  
*Magdeburg tejribeleri*» atly kitabynda *atmosfera basyş*  
*güýjüniň bardygyny* we şeýlelikde, peripatetikleriň tas-  
syklaýan «*tebigatda boş giňişlik ýokdur*» diýýän tagly-  
matlarynyň nädorudygyny subut edýär.

Tejribede diametri 14 dýum (35,5 sm) bolan, içi  
boş we biri-birine gysylan, iki sany mis şarlar ulanyl-  
dy (31-nji surat). Ýygnalan sferanyň içinden howa so-  
rulyň çykaryldy we ýarym şarlar daşky atmosferanyň  
basyşynyň täsiri bilen saklandylar. Otto fon Gerike bu  
tejribäni 1654-nji ýylda Regensburgda imperator Ferdi-  
nand III-ä jemagat önünde görkezdi. Sferanyň içinden  
howa sorulyň çykarylandan soň, her tarapdan 8 at bolan  
16 sany at, ýarym şarlary aýryp bilmediler (32-nji su-  
rat).



29-njy surat.  
Blez Paskal

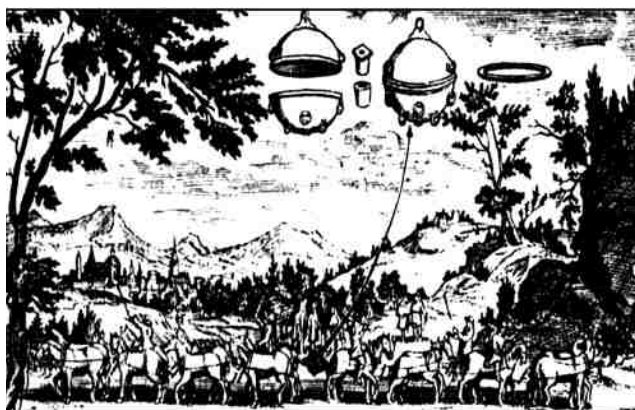


30-njy surat. Otto fon  
Gerike



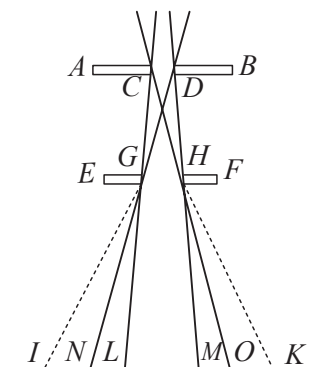
31-nji surat. Otto fon  
Gerikeniň ulanan howa  
sorujysy we ýarym şarlary  
(Nemes muzeýi)





32-nji surat. Otto fon Gerikenin tejribeleri

Fransuz matematigi Pýer Ferma (1601–1665 ý.) optikada *ýagtylygyň in gysga wagta ýaýrama prinsipi* (*Ferma prinsipi*) diýip atlandyrylýan örän güýçli usuly hödürledi we Dekatra görä ýagtylygyň döwürleme kanunyny has takyk kesgitledi. Fizikanyň soňky ösüşinde *Ferma prinsipi* örän uly ähmiýete eýe boldy.



33-nji surat. Françesko Mariýa Grimaldiniň difraksiýa boýunça tejribesi

Alym-dindar Françesko Mariýa Grimaldi (1618–1663 ý.) aradan çykandan soň çap edilen «*Fizika ylmy ýagtylyk, reňkler we älemgoşar barada*» (1665 ý.) işinde ilkinji gezek *ýagtylygyň difraksiýasynyň* açylmagyna getiren tejribeleri we difraksiýa hadysasyny ýagtylygyň tolkun häsiýetiniň bardygy bilen düşündirişi beýan edildi (33-nji surat). Onuň tejribesine görä *CD* ýşa düşýän şöhle dury däl *EF* diwaryň *GH* ýşyndan geçip, ekranda reňkli halkalar bilen gaplanan *LM* ýagty menek emele getirýär.

1669-njy ýylda daniýa alymy Rasmus Bartolin (1625–1698 ý.) island şpatynda *şöhläniň ikileýin döwürlesini* açdy.

Beýleki bir daniýa alymy Olaf Kristensen Rýomer (1644–1710 ý.) 1676-njy ýylda Ýupiteriň hemralarynyň tutulmalarynyň tablisalaryny düzdi we bu tutulmalaryň yza galmasyny *ýagtylygyň tizliginiň gutarnykly baha eýe bolýanlygy* bilen düşündirdi. Bu maglumatlaryň esasynda O.Rýomer ilkinji gezek ýagtylygyň tizligini kesgitledi we  $c \approx 215\,000\text{ m/s}$  bahany aldy.

Rene Dekart ýagtylyk pursatlaýyn (mgnowen) ýaýraýar diýip hasap edýärdi, eger tersine bolsa, onda munuň özi abberasiýa getirer, ýagny asman ýyldyzlarynyň ornunyň ýoýulmagyna getirer, diýýärdi. Bu *abberasiýany* Jeýms Bradleý (1693–1762 ý.) 1725-nji ýylda kesgitledi we onuň esasynda ýagtylygyň tizligini kesgitlemek usulyny hödürledi. J.Bradleýe görä ýagtylygyň tizligi  $308\,000\text{ m/s}$  deň boldy.



XVII asyrda optiki derňewler örän güýçli depginde ösdi. Bu döwürde optikada edilen işleriň içinde Robert Gukun we Hristian Gýuýgensiniň işlerini ýatlaman geçmek bolmaz.

---

**Robert Guk (1635 – 1703 ý.)** – iňlis fizigi, Angliýanyň Uaýt adasynda doguldy (*34-nji surat*). Guk örän ukyply çaga, ýöne saglygy gowşak bolupdyr, ýaşawyş şertleriniň ýaramazlygy sebäpli ol gününü dolandyrmak üçin ýaşlygyndan başlap alada etmeli boldy. Ol başda Robert Boýluň (1627-1691 ý.) aýlyk haky tölenýän assistenti bolup işledi. Bu ikisine hem peýdaly boldy. Guk hakyky ylym bilen galtaşdy, Boýl bolsa örän ukyply assistente eýe boldy.

Köp ýyllaryň dowamynda Guk *LKJ-de* tejribe görkezmegiň ýolbaşçysy bolup işleýär. Ol jemgyýetiň her hepdede geçirilýän mejlisinde 3-4 sany tejribäni görkezýärdi. Bu borjy ol onlarça ýyllaryň dowamynda birkemsiz ýerine ýetiripdir. Guk geometriýanyň professory, talantly arhitektör we 1666-njy ýylda Londonda bolan ýangyndan soň dikeldiş işleriniň seredijisi bolupdyr.

Gynansak hem Robert Gukun häsiýeti örän agyr bolupdyr. Onuň köpdürli gyzyklanmalary, düzgün bolsy ýaly, diňe fizikanyň köp ugurlaryna degişli garaýyşlaryny bermekligine getirdi. Ýöne, Guk bu garaýyşlaryny ahyrna çenli alyp gitmeýärdi. Barlaglaryň şeýle goýulmaklygy, «*ol ýa-da bu açyşy kim ilkinji açdy*» diýlen soraga jogap bermekde dürli kynçylyklary döredýärdi. Muňa garamazdan, fizika ylmyna durşy bilen wepalylygy sebäpli Guk ömrüniň ahyrna çenli ylmy Ýewropanyň abraýyndan peýdalandy. Ol London Korollyk jemgyýetiniň agzasy, alty ýylyň dowamynda onuň sekretary boldy.



*34-nji surat.*  
Robert Guk

Guk ylma kapillýarlyk we ýylylyk nazaryýetini öwrenmek bilen girişdi. Guk optiki telegrafyň, kämilleşdirilen barometriň, gigrometriň, anemometriň we ş.m. awtory hökmünde hem bellidir.

Onuň mikroskopy we mikroskopiýany kämilleşdirmeklige bagyşlanan «*Mikrografiýa*» kitaby fiziki optikanyň başlangyjyny goýdy. Bu kitapda Guky tolkun nazaryýetiniň esaslaryny döredijileriň biri diýip hasap etmäge mümkinçilik berýän, awtoryň ýagtylygyň tebigaty we reňkleriň nazaryýeti baradaky pikirleri beýan edildi. Ol ýagtylygyň tolkun nazaryýetiniň tarapdarydy, Grimaldiniň tejribelerine meňzeş, ýagtylygyň difraksiýasy boýunça birnäçe tejribeleri geçirdi. Çuk ýagtylyk tolkunlarynyň keseligi barada çaklamany hem hödürledi. Guk fiziologiýa bilen hem gyzyklandy. Özüniň geçiren fiziologik barlaglary esasynda ol ilkinji bolup birnäçe ösümlikleriň gurluşlaryny beýan etdi we hatda «*öýjük*» adalgasyny hem girizdi.

1674-nji ýylda Guk «*Gözegçilikler arkaly Ýeriň hereket edýändigini subut etmäge synanyşyk*» atly işinde asman jisimleriniň hereketini beýan etdi. Onuň bu garaýyşlary, soňra Nýuton tarapyndan ösdürilen garaýyşlara örän ýakyn. Şeýlelikde, Guk dartylma kanunyny açmaga ukyply bolan alymlaryň biridir.

1666-njy ýylda Guk *maýyşgaklyk kanunyny* açdy. *Gukun kanuny* diýip atlandyrylýan bu kanun fizikanyň taryhynda *mehanikada ilkinji mukdar gatnaşygydyr*. Bu kanun düýpli kanun bolmasa hem, onuň fizikada ähmiýeti uludyr. Londonyň Korollyk jemgyýetiniň agzalary üçin *Kutlerow leksiýalary* diýlip atlandyrylýan leksiýalara taýýarlyk görýärkä, Guk maýyşgaklyk nazaryýetini döretmeklige başlady. Bu döwürde Guk sagatlarda burum-burum (spiral) sazlaýjyny döretmekligiň üstünde (bu iş Gýuýgensiniň işleri bilen az-kem gabat gelýärdi) işleýärdi. Şol sebäpli ol puržiniň maýyşgak häsiýetlerini tejribede öwrendi. Alnan netijeleri derňäp, Guk häzir onuň adyny göterýän kanuny açdy we kesgitlemäni aýtdy: «*Süýnme nähili bolsa, güýç hem şeýledir*», «*Agram nähili bolsa, süýnme hem şeýledir*». Bu kesgitleme Guk tarapyndan 1678-nji ýylda okan leksiýasynda berildi. Häziki wagtda *Gukun kanuny* şeýle aýdylýar: «*naprýaženiye deformasiya proporsionaldyr*».

Şol döwrüň alymlarynyň arasynda fizik we matematik Hristian Gýuýgens aýratyn orny eýeleýär. Gýuýgensiniň I. Nýutona gös-göni täsiri boldy.



35-nji surat.

Hristian Gýuýgens

**Hristian Gýuýgens (1629–1699 ý.)** – Niderland fizigi we matematigi, astronom we oýlap tapyjy. Ol Gaaga şäherinde baý maşgalada doguldy (35-nji surat). Leýden we Bredsk uniwersitetleriniň hukuk fakultetini tamamlady. Ol ýaşlygyndan başlap optiki aýnalary ýylmamak bilen meşgul bolupdyr we bu iş bilen бүтін ömründe meşgullanypdyr. Gýuýgens ägirt uly fokus aralyklary (54 m we 63 m) bolan linzalary döredipdir. Ol optiki abzallary (mikroskopy we teleskopy) kämilleşdirmek bilen meşgullanypdyr we häzirki wagt hem ulanylýan okulýary (*Gýuýgensiniň okulýary*) döretdi. Gýuýgens – *LKJ-niň* ilkinji daşary ýurtly agzasy, Pariž Ylymlar akademiýasynyň daşary ýurtly agzasy.

Gýuýgens öz döreden teleskopynyň kömegi bilen Marsyň polýuslaryndaky gar örtügin, Saturnyň halkalaryny we onuň Titan hemrasyny, Ýupiterdäki zolaklary, Orion ýyldyzlar toplumyndaky dumanlygy açdy. Gýuýgens бүтindünýä dartyлма kanunyny açmaklyga örän golaý geldi. Ol R.Guk bilen termometriň daýanç (reper) nokatlaryny – buzun ereme nokadyny we suwun gaýnama nokadyny kesgitledi.

Gýuýgensiniň esasy işleri mehanika we optika degişlidir.

Gýuýgensiniň has belli oýlap tapan zady *maýatnikli sagatdyr* (1657 ý.). Maýatnikli sagady ilkinji gezek G.Galileý ýasapdy, emma Gýuýgens oňa özbaşdak geldi. Sagadyň ýöreýşiniň sazlaýjysy hökmünde ol yrgyldylarynyň peridy amplituda bagly bolmaýan, *tautohron maýatnigi* ulandy. Ol 1673-nji ýylda tautohron maýatnigiň nazaryýetini döretdi. Nazaryýetiň görkezişine görä, tautohronlygyň amala aşmagy üçin maýatnigiň massa merkezi sikloida boýunça hereket etmeli.

Gýuýgens şarlaryň maýyşgak çaknyşma nazaryýetini hem döretdi. Ol «*Urgy täsirinde bolan jisimleriň hereketi barada*» (1669 ý.) atly ylmy işinde bu meseläni çözdü. Bu sorag öň Dekart tarapyndan seredilipdi, emma onuň alan netijeleri nä-

dogry bolsa hem, Dekartyň hut özi mehanikanyň bu bölümüne «*hereket mukdary*» düşüňjesini girizipdi. Gýuýgens hasaplamalarynda hereket mukdarynyň saklanma kanunyny, Dekartdan tapawutlylykda, wektor görnüşinde ulandy. Şunlukda, Gýuýgens, gözegçä görälikde hereket edýän gämiide bolup geçýän şarlaryň çaknyşmasyna degişli meselä seredende görälik prinsipinden peýdalandy. Bu meseläni çözmek üçin Gýuýgens häzirki zaman düşüňjesi bolan, *koordinatalary öwürme usuly*ny ulandy. Şeýlelikde, *Gýuýgens* aşakdaky *teoremany* subut etdi: *Eger iki jisim masalaryna ters proporsional bolan tizlikler bilen biri-birine garşylykly hereket edip çaknyşýan bolsalar, onda her jisim çaknyşma tizliklerine deň bolan tizlik bilen serpigerler.*

Şarlaryň çaknyşmasyna bagyşlanan iş *Londonyň Korollyk jemgyýetiniň* buýurmasy bilen ýerine ýetirildi. Bu meseläniň çözülişi birwagtda inlis alymlary Jon Wallis (1616–1703 ý.) we Kristofer Ren (1632–1723 ý.), şeýle hem Fransiýada ýaşayan Gýuýgens tarapyndan tapyldy. Londonyň Korollyk jemgyýeti Gýuýgensin has doly we ynandyryjy işine adalatsyz baha berdi we «*Pilosophical Magazine*» žurnalynda diňe öz watandaşlarynyň işlerini çap etdi. Gýuýgensin bu işi 1703-nji ýylda, ol aradan çykandan soň çap edildi.

Gýuýgens «*Merkezden daşlaşýan güýç barada*» atly işinde güýç bilen tizlenmäniň arasyndaky baglanyşyga (*Nýutonyň ikinji kanunyna*) örän ýakyn geldi.

Gýuýgensin optika boýunça esasy işleri «*Ýagtylyk barada traktata*» atly ýygynyda çap edildi (1690 ý.). Bu kitabyň esasynda *efir* düşüňjesi ýatyr. Efir düşüňjesi fizikada XIX asyryň ahyryna çenli saklandy. Efir ähli Älemi, hatda gaty jisimlerini içini hem dolduryp duran, agramsyz, dury suwuklyk. Efir maýyşgak we onda edil howadaky akustik tolkunlary ýaly, elektromagnit tolkunlary ýaýrap bilýärler, ýagny elektromagnit tolkunlary efirin maýyşgak yrgyldylarydyr diýlen düşüňje bardy. Mümkün, efir fiziki we matematiki model hökmünde köpsanly elektrodinamik we optiki hadysalary hasaplamaga amatly bolanlygy üçin efir düşüňjesinden peýdalanandyrlar? Hatda Makswell hem efir çaklamany goldaýardy we ony öz hasaplamalarynda ulanyp, elektrodinamikanyň belli deňlemesini döretdi. Diňe XIX asyryň ahyrynda efirin barlygy barada şübhele döredi. Efir madda bilen özara täsir edişýärmä we ol hereket edýän madda bilen äkidilýärmä diýlen soraglar döredi. Bu soraglara otirisatel jogabyň bolmagy, alymlary efir düşüňjesinden el çekmäge mejbur etdi.

Muňa garamazdan bu ýarymfantastik ideýa bolan efir garaýşyna minnetdar bolmalydyrys, sebäbi elektrodinamikanyň we optikanyň köp hadysalary diňe şonuň bilen kesgitlendi. Hawa, häzir hem käbir ýagdaýlarda şol garaýşa gaýdyp gelmegimizi dowam etdirýäris. Sebäbi, häzirki wagtda elementar bölejikleriň massasynyň ululygyna jogapkär 2012-nji ýylda açylan *gipotetik higgs meýdany efir bolaýmagy mümkin!!!*. diýlen çaklama bar. Eger bu higgs meýdany bar bolsa, onda efir düşüňjesine gaýdyp gelmeli bolarys diýlen garaýyşlar hem bar.

XVII asyrdä efiriň barlygyna doly ynanýardylar we onuň bölejikleriniň hereketleri baradaky düşüňjäniň esasynda Gýuýgens serpilme, döwürme kanunlaryny we şol döwürde Bartolin tarapyndan açylan ikileýin döwürmäni açdy.

Gýuýgens optikada tolkun nazaryýetiniň tarapdarydy. Dünýä ylmyna Gýuýgensiniň goşan möhüm goşandy, onuň adyny göterýän prinsipiň, ýagny *Gýuýgensiniň prinsipiniň* döredilmegidir. Bu prinsipiň kömegi bilen dürli häsiýetleri bolan optiki gurşawlarda ýagtylygyň ýaýramasyny öwrenmäge mümkinçilik döredi. Onuň prinsipine görä, tolkunyň fronty (öň tarapy) ikilenji elementar tolkunlaryň kömegi bilen gurulýar. Bu prinsip ýagtylygyň gönüçyzykly ýaýramagyny düşündirmeýär. Şoňa görä-de onuň prinsipini şol döwürüň alymlary goldamadylar. Diňe XIX asyrdä Ogýusten Frenel ikilenji tolkunlaryň *kogerentligi* barada düşüňje girizenden soň *Gýuýgensiniň prinsipini* kabul etdiler (11.2-nji baba seret).

Ol 1678-nji ýylda *ýagtylygyň polýarizasiýasyny* açdy.

Gýuýgensiniň garaýşyna görä, tebigatyň ähli hadysalaryny mehanikanyň kanunlary bilen düşündirip bolýar. Başgaça aýdanymyzda, ol dünýäniň mehaniki gurluş prinsipini tassyklan we öňe süren alymlaryň biridir. Bu soragda, şeýle hem köpsanly anyk barlaglarda Hristian Gýuýgens Nýutonyň öň ýanyndaky beýik şahsyýetdi. XVII asyryň ähli ylmy özüniň ösüşinde täze akyldaryň – Nýutonyň döremekligini taýýarlapdy.

## 7-nji bab. NÝUTON WE ONUŇ YLMY USULY

### 7.1. Nýutonyň terjimehalynyň esasy döwürleri

Fizikanyň taryhy beýik şahsyýetlere baýdyr. Olaryň arasynda hünäri boýunça öz döwürdeşlerinden has beýikde bolan alymlar köpdür. Emma, olaryň arasynda ylymda gazanan üstünlikleri we ylymda eýeleýän orny boýunça has bilimli döwürdeşlerinden belentde durýan şahsyýetler hem bardyr. Şolaryň biri, iňlis fizigi we matematigi Isaak Nýutondyr. Üç asyr geçenden soň Isaak Nýutonyň beýikligine baha berip bilýäris. Ol häzirki zaman fizikasynyň daýanýan sütünleriniň biridir. Ol özüniň döwürdeşleriniň içinde, hatda, olaryň iň beýikleriniň içinde hem, has beýigidir, ähli döwürleriň we halklaryň beýik alymydyr. Onuň döredijiligi adamzat ylmy akylynyň depesidir. Hatda ylm has uly ylmy derejelere ýetse hem, Nýutonyň işleriniň ähmiýeti kemelmez. Ol ökde tejribeçidir we fizik-nazaryýetçidir. Nýuton häzirki zaman ylmy taglymaty esaslandyryjylaryň biridir, nusgawy mehanikanyň atasydyr, XVII-XIX asyrlarda fizikanyň ösüşiniň ylmy meýilnamasynyň awtorydyr.

Isaak Nýuton 1643-nji ýylyň 4-nji ýanwarynda Angliýanyň Linkolnşir graflygynyň Wulstorp obasynda, fermeriň maşgalasynda doguldy (36-njy surat). Onuň kakasy ogly dogulmanka aradan çykýar we ol 12 ýaşyna çenli enesiniň terbiýesini alýar. Ol ilki Grantema şäherinde mekdepde başlangyç bilim alýar.

Şol ýyllarda uniwersitetler birnäçe kollejleriň jemgyýetinden ybaratdy. Onuň agzalary kollejlerde ýaşaýardylar, işleýärdiler we okaýardylar. 1661-nji ýylda Nýuton Kembrij uniwersitetiniň *Triniti kollejine* «sabsaýer» («sabsaýer» – kollejiň agzalarynyň-bakalawrlaryň, magistrleriň we beýlekileriň hyzmatyny edýän garyp talyplar). hökmünde okuwa kabul edilýär. Muňa seretmezden Nýuton Dekartyň we Kepleriň, Ýewklidiň arifmetikasyny we geometriýasyny, trigonometriýany, dini ylymlary we gadymy dilleri, aýratyn-da, latyn dilini erjellik bilen öwrenýär.



36-njy surat.  
Isaak Nýuton

Nýutonyň ýolbaşçysy (týutory) matematik we din taglymatçysy, kafedra müdiri, professor Isaak Barrou (1630–1677 ý.) bolupdyr. Ol ýokary derejede optikadan leksiýa okaýardy we Nýuton uly gyzyklanma we höwes bilen onuň leksiýalaryny diňläpdir. Barrou bilen Nýutonyň arasynda dostlukly gatnaşyk bolupdyr. Nýutonyň uly zähmetsöýerligi gowy netijeleri hem berdi: 1665-nji ýylda Nýuton bakalawr derejesini, 1668-nji ýylda magistr derejesini alýar.

1665-nji ýylda Angliýada garahassalyk ýaýradý we Nýuton Kembriži taşlap, öz doglan Wulstorp obasyna gidýär. Diňe 1668-nji ýylda ol kolleje gaýdyp gelýär. Obada bolan döwri Nýuton üçin örän döredijilikli boldy: spektrleri aldy we öwrendi, binomy, differensial we integral hasaplamalar usulyny döretdi, mikroskoplary, teleskoplary ýasady, aýnalary we metallary ýylmamak bilen meşgullandy, bütindünýä dartylma güýji barada ilkinji pikirleri döredi, geljekde etmeli ylmy işleriniň meýilnamasyny düzdi.

1669-njy ýylda I.Barrou teologiýa bilen gyzyklanyp başlaýar we ýolbaşçylyk edýän matematika kafedrasyny öz okuwçysy Nýutona tabşyrýar. Şol döwürden başlap köp ýyllaryň dowamynda Nýuton Kembrij uniwersitetiniň professory wezipesinde, optikadan leksiýa okaýar.

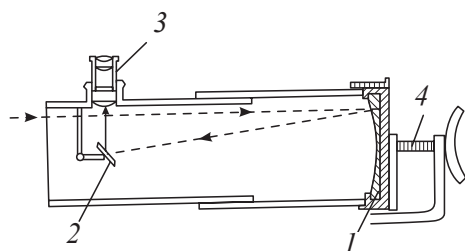
1688-nji ýylda Nýuton parlamentiň deputatlygyna saýlanýar. Şol döwürde täze hökümet maliýe dartgynlygyny başdan geçirýärdi, dolandyryşda ulanylýan altyn teňňeleriň erbet zikkelelenligi (çekanka) sebäpli, ol dolanyşykda ulanyp bolmaz ýaly derejä getirilipdi. 1695-nji ýylda Nýuton Korollyk teňňe köşgüniň seredijisi edilip bellenilýär. Az wagtyň dowamynda onuň ýolbaşçylygynda inlis teňňeleriniň ählisine täzedan zikge kakylady we netijede döwletiň maliýe ulgamy berkidildi. Ol 1699-njy ýylda teňňe köşgüniň direktory wezipesine bellenilýär.

Nýuton 1703-nji ýylda *LKJ-niň* prezidentligine saýlanýar. 1705-nji ýylda Angliýanyň zenan şasy Anna oňa Angliýanyň *pýer* derejesini, ýagny *lord* derejesini berýär. I. Nýuton 1727-nji ýylyň 31-nji martynda Londonda aradan çykýar.



## 7.2. Nýutonyň «Ýagtylygynyň we reňkleriniň täze nazaryýeti» atly ylmy işiniň ähmiýeti

Nýutonyň ylmy döredijiligine seredeliň. Olar, esasan, matematikada (differensial we integral hasaplama), optikada we mehanikada jemlenendir. Nýuton ylmy işine matematikadan (hatarlar nazaryýeti) we serpikdiriji teleskopy oýlap tapmaktan başlady. Bu işleri Nýuton Wulstorp obasyndaka ýerine ýetiripdi, ýöne ol bu işleri çap etmäge howlukmaýardy.



37-nji surat. Nýutonyň teleskopy (aşakda onuň shemasy getirilen)

Ol *serpikdiriji teleskopy* dörettdi (37-nji surat). Serpikdiriji teleskop Nýutona 1668-nji ýylda uly abraý getirýär. Bu teleskopyň uzynlygy bary-ýogy 15 santimetrdir (şol döwrüň teleskoplarynyň uzynlyklary 10 m ýetýärdi), aýnasynyň uzynlygy 25 mm we 40 esse ulaldýardy. Teleskopda şöhle 1 metallik aýna düşýär, ondan serpigip teleskopyň okunda  $45^\circ$  burç bilen ýapgyt ýerleşen 2 aýna we teleskopyň diwarynda oturdylan 3 okulýara düşýär, 4 wint bolsa fokusy sazlamak üçin ulanylýar. Bu teleskop Ýupiteriň hemralaryna gözegçilik etmäge mümkinçilik berdi, ýöne şekilleri aýdyň däl.

Nýuton linzalaryň *hromatik abberasiýasyny* ýüze çykardy we ony ýok edip bolmaýar diýip hasap edip, teleskopdaky linzalary sferiki aýnalar bilen çalyşmaly diýlen netijä geldi. Ol bu teleskopy kämilleşdirmek üçin onuň aýnasyny ýasar ýaly köpsanly

metal birleşmeleri öwrendi we olary ýylmamagyň täze usullaryny dörettdi. Şeýlelikde, Nýuton 1671-nji ýylda uly ölçegli we öňkünden has gowy hilli teleskopy ýasady we ony *Londonyň Korollyk jemgyýetiniň (LKJ)* garamagyna hödürledi. *LKJ* bu teleskopyň wajyplygyny nazara alyp Nýutony bu jemgyýetiň agzalygyna biragyzdan saýlaýarlar.

Bu teleskop häzirki döwürde hem optiki astronomiýanyň we radioastronomiýanyň baş optiki guraly hökmünde ulanylýar. Teleskoplaryň ölçegleri, aperturasy, formasy we aýnalarynyň materialy üýtgedi, emma häzir hem olarda Nýutonyň ideýasy we abzalyň gurluşynda onuň shemasy ulanylýar. Fizikanyň taryhynda we tehnikanyň konstruktorçylyk böleginde üç asyrlap ulanylýan ideýalar onçakly köp däl.

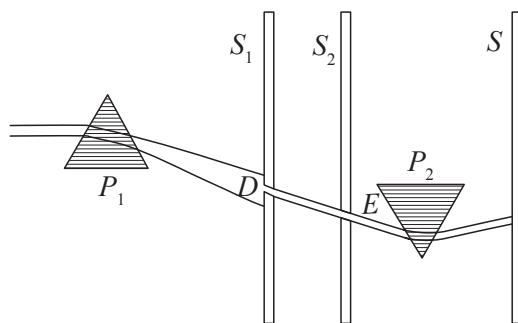
1673-nji ýylda Nýuton Londonyň Korollyk jemgyýetiniň mejlisinde «*Ýagtylygyň we reňkleriň täze nazaryýeti*» atly işi bilen çykyş etdi. Ol çykyşynda optika degişli işlerini beýan etdi. Nýuton 1666-njy ýylda üç granly aýna prizmadan ýagtylygy geçirip ony ýedi reňke (spektre) dargadypdy we ýagtylygyň çylşyrymly düzüminiň bardygyny, ýagny *ýagtylygyň dispersiýa hadysasyny* ýüze çykarypdy. Tejribelere we aýratyn-da Nýutonyň alan netijelerine garşy Londonyň Korollyk jemgyýetiniň agzasy R.Guk (fizikada belli «*Gukuň kanunynyň*» awtory), H.Gýuýgens, belgiýaly alym Lýukas we beýlekiler çykyş etdiler. Olar ylma girizilen täzelege düşünmän we kabul etmän, Nýutony plagiatda, ýagny başga biriniň edenini ogurlamakda, aýypladylar. Bu günäkärlemäni, meselem, Guk, Nýuton reflektory oýlap tapanda we bütindünýä dartyлма kanuny açylanda ilkinjilik ugrunda göreşip, öňe sürdi. Leýbnis hem, Nýuton täze matematik usuly oýlap tapanda ilkinjilik ugrunda göreşdi. Nýuton bu garaýyşlary, öz döwürdeşleriniň hiç haýsynyň ýetip bilmedik, kämilleşen we gutarnyklylyk derejesinde işläp bildi. Şoňa görä-de ady agzalan açyşlaryň awtory Nýuton diýip aýtmaga biziň doly hukugymyz bar.

Guk hem tolkun optikasy, şol sanda reňkleriň döremegi bilen gyzyklanýardy, ýöne Guk endigine görä, işleri ahyryna çenli alyp barmaýardy. Guk, «*ol ýa-da bu açyşy kim ilkinji açdy*» diýlen soraga jedelli garaýardy. Ol şeýle jedelleri diňe bir Nýuton (optikanyň we mehanikanyň soraglary boýunça) bilen etmän, Gýuýgens bilen hem we beýleki alymlar bilen hem, edýärdi.

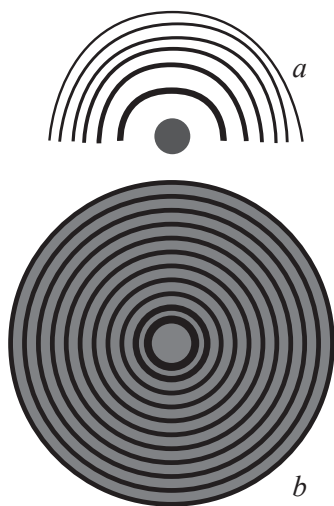
Dispersiýa hadysasy barada hem şeýle boldy. Netijede, Nýuton optika degişli işlerini Guk heniz dirikä çap etmezligi niýet etdi. Nýuton sözünde hem tapyldy, onuň «*Optika*» kitaby Guk aradan çykandan bir ýyldan soň, 1704-nji ýylda çap edildi.

Prizmalardan ýagtylygyň geçişini öwrenmeklik Nýutona ýagtylygyň dispersiýasyny açmaklyga getirdi. Has takyk aýtsak, Nýuton bu effekti ilkinji açyjy dälidir. Nýutondan öň hem alymlar prizmanyň kömegi bilen ýagtylygy dürli reňklere bölüpdirliler. Emma, olaryň hiç haýsysy bu hadysany içgin derňemediler we onuň nazaryýetini döretmediler.

Nýuton üç sany eksperimental meseläni çözmekligi maksat edinýär: ak ýagtylygy spektral düzüjilere dargatmak; her bir emele gelen reňkli şöhläniň dargamaýanlygyny tejribede subut etmek; reňkli şöhleleri täzeden ýygnaп, ýene-de, ak ýagtylygy almak. Nýuton bu meseläni üstünlikli çözüär we şeýle netijä gelýär: *Ak ýagtylyk spektral düzüjilere dargayar. Her bir emele gelen reňkli şöhleler soňra dargamaýarlar. Bu emele gelen reňkli*



38-nji surat. Prizmalar bilen geçirilen tejribeler (Nýutonyň çeken suraty)



39-njy surat. Nýutonyň halkalary:  
a) çekilen suraty; b) fotosuraty

şöhleleri täzedan prizmanyň kömegi bilen ýygnap, ýene-de ak ýagtylygy alyp bolýar.

Ol bu işinde *prizmalary çatrymlaýyn goýmak usulyndan* peýdalandy (prizmalary bir-birligine görä käbir burç boýunça ýerleşdirmek usuly) (38-nji surat). Geljekde bu usulyň esasynda spektroskopiýada ulanylýan monohromatorlar ýasaldy. Bu usul soňra *anomal dispersiýa* hadysasyny derňemekde ulanyldy (R. Wud, D. Roždestwenskiý).

Nýutonyň ajaýyp tejribeleriniň biri, «*Nýutonyň halkasy*» adyny alan interferensiýa hadysasydyr. Desgany monohromatik we ak ýagtylyk bilen ýagtylandyryp ol bu halkalaryň periodikligini açdy (39-njy surat). Häzirki zaman fiziki dilde aýdanymyzda, Nýuton interferensiýa hadysasynyň mukdar derňewini geçirdi. «*Nýutonyň halkasyny*» görmäge mümkinçilik berýän bu abzal – ilkinji *interferension*

*spektroskopdy*. Ýagtylygyň ýuka gatlaklardan geçişine umumy halda seredip, interferensiýa hadysasynyň bardygyny bilmän, emma, tolkun hadysalarynyň manysyna gowy düşüňip, Nýuton, olarda görünýän hadysalaryň gatlagyň galyňlygy bilen kesgitlenýändigine düşüňdi. Bu meselede hem ol R. Guk bilen çekeleşmeli boldy. Nýuton gatlagyň galyňlygy kesgitli ululyga üýtgände (häzirki zaman adalgasynda aýdanymyzda – *tolkun uzynlygynyň dörtden bir bölegiçe*) reňkli halkanyň başga halka öwrülýändigini gördi. Nýuton ýeterlik takyklyk bilen bu ululygy kesgitledi (diňe gyzyly ýagtylyk üçin onuň ölçegleri häzirki zaman maglumatlar bilen gabat gelmeýär).

Nýuton *difraksiýa* hadysasyny hem derňedi. Ol adamyň saçynyň kölegesiniň araçäginde döreýän reňkli zolaklaryň döreýişini düşündirdi. Emma, Nýuton onuň içki böleginde ýagty zolagyň bardygyny görmedi. Ýa-da, ol bu barada ýazmadyk bolmagy mümkin.

Nýuton optika degişli işlerinde örän möhüm we çylşyrymly soragy goýdy: «*Ýagtylyk şöhleleri ýagtylanýan jisimler tarapyndan goýberilýän ownuk bölejikler bolarmasyn?*» Nýutonyň yzyny eýerijiler bu soraga tassyklaýjy we makullaýjy jogap berdiler. Şeýlelikde, Nýutonyň abraýy bilen berkidilen *akym çaklamasy*, Gýugensiň tolkun nazaryýetiniň üstünliklerine we bu çaklama garşy Lomonosowyň, Eýleriň we beýleki alymlaryň garşy bolmaklaryna garamazdan, XVII asyryň optikasynda agalyk ediji garaýyş boldy. Nýutonyň özi barada aýdanymyzda, onda onuň goýlan soraga jogaby onçakly gutarnykly däl.

1675-nji ýylda özüniň döreden ýagtylygyň nazaryýetinde Nýuton bölejikler baradaky garaýyşyny tolkunlar baradaky garaýyşlar bilen birikdirmek isledi. Diňe

XIX asyryň başynda, Ýungyň we Freneliň işleriniň netijesinde tolkun nazaryýeti ýeňdi. Mundan ýüz ýyldan soň ylymda ýagtylyga bölejikleriň akymy görnüşinde garaýşy hem saklamagyň zerurlygyna düşüňildi.

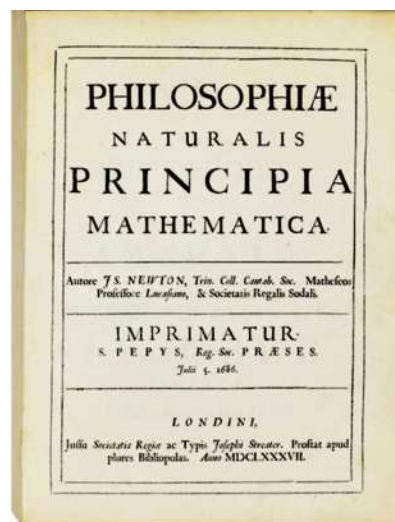
Umuman, ýagtylygyň tebigaty barada Nýutonyň garaýyşlary gapma-garşylykly. Ol ýagtylyga korpuskullaryň akymy (difraksiýany ol şeýle düşündirmäge synanyşdy) hökmünde garaýşyny, tolkun garaýşy («Nýuton halkasyny» düşündireninde) bilen birikdirmäge synanyşdy. Nýutonyň ýagtylygyň tebigatyna bolan garaýşy hem tolkun, hem korpuskulýar garaýyşlary öz içinde saklaýar – olar ýönekeý *korpuskulýar- tolkun dualizmi* görnüşindedir.

Nýutonyň jisimleriň ýagtylyga we tersine öwürlmek mümkinçiligi baradaky pikiri hem örän gyzyklydyr. Hakykatdan hem, 1933–1934-nji ýyllarda zarýadlanan bölejikleriň-elektronyň we pozitronyň ýagtylyga we tersine öwürme hadysalary açyldy. Şeýlelikde, Nýuton uzak geljekde atom fizikasynyň açyşlarynyň birini öňünden bildi.

### 7.3. Nýutonyň «Natural filosofiýanyň matematiki başlangyçlary» atly ylmy işiniň ähmiýeti

Umuman, Nýuton özüniň işlerini göwünsiz çap edipdir. Onuň döwürdeşleri Nýutonyň beýikdigini bilýärdiler. Dogry, alymlaryň hemmesi oňa düşünmeýärdiler we ony kabul etmeýärdiler. Onuň ähli çap eden işleri, şol sanda ilkinjilik baradaky sorag, güýçli jedelleri döredýärdi (oýlanyp tapylyan teleskop- refraktory, dispersiýa hadysasy, ýuka gatlaklaryň reňkleri, bütindünýä dartylma kanunynyň açylmagy, differensial we integral hasaplama usuly we ş.m.). Bu jedeller Nýutony gynandyýardy, bu garaýyşlar şol wagtlar «howada asylyp» durdylar. Şol sebäpli Nýuton özüniň «*Natural filosofiýanyň matematiki başlangyçlary*» atly kitabyňy uzak wagtyň dowamynda çap etmedi. Şol döwrüň mehanikasy, optikasy we matematikasy netijeleýji açyşlar üçin taýýardy we Nýuton bu netijeleýji işi örän ýönekeý ýerine ýetirdi.

1687-nji ýylda adamzat taryhynda iň belli kitaplaryň biri – Nýutonyň «*Natural filosofiýanyň matematiki başlangyçlary*» atly kitaby (bu kitaby gysgaça «*Başlangyçlar*» diýip hem atlandyrýarlar) çapdan çykdy (40-njy surat). Bu kitap dünýäniň ulgamy baradaky Kopernigiň işinden 144 ýyldan soň çap edildi. Kopernigiň geliosentrik ulgamy indi dinamiki esasa eýe boldy we berk ylmy nazaryýete öwürüldi. Bu kitap şol bir wagtyň



40-njy surat. I. Nýutonyň «*Natural filosofiýanyň matematiki başlangyçlary*» atly kitabyňyň titul sahypasy

özünde nusgawy mehanikany döretmek boýunça Galileýiň, Dekartyň, Gýuýgensiiň we beýleki alymlaryň işlerini jemledi we onuň indiki ösüşiniň berk esasyňy goýdy. Nýutonyň «*Başlangyçlary*» ylmyň ösüşinde täze eýýamyň başlanandygyny alama-tlandyrdy.

«*Başlangyçyň*» birinji neşiriniň sözbaşyňy Nýutonyň özi ýazdy. Ol bu ýerde öz döwrüniň tebigy biliminde «*tebigat hadysalaryny matematiki kanunlara tabyn etmek*» ymtylyşyň bardygyny barada aýtdy. Soňra Nýuton mehaniki fizikanyň meýil-namasyny ýazdy we fizikanyň çözmeli meselesini düzdi: «*Geljekde fizikanyň ähli kynçylygy hereket hadysalary boýunça tebigatyň güýçlerini bilmekden, soňra bolsa bu güýçler boýunça beýleki ähli hadysalary düşündirmekden ybarat bolar*».

Nýutonyň ylmy döredijiliginiň depesi bolan «*Başlangyç*» üç bölümden ybarat bolup, ilkinji iki bölümde jisimleriniň hereketi barada gürrüň edilýär, soňky bölüm dünýä ulgamyna bagyşlanandyr.

Nýutonyň esasy we möhüm üstünligi mehanikadadyr. Ol güýçleriň aralyga baglylygyny aldy we ol bu baglanyşygyň üsti bilen tebigatdaky ähli hadysalary düşündirip bolar, diýip aýdýar. Şeýlelikde, Nýutonyň dünýäsi – mehaniki dünýä. Ondaky ähli hadysalar, şol sanda optiki hadysalar (korpuskulýar we tolkun) mehanikanyň kanunlary bilen düşündirilýär.

Nýutonyň «*Natural filosofiýanyň matematiki başlangyçlary*» atly işinde:

- mehanikanyň esasy düşüňjeleriniň kesgitlemesi getirildi;
- mehanikanyň esasy kanunlary (Nýutonyň kanunlary) getirildi;
- mehanikanyň kanunlarynyň merkezi güýçleriň täsirindäki hereketlere ulanyşy getirildi;
- bütindünýä dartylma kanuny esaslandyryldy we dünýäniň gurluşy beýan edildi, ýagny dartylma kanuny esasynda planetalaryň we hemralaryň hereketi hasaplandy;
- Nýutona çenli edilen işler umumylaşdyryldy we ösdürildi.

«*Natural filosofiýanyň matematiki başlangyçlary*» kitaby materiýanyň mukdarynyň kesgitlemesi bilen başlanýar: «*Materiýanyň mukdary onuň dykzlygyna we göwrümine proporsional bolan ölçegdir*». Nýuton ilkinji gezek fizika massa diýlen düşüňjani girizdi we ony ölçemekligiň usulyňy görkezdi. Nýuton massa we maddanyň mukdary deň mana eýe diýdi. Nýuton massany, häzirki zaman edebiýatlarynda massanyň we göwrümiň üsti bilen kesgitlenýän, *dykzlygyň* üsti bilen aňladýar. Ol gadymy atomistler ýaly atomlar we giňişlik bar diýip hasaplaýar. Nýutona görä, birmeňzeş atomlaryň mukdary materiýanyň mukdarydyr. Ýagny materiýanyň mukdary, alnan göwrüm näçe uly boldugyça we bu göwrümde atomlar näçe dykzlyk ýerleşen bolsa, şonça-da, uludyr diýýär.

Şeýlelikde, Nýutonyň materiýanyň mukdary baradaky kesgitlemesi atomistika daýanýar. In esasy zat, bu ululygy ölçäp bolýanlygydyr. Materiýanyň mukdary jisi-miň agramy boýunça kesgitlenýär, ol jisimiň agramyna proporsionaldyr.



Galileý, howasyz giňişlikde ähli jisimleriň birmeňzeş tizlik bilen gaçýandygyny aýdypdy. Nýuton Galileýiň bu aýdýanlaryny tejribede barlady. Ol içinden howasy çykarylan turbada guş ýelegini, gurşun bölegini we dykyny ýerleşdirip, howasyz giňişlikde olaryň birmeňzeş tizlik bilen aşak gaçýandyklaryny gördi. Şeýlelikde, ol *agyrlyk güýjüniň tizlenmesiniň jisimiň massasyna bagly dälidigini* tassyklady. Ol *massa we agram biri-birlerine proporsional* diýen netijä gelýär. Nýuton bu baglanyşygy massany ýa-da maddanyň mukdaryny ölçemek üçin ulanýar.

Nýutonyň düşüňjesine görä massanyň we maddanyň mukdarynyň deň mana eýe bolmaklygy aýratyn närazylyklar döretmedi, sebäbi massa agram bilen ölçelýärdi, agramlylyk bolsa maddanyň aýratyn häsiýetnamasy hasaplanýardy. XX asyryň başlarynda fizika we himiýa okuw kitaplarynda, madda we materiýa – bu agramy bar bolan we giňişligi eýeleýän zatdyr diýlip ýazylýardy.

Nýutonyň bellemegine görä, agram – bu tötänleýin, jisime täsir edýän üýtgeýän täsiridir, şoňa görä-de jisimiň içki häsiýetini – inersiýany kesgitlemek gerek, diýýärdi (häzirki döwürde bu ululyga *inertlilik* diýilýär). *Massa inersiýanyň ölçegi* hökmünde häzirki zaman fizika okuw kitaplarynda saklanyp galdy we massany, Nýuton döwründäki ýaly terezide ölçeyärler. Umuman, inersiýany ölçemeklik mas-sany ölçemekligiň umumy usulydyr.

Şeýle hem Nýuton, mehanikanyň ilkinji fundamental düşüňjesini, ýagny *hereket mukdary* diýlen düşüňjäni girizdi: ol hereket mukdaryny hereketiň ölçegi hökmünde kesgitledi. Onuň kesgitlemesine görä *hereket mukdary massa we tizlige proporsionaldyr*.

«*Hereket mukdary*» diýlen düşüňjäni Dekart hem ulanypdy. Dekart bu ululygyň wektor häsiýetiniň bardygyna düşünmedi we ony urgy nazaryýetinde ýalňys ulandy. Nýuton tizligiň wektor häsiýetiniň bardygyny bilýärdi we şoňa görä-de *hereket mukdary wektor ululyk* diýip hasap etdi.

Emma, ylmyň taryhynyň görkezişine görä, «*hereket mukdary*» diýlen adalga şowsuz adalgadyr, sebäbi hereketi nähili ölçemelidigi düýbünden aýdyň däl. Bu adalga, edil «*at güýji*» diýlen adalga ýaly, häzirki döwre çenli saklanyp galdy. Häzirki wagtda «*hereket mukdary*» diýlen adalga «*impuls*» adalgasy bilen çalşyryldy.

Şeýle hem, Nýuton fizika *güýç* diýlen düşüňjäni (şol sanda *merkezden daşlaşýan güýji*) girizdi we ony (güýji) ölçemegiň usullaryny görkezdi.

Soňra Nýuton giňişlik we wagt düşüňjesine kesgitleme berýär: «*Giňişlik – bu materiýany saklaýjy, özboluşly gutudyr*. Bu gutuda materiýa ýerleşýär we hereket edýär. Materiýanyň barlygy absolýut giňişligiň häsiýetlerine we şeýle hem absolýut wagtyň häsiýetlerine täsir etmeýär. *Wagt – bu ýöne dowamlylykdyr*». Giňişligiň we wagtyň häsiýetleri baradaky bu garaýyşlar XX asyryň başlaryna çenli, tä relýatiwistik fizika döreýänçä dowam etdi.

Ýokarda sanalan düşüňjeleri peýdalanyp Nýuton aşakdaky üç sany belli kanuny döretdi. Olary Nýutonyň beýan edişi ýaly getireliň:

*I kanun:* Goýlan güýçler mejbur edýänçä her bir jisim özüniň dynçlyk ýa-da deňölçepli gönüçyzykly hereket halynda saklanmagyny dowam etdirýär.

*II kanun:* Hereket mukdarynyň üýtgemekligi goýlan hereketlendiriji güýje proporsionaldyr we bu üýtgemeklik güýjüň täsir edýän ugry boýunça bolup geçýär.

*III kanun:* Täsir, elmydama ters täsire deňdir we oňa ters ugrukdyrylandyr, başgaça aýdylanda, iki jisimiň biri-birine we öz aralarynda özara täsiri deňdirler we garşylykly ugrukdyrylandyr.

Nýutonyň «*Başlangyçlarynda*» getirilen *dördünji kanun – bütindünýä dartyлма kanunydyr.*

Russiýanyň mekdeplerinde XX asyryň başlaryna çenli Nýutonyň bu kanunlaryny latyn dilinde öwrenipdirler. Munuň özi beýik alyma bolan hormatdy.

Mehanikanyň kanunlaryny döredip, Nýuton bu kanunlardan gelip çykýan netijeleri hem, ýagny güýçleriň parallelogram düzgünini, massa merkezleriniň hereket kanunlaryny we ş.m. kesgitledi.

«*Başlangyçlaryň*» ikinji bölümünde Nýuton jisimleriň hereket edýän gurşawlarynyň garşylyk güýçlerine, gidro - we aerostatika, tolkun hereketiniň kanunlaryna, tüweleýli hereketleriň ýönekeý görnüşlerine seretdi.

Kitabyň üçünji bölümünde Nýuton dünýäniň umumy ulgamyny we asman mehanikasyny, hususan-da, polýuslarda Ýeriň gysylmagynyň nazaryýetini, joşgunlaryň we gaýtgyňlaryň nazaryýetini, kometalaryň hereketini, planetalaryň tolgunmalaryny we beýlekileri beýan etdi. Bu hadysalaryň hemmesini derňäp, Nýuton ähli ýerde öz dartyлма kanunynyň tassyklanmasyny tapýar.

Nýuton tarapyndan döredilen mehanika dünýä ulgamynyň suratyny döretmekde özüniň esasy ulanyşyny tapdy. Onuň esasynda Kopernigiň modeli ýatyrdy. Kopernigiň geliosentrik ulgamy astronomik gözegçilikler bilen ýeterlik tassyklan hem bolsa, ol ahyryna çenli subut edilmändi, sebäbi onuň dogrulygy ösen, gowy nazaryýet bilen düşündirilip bilinmedi. Bu meseläni çözmek üçin alymlar 150 ýyllap netijesiz işlediler. Bu bolsa dürli çaklamalaryň döremegine getirdi. R. Dekartyň tarapdarlary (*karterianslar*) dartyлmany *efir tüweleýleri* bilen düşündirmäge synanyşdylar. Dartyлmanyň tüweleý konsepsiyasy, owadan model bolsa hem, asman ýagtyltgyçlarynyň hereketini takyk hasaplap bilmeýärdi. Diňe Nýutonyň işleriniň döremegi bilen geliosentrik ulgamy nazary düşündirmek mümkin boldy.

Bütindünýä dartyлма kanunynyň açylmaklygyna Nýuton şeýle geldi. Dünýä ulgamynyň suratyny döretmekde Nýuton özünden öňki alymlaryň, H. Gýuýgeniň, R. Gukuň we italýan alymy Jowanni Alfonso Borelliniň (1608–1679 ý.) heniz kämil däl garaýyşlaryny döredijilikli ösdürýär we Nýuton ilki *dartyлма güýji* diýlen düşünjäni girizdi we bu güýç ýeriň üstünde *agyrlyk güýjüne* deň diýip aldy. Aýyň hereketi barada pikir edip, Nýuton şeýle netijä geldi: *Daş ýere gaçanda daşa täsir edýän güýç ýaly güýç bilen, ýagny agyrlyk güýji ýa-da dartyлма güýji bilen, Aý orbitada saklanýar.*

Merkeze ymtylýan tizlenme üçin *Gýúýgensin formulasyndan* we astronomiki maglumatlardan peýdalanylýp, ol Áýyň merkeze ymtylýan tizlenmesiniň daşyň Ýeriň üstüne gaçmak tizlenmesinden 36000 esse kiçidigini tapdy. Ýeriň merkezinden Áýyň merkezine çenli aralygyň Ýeriň radiusyndan 60 esse uludygyna görä, dartylma güýji aralygyň kwadratyna ters proporsionallykda kemelýär diýip çaklamak bolar. Özüniň mehanikasynyň kanunlarynyň esasynda Kepleriň kanunlaryny derňäp: «*Planetalary orbitalarda saklaýan güýçler Güne tarap ugrukdyrylandyrlar we olaryň merkezlerine çenli bolan aralyklaryň kwadratlaryna ters proporsionaldyrlar*» diýip belledi. Dartylma güýjüniň özara täsir edişýän jisimleriň massalaryna proporsionallygyny Nýuton şeýle formulirleýär: «*Dartylma ähli jisimlere täsir edýär we olaryň her haýsysynyň massalaryna proporsionaldyr*». Munuň dogrulygyny ol Galileýiň tejribelerinde görýär, ýagny şol tejribelere görä agyr jisimleriň Ýere gaçmak wagty olaryň massalaryna bagly däldir. Ol bu maglumaty has takyk usul bilen, ýagny «*maýatnikleriň yrgyldy wagtynyň deňligi*» bilen subut etdi (*ýüküň agramyna bagly bolmazdan maýatnikler birmeňzeş periodlar bilen yrgyldaýarlar*). Şeýlelikde, Nýuton bütindünýä dartylma kanunyny aşakdaky formula bilen aňlatdy:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

bu ýerde  $G$  – grawitasiýa hemişeligi;  $m_1$  we  $m_2$  – özara täsir edişýän jisimleriň massalary;  $r$  – özara täsir edişýän jisimleriň aralygy.

Täze nazaryýetiň synag jisimi hökmünde ilki başda Ýeriň şekili baradaky sorag boldy. Nýutonyň nazaryýetine görä Ýer polýuslarynda gysylan, Dekartyň nazaryýetine görä bolsa süýndürilen. Bu sorag boýunça köp ýyllar dowam edilen jedel 1735–1744-nji ýyllarda geçirilen işleriň netijesinde çözüldi. 1735-nji ýylda Pariž Ylymlar akademiýasy ekwatorada meridianyň dugasyny ölçemek üçin Perua, 1736-njy ýylda bolsa şol maksat üçin Laplandiýa ekspedisiýa gurady.

Ikinji ekspedisiýa akademik P.Mopertýui (1698–1759 ý.) ýolbaşçylyk etdi, bu ekspedisiýanyň düzümine ýaş fransuz matematigi A.K. Klero (1713–1765 ý.) hem girýärdi. Bu ekspedisiýa Nýutonyň nazaryýetiniň dogrulygyny subut etdi. 1743-nji ýylda Nýutonyň nazaryýetini tassyklaýan we ösdürýän Kleronyň «*Ýeriň şekiliniň nazaryýeti*» atly işi çap edildi.

Kleronyň 1752-nji ýylda çap edilen «*Áýyň hereketiniň nazaryýeti*» işi belli iňlis astronomy Edmond Galleyiň (1656–1742 ý.) 1682-nji ýylda açan kometasynyň (*Galley kometasy*) hereketini derňemeklige bagyşlanan. Klero bu işinde *Galley kometasynyň* 1759-njy ýylda görünjekdigini hasaplamalar üsti bilen subut etdi. Asman mehanikasy boýunça çap edilen işler Nýutonyň taglymatynyň beýik ýeňşi boldy.

1798-nji ýylda Kawendiş tejribe üsti bilen dartylma hemişeligini kesgitledi. Şunlukda, bütindünýä dartylma kanunyna, amaly meseleleri çözmek üçin amatly bolar ýaly, mukdar baglanyşyk görnüşi berildi.

Nýutonyň dartylma kanunynyň kömegi bilen asman jisimleriniň hereketine degişli köpsanly tejribe maglumatlar, şeýle hem gaýtgyňlaryň we joşgunlaryň kanunalaýyklygy subut edildi. Bütindünýä dartylma kanuny astronomiýada ulanylýan esasy kanunlaryň biri boldy. Bu kanuny ulanyp, 1846-njy ýylda U. Lewerýe (onuň bilen bir wagtda J. Adams) asman giňişliginde Neptun planetasynyň ýerleşýän ýerini nazary hasapladylar. Galle asmanyň görkezilen ýerinde bu planetany ýüze çykardy. Şeýle takyklyk bilen edilen hasaplamalaryň hormatyna Neptun planetasy «*galamyň ujunda*» açyldy diýlen söz döredi. Nýutonyň mehanikasyny hemişe we şu gün hem ýerüsti, şeýle hem kosmiki meseleleri çözenimizde ulanýarys. Häzirki zaman kosmonawtikasynda, mundan üç ýüz ýyl öň döredilen bütindünýä dartylma kanunyny ulanyp, kosmos enjamlarynyň traýektorýalaryny uly takyklyk bilen hasaplaýarlar.

«*Başlangyçlary*» okanynda dartylma güýjüniň tebigaty barada sorag gelip çykýar. Nýutonyň özi bu soragy çözmekden boýun gaçyrdy. Ol «*Dartylmanyň barlygy ýeterlikdir*» diýmek bilen çäklendi. Nýutonyň dartylma nazaryýeti karteziýanlar bilen absolýut boş giňişlik we giňişlik arkaly aralyga täsir edýän grawitasiýa güýji barada filosofiki jeddeleri dörettdi. Bu jedellere Nýuton hem gatnaşdy. Ol «*Başlangyçlaryň*» II neşiriniň girişinde «*Umumy düşündirişleri*» çap etdi. Onuň bu düşündirişi dini häsiýetdedi. Nýutonyň döredijiliginde ylmy we teologiki garaýyşlar biri-birine garyşýarlar. Nýutonyň ylmyň «*teologiýa has çümen*» döwründe ýaşandygyny ýatdan çykarmaly däliris.

Dartylmada, tebigaty näbelli bolan käbir güýjüň uly ähmiýete eýedigini barada-ky maglumat Nýutonyň garaýyşlarynyň ýeňşine getirmedi. Karteziýanlar mehaniki garaýyşlar bilen düşündirip bolmaýan hemme zatlary sholastika diýip düşünyärdiler, bu ýerde bolsa käbir hyýaly dartylma güýji barada aýdylýardy. Emma, başga tarapdan, efirdäki tüweleý hereketleri nazaryýeti arassa abstraktsiýadyr, ol Kepleriň nazaryýetini düşündirip bilmeýärdi, Nýutonyň dartylma kanunyny bolsa düşündirdi.

*Nýutonyň ylmy – bu uzakdan täsir nazaryýetidir*, ýagny islendik özara täsir tükeniksiz uly tizlik bilen göz-açyp ýumasy salymda (mgnowen) ýaýraýar. R. Dekartyň nazaryýeti bolsa *ýakyndan täsir nazaryýetidir*. Bu nazaryýete görä özara täsir gutarnykly tizlik bilen ýaýraýar. Fizikanyň ösüş taryhyna görä, tebigatda diňe ýakyndan täsir bardyr. Emma, muňa ynanmak üçin fizika örän köp ýol geçmeli boldy. Fizikanyň taryhynda bolsa bu şeýle boldy: hakykatda dogry bolan ýakyndan täsir konsepsiýasy ylmyň ösüşine päsgelçilik dörettdi, fizikanyň soňra ýüz öwürän uzakdan täsir nazaryýeti bolsa, köp ýyllaryň dowamynda onuň göni ýoly boldy. Bularyň hemmesi, ylymda göni ýoluň ýokdugyna mysal bolup biler.

Nýuton din bilen hem güýçli gyzyklanýar. Ol birnäçe dini (teologiki) işleri ýazdy: «*Dannil pygamberiň kitabyna düşündiriş*», «*Apokalipsis*», «*Hronologiýa*». Ol antikatolik we antipapistik garaýyşdady.

Nýuton özüniň ömrüniň ikinji ýarymynda alhimiýa bilen hem gyzyklanypdyr. Gynansak hem, ol filosofiki daşy döredipmi diýlen soraga jogap bermek kyn, sebäbi Nýutonyň alhimiýa degişli ýazgylary ýangynda ýok bolupdyr.

#### 7.4. Nýutonyň matematika degişli derňewleri

Fizikanyň ösüşinde matematikanyň ähmiýeti ägirt uludyr. Häzirki zaman nazary fizika çylşyrymly matematik guralda gurlan arassa matematiki dersdir. «*Natural filosofiýa*» adalgasy ylmyň we filosofiýanyň berk baglanyşykdadygyna şaýatlyk edýär. Manysy boýunça «*natural filosofiýa*» fizikany aňladýar. Angliýanyň uniwersitetlerinde fizika natural filosofiýa diýipdirler. Şeýlelikde, ylmyň taryhynda «*fizika*» adalgasyny tebigatyň filosofiýasynda natural filosofiýa degişli kitaplary bellemek üçin ulanypdyrlar. «*Natural filosofiýa*» adalgasy bolsa nusgawy fizikanyň esaslaryny bellemek üçin ulanylypdyr. Emma, bu taryhy ýagdaýyň öz düýpli sebäpleri bar: Aristotel hem, Nýuton hem fizikanyň meselesine birmeňzeş seredipdirler, ýagny «*fizika tebigatyň umumy nazaryýetini çözüär*» diýipdirler. Olaryň garaýyşlary düýpli tapawutlanýarlar. Nýuton natural filosofiýany, ýagny tebigatyň nazaryýetini matematiki we tejribe başlangyçlarda gurupdyr, Aristotel bolsa tebigata akyl ýetirmekde matematikany we tejribäni inkär edipdir.

Umuman, Nýuton özüniň ylmy işine matematikadan başlaýar. Ol *hatarlar nazaryýeti* bilen gyzyklanýar. Nýutonyň matematikada gazanan üstünlikleri onuň mehanikada eden işleri bilen baglanyşyklydyr. Ol dinamikanýň meseleleriniň üstünde işlände differensial we integral hasaplamagyň esaslaryny işläp düzdi we olary «*Başlangyçlara*» girizdi. Şeýle hem Nýuton *tükeniksiz kiçi ululyklar nazaryýetini* döredende, Ýewklidiň we Arhimediň matematiki usullaryny ulanýar. Nýutonyň «*Başlangyçlarynda*» käbir algebrasy bolan geometriýa höküm sürýär. Bu bolsa, sintetiki geometrik – algebraik usullar bolmak bilen, işi okamaklygy kynlaşdyrýar.

**Golfrid Wilgelm Leýbnis (1646-1716 ý.)** – nemes matematigi, mehanigi, fizigi, filosofy, hukukçy, taryhçy, ilçi, oýlap tapyjy we dilçi, Leýpsig şäherinde doguldy (41-nji surat). Ýen we Leýpsig uniwersitetlerinde okady. Berlin ylmylar Akademiasyny esaslandyryjy we onuň ilkinji prezidenti, Fransuz ylmylar Akademiasunuň daşary ýurtly agzasy. Ol *differensial we integral hasaplama usuly*ny döredijidir. Şol döwürde üýtgeýän ululyklaryň matematikasyny döretmek zerurlygy ýiti ýüze çykdy. Nýuton we Leýbnis egri çyzykly meýdanlaryň kwadraturasyny (integralyny), maksimumlar we minimumlar meselelerine degişli meseleleriň umumy çözülişlerini tapmagy başardylar.



41-nji surat. Gotfrid Wilgelm Leýbnis



Nýutonyň usulyňa «flýuksy hasaplamak» (häzirki wagtda bu usula *önümi hasaplamak*) diýilýär.

Flýukslary Nýuton depesine nokat goýlan harplar, ýagny wagta görä alnan önümleri  $\dot{x}$ ,  $\ddot{x}$ ,  $\ddot{\ddot{x}}$  we ş.m. bilen belläpdir. Leýbnis önümleri ştrihler ( $y'$ ,  $y''$  we ş.m.) ýa-da differensiallaryň gatnaşygy  $\left(\frac{dy}{dx}\right)$  hökmünde belläpdir. Kwadraturany Leýbnis uzaldylan latyn  $\int$  harpy bilen, ýagny häzirki döwürde bellenýän *integral* bilen belläpdir. XIX asyra çenli bu usuly kimiň ilkinji açandygy barada jedeller dowam etdi. Emma, bellemeli zat, alymlaryň ikisi hem bu beýik açyşa biri-birlerine baglanyşyksyz we birwagtda gelipdirler diýip aýdyp bolar.

Bu ýerde esasy bellemeli zat, häzirki zaman fizikasy – bu ylym, matematiki ylymdyr. Ýokarda matematikanyň fizika bilen içgin özara baglanyşyklydygy barada aýdyldy. Taryhyň şaýatlyk etmegine görä olaryň arasyndaky baglanyşyk örän kynlyk bilen döredi, emma bu iki ylmyň ösüşleriniň baş ýoly diňe olaryň üsti bilen geçdi.

Nýuton mehanikasy dolulygyna matematika bilen baglanyşykly bolan ilkinji ylymdyr. 1736-njy ýylda Nýuton we Leýbnis aradan çykandan soň, «*Sankt-Peterburg ylmlar Akademiýasynyň agzasy Leonard Eýler tarapyndan beýan edilen mehanika ýa-da hereket baradaky ylym*» atly kitap çap edildi. Bu kitapda mehanikanyň deňlemeleri ilkinji gezek differensial görnüşde, matematiki hasaplamalar bolsa matematiki derňewiň dilinde beýan edildi. 1788-nji ýylda bolsa, «*Başlangyç*» çap edilenden 100 ýyldan soň, Ž.L.Lagranžyň «*Analitik mehanika*» kitabynda, awtoryň guwanç bilen habar berşine görä, ýekeje çyzgy hem ýokdy. Bu kitapda mehanika we matematika bitewi ýaly birleşipdi. 100 ýylyň dowamynda mehanika şeýle ewolýusiýany başdan geçiripdi.

## 7.5. Nýutonyň täze derňew usuly

Nýutonyň işlerinde onuň dünýägaraýşy we barlaglarynyň *ylmy usulyýeti (metodologiýasy)* açylýar. Nýuton özakymly materialist bolupdyr. Ol materiýanyň, giňişligiň we wagtyň obýektiw barlygyna, adamyň akyl ýetirişine düşnükli bolan dünýäniň obýektiw kanunlarynyň barlygyna ynanýardy. Hemme zady mehanika bilen baglanyşdyrmaga bolan ymtylyşy bilen Nýuton *mehanistik materializmi (mehanisizmi)* goldady.

Ylmyň ösüşinde Nýutonyň ornuny kesgitlemek bilen onuň, häzirki döwürde hem ähmiýetini ýitirmedik, *derňew etmegiň täze usulyny* hödürändigini hem bellemek gerek. Bu usul islendik derňewiň algoritmini (*algoritm-kesgitli bir kada esasynda meseläni çözmek tärleriniň ulgamy*) kesgitleýär we ol aşakdakydan ybarat: *tejribäniň esasynda umumy kanunalaýyklyklar döredilýär we ondan tejribe arkaly barlap bolýan, deduktiv ýol bilen kanunlar we netijeler getirilip çykarylýar. Nazaryýetiň tejribe bilen gabat gelmegi – fiziki kanunlaryň dogrulygynyň girewidir.*

Diňe *Nýuton usuly* (ony gipotetik – *deduktiv usuly* diýip hem atlandyrýarlar) ylmy barlaglary geçirmekligiň häzirkî zaman usullarynyň esasy bolup hyzmat edýär.

Nýutonyň hut özüniň geçiren barlaglary hem bu usula garşy gelmeýär. Ony mehanikanyň we bütindünýä dartyлма kanunlarynyň açylyşynyň hem-de optiki derňewleriň mysalynda we beýlekilerde görmek bolýar. Derňew etmekligiň *Nýuton usuly* şol döwürde agalyk edýän, ýagny tejribe arkaly alnan maglumatlary islendik, hatda hyýaly (fantastik) usul bilen hem bolsa hökman düşündirmek gerek, diýlen pikire garşy boldy. Nýutonyň özi şeýle esasy fiziki nazaryýetleri döredip bolmaz diýip hasaplaýardy.

*Nýutonyň usulyýet meýilnamasynyň esasy* bolup, ylmyň emipirik häsiýetini we ony matematiki beýan etmekligiň takyklygyny görkezýän aşakdaky «*Filosofiki abstraksiýalaryň düzgünleri*» hyzmat edýär:

*I düzgün.* Hadysalary düşündirmek üçin hakyky we ýeterlik bolan sebäplerden aşaköp sebäpleri tebigatdan talap etmeli däl.

*II düzgün.* mümkin boldugyça bu sebäpleri, tebigaty boýunça birmeňzeş sebäpleriň ýüze çykmasy hasaplap bolar.

*III düzgün.* Synag geçirip bolýan ähli jisimlere mahsus bolan, güýçlendirip ýa-da gowşadyp bolmaýan häsiýetler, ähli jisimiň häsiýeti hökmünde kabul edilmelidir.

*IV düzgün.* Tejribe filosofiýasynda, hadysalardan umumy deduksiýanyň kömegi bilen getirilip çykarylan teklipler, olara garşylykly bolan çaklamalaryň bar bolmagyna garamazdan, ony has takyklaýan ýa-da inkär edýän hadysalar ýüze çykarylýança, takyk we takmynan dogry hasap edilmelidir.

Nýuton tarapyndan döredilen *akyl ýetiriş*, soňra *prinsipler usuly* diýip atlandyrylan bu düzgünler, ondan öňki alymlaryň ulanmadyk, çuňňur oýlanyşykly taglymat ulgamyny düzýär. Onda getirilen düşünişmeklik, gözegçilik, ýönekeýlilik, sebäplilik, göränilik, simmetriýalyk, bilimiň birligi ideýalary häzir hem taglymatyň prinsipleri ýaly ulanylýarlar (olaryň mazmuny käbir üýtgeşmelere sezewar bolsa hem). Eger Dekart ylmy käwagt erkin çaklamalaryň kömegi bilen sebäpsiz garaýyşlardan azat etmekçi bolan bolsa, Nýuton, tebigaty diňe kesgitli we ýeke-täk dogry düşündirmek ýoly bilen, ylmy her hili delilsizlikden azat etmek isledi. Nýuton antik döwüründen gaýdýan we orta asyr alymlary, soňra Galileý we onuň okuwçylary tarapyndan ösdürilen ylmy we taglymat düzgünleri dowam etdirip, makrodünýäniň hadysalaryna ylmy taýdan akyl ýetirmeklige ýokary derejede laýyk gelýän, taglymat ulgamynyň döredilmegini tamamlady. Şunuň bilen birlikde ol dünýäniň ilkinji ylmy esaslandyrylan fiziki suratynyň esasyňy goýdy.

Nýutonyň ylmy ýeňşi döwürdeşleri we geljekki nesiller tarapyndan ýokary bahalandyryldy. Nýutonyň usuly Ampere we Faradeýe, Tomsona we Makswelle, Eýnşteýne we Diraga nusga boldy. Nýutonyň kanunlary asyrlaryň dowamynda awtoryň döredişi ýaly ýatdan öwrenildi. Dünýäniň ähli mekdeplerinde diýen ýaly

olary bilmeklik hökmany edildi. Taze fizika Nýutonyň giňişlige we wagta, massa we täsire bolan garaýyşlaryny üýtgetdi, emma, onuň mehanikasyny taşlamany, onuň diňe ulanyş araçaklerini kesgitledi. Häzir hem beýik alymyň döredenlerinden peýdalanylýar.

Nýutonyň belleýşine görä, onuň ähli döreden zatlary ahyrky hakykat dälidir we dünýä akyl ýetirmek tükeniksizdir. Bu barada ol şeýle ýazýar: «*Dünýäniň meni nähili hasaplaýandygyny bilemok, emma men özümi deňziň kenarynda şu wagta çenli adatdakydan hem has reňkli daşlary ýa-da has owadan balykgulaklary gözläp, oýnap ýören oglanjyk hasaplaýaryn. Meniň önümde bolsa derňelmän ýatan hakykatyň beýik ummany ýatyr*».

## 8-nji bab. NUSGAWY MEHANIKANYŇ ÖSÜŞI

### 8.1. Mehanikanyň analitik usul bilen beýan edilişi

Isaak Nýuton özünden soň iki esasy meseläni galdyrdy: mehanikany has kämil ulgam görnüşe getirmekligi we takyk statiki we dinamiki meseleleri hasaplamak usullaryny döretmek meselelerini. Bu meseleleri çözüp, Nýutonyň maksatnamasyny amala aşyrmaga geçmek bolar.

Nusgawy fizikanyň taryhyny öwrenmekligi mehanikadan başlamaklygyň öz düýpli esaslary bardyr. E.Mahyň belleýşine görä: «*Mehanikanyň her bir mümkin bolan ýagdaýlaryna seretmek üçin Nýutonyň prinsipleri ýeterlikdir. Eger şunlukda kynçylyklar döreyän bolsa, onda ol kynçylyklar ynanç esasynda däl-de, diňe matematiki häsiýetde bolmalydyrlar*».

XVIII asyrdan mehanika differensial we integral hasaplamalar usuly aralaşdy, we ol analitik boldy. Mehanikanyň ösmekliginde peterburgly akademik Leonard Eýleriň (1707–1783 ý.) we fransuz akademigi Žozef Lui Lagranžyň (1736–1813 ý.) hyzmatlary örän uludyr.

Esasy mesele Nýuton mehanikasyny analitik görnüşe öwürmekdi. Ilkinji şeýle synanyşygy L. Eýler Peterburgda işleýärkä amala aşyrdy.



42-nji surat.  
Leonard Eýler

**Leonard Eýler (1707–1783 ý.)** – matematik we fizik. Ol mehanikanyň soraglary bilen gyzyklandy, Şweýsariýanyň Bazel şäherinde doguldy (42-nji surat). 13 ýaşynda Bazel uniwersitetiniň sungat fakultetine okuwa girýär.

L. Eýler Peterburgda 1727–1741-nji we 1766–1783-nji ýyllarda ýaşady we işledi. Onuň ylmy döredijiliginiň köp bölegi Peterburg Ylymlar akademiýasynda geçdi. L. Eýler 1727-nji ýylda Peterburg akademiýasynyň adýunkty (kiçi akademik) bolýar. 1731-nji ýylda fizikanyň professory, ýagny akademiýanyň hakyky agzasy, 1733-nji ýylda ýokary matematika kafedrasynyň ýolbaşçysy boldy.

L. Eýler matematika, mehanika, astronomiýa, fizika, tehnika, logika, filosofiýa, statistika, hatda oba hojalygy bilen hem gyzyklanypdyr. Onuň 865-e golaý ylmy işi we köpsanly kitaplary bar. L. Eýler özüniň ägirtligi bilen matematikanyň ähli bölümlerine degişli işleri etdi. Ol arifmetika we elementar algebra, matematiki derňewe giriş we analitiki geometriýa boýunça okuw kitaplaryny ýazdy. Onuň trigonometriýany beýan ediş ulgamy bize üýtgeşsiz görnüşde diýen ýaly ýetdi.

L. Eýleriň köp işleri arassa amaly ylmlara bagyşlanan. Onuň iki tomluk «*Deňiz ylmy*» kitaby XVIII asyryda gämi gurluşykda we gämiçilik ylmynda ägirt uly ähmiýete eýe boldy. Onuň «*Aýyň hereket nazaryýeti*» kitaby we onuň esasynda düzülen tablisalar ýüzlerçe ýyl deňizde ýüzüjiler tarapyndan ulanyldy.

Şeýle hem L. Eýler fizikanyň dürli bölümlerine degişli fiziki derňewleri hem geçirdi. Onuň Nýuton mehanikasyny kämilleşdirmek baradaky işlerinden başga-da, ylmy işleri kändir. Ol gidrodinamikany esaslandyryjylaryň biridir. Onuň akustika, materiallaryň garşylygyna, gämileriň nazaryýetine, matematiki fizikanyň käbir meselelerine degişli ylmy işleri bardyr. L. Eýleriň işleriniň köp bölegi optika degişlidir. Ol özüniň hususy, ýagtylygyň tolkun nazaryýetini döretdi we optikanyň köpsanly hususy meselelerini çözdü. Eýleriň üç tomluk «*Dioptrika*» kitabynyň esasynda kämilleşen gurluşly teleskoplar we mikroskoplar döredildi. Ol efir düşüňjesiniň esasynda mehaniki, optiki, ýylylyk we beýleki hadysalary özünde saklaýan dünýäniň bitewi suratyny gurmaga synanyşdy.

1736-njy ýylda Eýleriň 2 jiltlik «*Mehanika ýa-da analitik usul bilen beýan edilen hereket baradaky ylym*» atly kitaby Peterburgda çap edildi. Eýler: «*Başlangyçlary okanymdan soň maňa köp meseleleriň çözülişleri ýeterlik düşnükli bolan ýaly boldy, emma olardan sähelçe gaýra durýan meseleleri men çözüp bilmedim*» diýip belleýär. Şonda ol kesgitlemeleri özüne amatly bolar ýaly derňew usuly bilen gaýtadan işledi we işiň esasynda ep-esli gowy düşündi. Edil şeýle işleri, Eýler mehanika degişli beýleki eserler bilen hem ýerine ýetirdi. Ol: «*Bu güýmenjelerde men, diňe mehanika däl, ähtimal derňew usulynyň özi hem düýpli derejede baýlaşan, täze usullary tapdym*» diýip ýazýar.

Eýleriň esasy maksady mehanikany analitik usul bilen, ýagny matematikany ulanyp beýan etmek we şeýlelikde, ony amaly hasaplamalaryň serişdesine öwürmekdi. Eýleriň çemeleşmesi Nýutonyň we ondan öňki alymlaryň köpsanly geometrik hasaplamalaryndan el çekmek, olary oňaly, analitik usullaryň kömegi bilen beýan etmekden ybaratdy. Diňe Eýler ilkinji bolup dinamikanıň ikinji kanunyny analitik görnüşde ýazdy we ony mehanikanyň esasy kanuny diýip atlandyrdy.

Eýler Nýutonyň dinamikanıň esasy düşüňjeleri bolan *güýç we massa* baradaky kesgitlemelerini hem goldaýar. Eýler Nýutona görä manysyny saklap, Nýutonyň kanunlaryny, olara has anyk, gutarnykly aňlatma görnüşini berip, häzirki zaman görnüşine golaý görnüşde beýan etdi. Mehanikanyň sütüni hökmünde Eýler Nýutonyň ikinji kanunyny ulandy we onuň kömegi bilen dürli takyk meselelere seretdi.

Eýler 1765-nji ýylda çap edilen «*Gaty jisimiň hereket deňlemesi*» atly kitabynda aýlanma hereketiniň mehanikasyny ösdürdi. Ol, hususan-da, gaty jisimiň aýlanma hereketiniň esasy deňlemesini hödürledi:

$$M = I\beta,$$

bu ýerde  $M$  – aýlanma okuna görälikde ähli daşky güýçleriň netijeleşýji momenti;  $I$  – inersiýa momenti;  $\beta$  – burç tizlenmesi.

Kesgitlemä görä güýjüň momentiniň şol bir bahasynda uly inersiýa momentli jisim kiçi burç tizlenmesine eýedir. Bu deňlemäniň wektor görnüşi:

$$\vec{M} = I\vec{\beta}.$$

Eýler tarapyndan alnan deňlemeler häzirki döwre çenli fizikada we tehnikada ulanylýar. Şeýlelikde, L. Eýler mehanikanyň ösmekligine düýpli goşant goşdy.

Eýleriň kitaby *kartezianslar* (olaryň merkezi Parižde ýerleşýärdi) bilen *nýutoniýanslaryň* (Londonda) aralarynda giňişligiň tebigaty barada güýçli jedelleriň dörän döwründe çap edildi. Bu jedeller Eýleriň işinde öz beýanyyny tapdy we ol iki nukdaýnazaryň birini saýlap almalydy. Ol edil pragmatik ýaly hereket etdi. Nýutonyň nukdaýnazary hasaplamalar üçin has oňalydygy üçin Eýler ony kabul etdi. Emma, Eýler: «*Giňişlik – Nýutonyň garaýşyna görä diňe dünýäni «saklaýan» zat däl-de, bu – diňe oňalyly matematiki abstraksiýadyr*» diýip belledi.

## 8.2. Mehanikanyň prinsipleri

XVIII asyryň mehanikasy Nýutonyň kanunlaryndan hem has umumy prinsipleri gözlemeklik bilen hem tapawutlanýar. Bu döwürde *nazary mehanika* döredi. Nazary mehanika mehanizmleri we desgalary matematiki hasaplamagyň usullaryny ulanyp öwrenýän ylym. Şunlukda, hasaplamalar hakyky şertlerde geçirilmän olaryň modellerinde (nugdalarynda) geçirilýär. I. Nýuton tarapyndan mehanikanyň esasy-na goýlan prinsipler mehanikany gurmak üçin ýeke-täk mümkinçilik däl. Muňa XVIII asyryň alymlary hem düşüňärdiler. Olar Nýutonyň prinsiplerine deňgüýçli (ekwiwalent) ýa-da has umumy bolan, mehanikanyň esaslaryny gözlediler. Olaryň gözlegleri netijesinde nusgawy mehanikadan belli bolan wariasion usullar: *mümkin bolan orun üýtgemeler prinsipi, iň gysga täsir prinsipi we Dalmberiň prinsipi* döredi.

Ideal baglanyşygy bolan mehaniki ulgamyň umumy deňagramlylyk şertini kesgitleýän *mümkin bolan orun üýtgemeler prinsipi* 1717-nji ýylda Iogann Bernulli (1667–1748 ý.) tarapyndan döredildi, onuň häzirki zaman görnüşini bolsa Ž.L. Lagranž dörettdi. Mümkin bolan orun üýtgemeler prinsipi *differensial wariasion prinsipe* degişlidir we şeýle kesgitleňýär: *Ideal baglanyşygy bolan mehaniki ulgamyň deňagramlylygy üçin zerur we ýeterlik şert bolup, ulgamyň islendik mümkin bolan orun üýtgemelerinde ulgama goýlan ähli işjeň (aktiw) güýç-*



*leriň edýän elementar işleriniň jemi nola deň bolmalydyr.* Bu prinsip matematiki görnüşde şeýle ýazylýar:

$$\sum \delta A_i = \sum F_i \delta s_i \cos \alpha_i = 0 ,$$

bu ýerde  $\sum \delta A_i$  – işjeň (aktiw) güýçleriň elementar işleriniň jemi,  $F_i$  – täsir edýän işjeň (aktiw) güýçler;  $\delta s_i$  – bu güýçleriň goýlan nokatlarynyň mümkin bolan orun üýtgemeleriniň ululygy;  $\alpha_i$  – güýçleriň ugurlary we mümkin bolan orun üýtgemeleriniň arasyndaky burç.

Iň gysga täsir prinsipi umumy görnüşde şeýle kesgitlenýär: «*Tebigat has ýeňil we mümkin bolan ýollar bilen täsir edýär*». Optikada bu prinsip P.Ferma tarapyndan ulanyldy. Mehanikada bu prinsip fransuz alymy Pýer Lui de Mopertýui (1698–1756 ý.) tarapyndan 1740–1744-nji ýyllarda döredildi, soňra Eýler tarapyndan häzirki zaman görnüşinde ýazyldy. *Iň gysga täsir prinsip integral wariasion prinsipe* degişlidir we şeýle kesgitlenýär: *Ulgamyň hakyky hereketi ähli mümkin bolan hereketlerden, onuň üçin energiýanyň we wagtyň köpeltmek hasyly görnüşinde ölçegi bolan, täsir diýip atlandyrylýan ululygyň minimal bolmagy bilen tapawutlanýar.* Bu prinsipe Mopertýuiniň prinsipi diýilýär.

Matematik we filosof Ž.L. Dalamber «*Dinamika barada traktata*» atly kitabynda mehanikany (1743 ý.): *inersiýa güýçleri prinsipi, hereketleri goşmak prinsipi we deňagramlylyk prinsipi* diýen üç prinsipde gurýar. Olaryň birinjisi Eýler tarapyndan alnan deňlemä getirilýär, ikinjisi-hereketleriň (tizlikleriň we güýçleriň) goşulma (superpozisiýa) prinsipi, üçünjisi Dalamberiň prinsipidir.

Mehanikada çözülýän meseleleriň köpdürlüligi mehaniki ulgamyň hereket deňlemesini ýazmaklygyň dürli usullaryny talap edýär. Erkin ulgamyň hereketini beýan etmäge mümkinçilik berýän şeýle usullaryň biri Dalamberiň prinsipidir.

**Žan Leron Dalamber (1717–1783 ý.)** – fransuz alymy-ensiklope-diýaçysy (43-nji surat), filosof, matematik we mehanik hökmünde belli. Pariž (1740ý.), Fransuz (1752 ý.), Peterburg (1764 ý.) we beýleki Ylymlar akademiýalarynyň agzasy.



43-nji surat. Žan Leron Dalamber

Inersiýa güýçleriniň döreýşine seredeliň. Hereket halynyň islendik üýtgemesiniň sebäbi bolup güýç hyzmat edýär, ýagny islendik tizlenmäniň sebäbi güýçdir. Tizlenme güýjüň täsir edýän ugruna ugrukdyrylandyr. Mundan başga-da tizlenmäniň netijesi hökmünde ýüze çykýan *inersiýa güýçleri* hem bardyr. Bu güýçler tizlenmäniň tersine ugrukdyrylandyr. Diýmek, inersiýa güýçleri tizlenmeli hereket edýän hasaplama ulgamynda, ýagny inersial däl hasaplama ulgamynda ýüze çykýarlar. Bu güýçlere *hyýaly, wirtual (güýç ýaly) güýçler* ýa-da Dalamberiň

*goşmaça güýji* hem diýilýär. Berlen jisimiň tizlenmesini ýüze çykarýan güýçler we tizlenme netijesinde döreýän inersiýa güýçleri biri-birine deňdirler we garşylykly ugrukdyrylandyrlar. Onda jisimiň öňe bolan hereketi üçin dinamikanyň esasy deňlemesinden alarys:

$$\vec{F} = m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} \quad \text{ýa-da} \quad \vec{F} - m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = 0.$$

Inersiýa güýji ýa-da Dalmberin goşmaça güýji aşakdaky ululyga deňdir:  $\vec{D} = -m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}$ . Onda jisimiň öňe bolan hereketi üçin deňagramlylyk şerti şeýle ýazylýar:

$$\vec{F} + \vec{D} = 0.$$

Birnäçe daşky güýçler täsir edýän, erkin hereket edýän material ulgam üçin, ulgamyň haýsy bolsa-da bir nokadyna goýlan daşky güýçleriň deňtäsi redijisini  $\vec{F}_1$  diýip bellesek we bu nokada täsir edýän içki güýçleri birleşdirip  $\sum \vec{N}_1$  diýip bellesek, onda ulgamyň her bir nokady üçin dinamikanyň esasy deňlemesini aşakdaky görnüşde ýazmak bolar:

$$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{F}_1 + \sum \vec{N}_1,$$

bu ýerde  $\vec{F}_1$  we  $\sum \vec{N}_1$  – hakyky bar güýçler. Bu güýçleriň üstüne Dalmberin  $\vec{D} = -m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}$  goşmaça güýjüni (inersiýa güýjüni) goşsak, *hereket edýän ulgamyň her bir nokady üçin deňagramlylyk şertini alarys, ýagny hereket edýän nokat üçin islendik wagt pursadynda nokada täsir edýän işjeň güýçleriň, içki güýçleriň we inersiýa güýjüniň geometrik jemi nola deňdir:*

$$\vec{F}_1 + \sum \vec{N}_1 + \vec{D} = 0.$$

Soňky deňlemäni ulgamyň ähli nokatlary üçin ýazsak, onda *birnäçe güýç täsir edýän ulgamyň deňagramlylyk şertini (Dalmberin prinsipini)* alarys:

$$\sum \vec{F}_1 + \sum \sum \vec{N}_1 + \sum \vec{D} = 0.$$

Ähli içki güýçleriň ikeldilen jeminde  $\sum \sum \vec{N}$  ululyk Nýutonyň III kanunyna görä (oňyn we ters täsire görä)  $\sum \sum \vec{N} = 0$ , onda  $\sum \vec{F}_1 + \sum \vec{D} = 0$ .

Alnan deňlemeler ikinji tertipli differensial deňlemelerdir, sebäbi olaryň her birinde inersiýa güýjünde tizlenme bardyr. Dalmberin prinsipi dinamikanyň meselelerini statikanyň usullary bilen çözmeklige mümkinçilik berýär.

Bu prinsipleriň esasynda Ž.L. Lagranž analitik mehanikanyň gutarnykly ulgarmyny döretdi. Nazary mehanikanyň ösüşine Lagranž has uly goşant goşdy.

**Žozef Lui Lagranž (1736–1813 ý.)** – italýan gelip çykyşy bolan fransuz matematigi (44-nji surat), astronomy we mehanigi. Eýler bilen bir hatarda XVIII asyryň görnükli matematikleriniň biri. Ol Fransiýanyň Turin säherinde doguldy. On sekiz ýaşynda ol matematikanyň differensial, integral we wariasion hasaplama oblastlarynda ilkinji ylmy netijeleri özbaşdak aldy, on dokuz ýaşynda Turinde artilleriýa mekdebinin professory boldy. 23 ýaşynda (1759-njy ýylda) ol L. Eýleriň hödürlemegi bilen Berlin Ylymlar akademiýasynyň agzalygyna saýlandy. 30 ýaşynda bolsa, Eýleriň Peterburga gidenligi sebäpli onuň eýeleýän wezipesine, akademiýanyň fizika matematika bölüminiň prezidentligine saýlanýar. Lagranž bu wezipäni 20 ýyl eýeledi. 1788-nji ýylda ol Parižin Politehniki mekdebine geçýär we bu mekdebi matematika boýunça Fransiýanyň öndebaryjy ylmy merkezine öwürýär. Fransuz buržua rewolýusiýasyndan soň ol Fransiýada metrik ulgamy girizmek boýunça komissiýa ýolbaşçylyk etdi. Lagranž ýygnaýan ylmy maglumatlary derňemekde we umumylaşdyrmakda aýratyn ussatlygy bilen şöhratlandy.



44-nji surat.  
Žozef Lui Lagranž

Lagranž Nýutonyň geometriki usullaryndan gutarnykly el çekdi. Onuň 1788-nji ýylda fransuz dilinde çap edilen «*Analitik mehanika*» atly kitabynda düýbünden çyzgylar ýokdy.

«*Analitik mehanika*» kitaby iki bölümden, ýagny statika we dinamika bölümlerinden ybaratdy. Olaryň birinjisi üç principe: ryçag prinsipine, güýçleriň goşulma prinsipine we wirtual tizlikler prinsipine esaslanýardy. Şunlukda, Lagranžyň beýan etmelerinde taryhy çemeleşmäni ulanýandygy gyzyklydy. Onuň netijeleri bu ugruň taryhy ösüşiniň netijeleri hökmünde getirilýärdi. Hakykatda, Lagranž mehanikanyň ilkinji taryhçysy bolupdy. XVIII–XIX asyrlarda mehanikada, elektrikde we optikada taryhy çemeleşmäniň örän giň ýaýrandygyny bellemek gerek.

Lagranž dinamikanyň esasynda *in gysga täsir prinsipini* goýdy. Ol ondan material nokatlaryň hereketini beýan edýän umumy formulany we soňra hereketleriň deňlemelerini we kanunlaryny alýar. Olary ösdürip, Lagranž nusgawy mehanikanyň aşakdaky belli deňlemesini alýar.

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{dL}{dq_i} \right) - \frac{dL}{dq_i} = 0,$$

bu ýerde  $q_i$  we  $\dot{q}_i$  – umumylaşdyrylan koordinatalar we tizlikler;  $L$  – kinetik we potensial energiýalaryň tapawudyny aňladýan *lagranžian*:

$$L = T - U.$$

Lagranžyň usuly örän kuwwatly usul bolup, ol birnäçe meseleler toplumyny çözmäge kömek edýär. Belli irland matematigi we mehanigi U. Gamilton (1805–1865 ý.) mehanikanyň ösmegine Lagranžyň goşandyna ýokary baha berip, onuň bu işine «*özboluşly matematiki poema*» diýip atlandyrdy.

Bu iş bilen nusgawy mehanikanyň esaslaryny döretmekligiň örän netijeli döwri tamamlandy. Häzirki zaman nazary fizikasynda Lagranžyň deňlemeleri mehanikanyň çäklerinden çykyp, örän uly ähmiýete eýe boldy. Lagranžyň deňlemeleri termodinamikada, elektrodinamikada we atom fizikasynda üstünlikli ulanylýar.

### 8.3. Saklanma kanunlarynyň ulanylyşy

Mehanikanyň ösüş prosesinde gözlegler diňe bir ýokarda görkezilen tizlendi-riji güýçler prinsipine esaslanan ugurlar boýunça alnyp barylman, başga prinsiplere esaslanan ugurlar boýunça hem alnyp barylady. Bu ugurlaryň biri *saklanma kanunlaryny* ulanmakdyr. Gýuýgens we ondan hem öň Galileý energiýanyň saklanma kanunyny hususy hallarda ulandylar. Soňra Leybnis «*janly güýçleriň*» ( $m\dot{q}^2$ ) saklanmasy barada kanuny kesgitledi we ony mehanikanyň esasyňa goýdy.

Leybnisiň pikirini Iogann Bernulli ösdürdi. Ol tebigatda hereketleriň saklanmasynyň ýüze çykmagyna Nýutonyň ynamsyz garaýandygyny tankyt edýär. Janly güýçleriň saklanmagy baradaky garaýşy gorap, ol bu garaýşy dürli mehaniki: şarlaryň hereketleri we çaknyşmalary, fiziki maýatnigiň yrgyldylary ýaly meseleleri çözmekde ulandy. Umuman aýdylanda, I. Bernulli janly güýçleriň saklanma kanunyny diňe, olar potensial energiýany (agyrlýk güýjüniň meýdany ýa-da deforma-siýanyň potensial energiýasyny) aňladýan ýagdaýlarda ulandy. Onuň ogly Daniil Bernulli has hem öňe gitdi. Ol bu kanuny suwuklygyň hereketi we aralarynda merkezi güýçler diýip atlandyrylýan güýçler täsir edýän material nokatlaryň ulgamy üçin ulandy. Bu oňa, özüniň adyny göterýän kanuny açyp, suwuklyklaryň we gazlaryň hereketini beýan etmeklige mümkinçilik berdi.



45-nji surat.

Daniil Bernulli

**Daniil Bernulli (1700–1782 ý.)** – şweýsar fizigi (45-nji surat), mehanigi, matematigi, gazlaryň kinetik nazaryýetini, gidrodinamikany, matematiki fizikany esaslandyryjylaryň biri. Peterburg Ylymlar akademiasynyň akademigi we onuň hormatly daşary ýurtly agzasy (1733 ý.), Bolon (1724 ý.), Berlin (1747 ý.), Pariž (1748 ý.) Ylymlar akademiasynyň we Londonyň Korollyk jemgyýetiniň (1750 ý.) agzasy.

Janly güýçleriň saklanma kanuny soňra Lagranž tarapyndan «*Analitik mehanikada*» beýan edildi. Onuň *janly güýç diýip atlandyrylýan, häzirki zaman dilinde aýdylanda, potensial energiýadyr*. Lagranž janly güýçleriň saklanma kanunyna düýpli many bermedi. Ol janly güýçleriň saklanma kanunyna mehanikanyň özi tarapyndan kesgitlenen umumy düzgünlerinden gelip çykýan netije hökmüne seretdi.

«Energiýa» adalgasynyň döremegi örän haýal bolup geçdi. Galileýiň «*impe- to*», Leýbnisiň «*janly güýji*», Monža Karnonyň «*dinamiki effekti*» düşüňjeleriniň hemmesi energiýa manyny berýärdi. 1807-nji ýylda Tomas Ýung «*Natural filoso- fiýa boýunça leksiýalar*» atly ylmy makalasynda işiň we energiýanyň birmeňzeşli- gi (toždestwenligi) barada ýazýar, ýagny energiýa «*jisimiň massasynyň (ýa-da agramynyň) onuň tizligini aňladýan sanyň kwadratyna köpeltmek hasylyna deňdir*» diýip aýdýar.

1820-nji ýylda matematik Žan Wiktor Ponsele (1788–1867 ý.) «*iş*» adalga- syny gutarnykly tassyklaýar we «*onuň ikeldilen bahasy, hiç zatdan alynmaýan we ýitmeýän, diňe öwrülýän, janly güýje deňdir*» diýip belleýär. 1841-nji ýylda Ponsele tarapyndan «*tizlenme*» diýlen fiziki ululyk girizildi. 1841-nji ýyl fizikada özbaşdak ugur hökmünde kinematikanyň dörän ýyly hasaplanýar.

Şeýlelikde, amalyýetçiler hereketiň hakyky ölçegini anyklaýan wagtlarynda, nazaryýetde ozalkysy ýaly dürli ululyklar, ( $m \cdot g^2$  – janly güýçler,  $m \cdot g \cdot s$  ýa-da  $m \cdot g^2 \cdot t$  – täsir) ulanylýardy. Bu ugurda irland matematigi U.R. Gamilton köp iş etdi.

**Uilýam Rouan Gamilton (1805–1865 ý.)** – irlandiýaly matema- tik (46-njy surat), fizik-nazaryýetçi, mehanik-nazaryýetçi. «*XIX asyryň iň gowy matematikleriniň biri*» diýen ada eýe bolan, matematikada, mehanikada we optikada eden düýpli açyşlary bilen belli alym. Irland Korollyk akademiýasynyň agzasy (1832 ý.) we 1837–1845-nji ýyllarda onuň prezidenti boldy. Ol Irlandiýanyň Dublin şäherinde doguldy. Ga- milton 3 ýaşynda okap we arifmetikany, geografiýany ýeterlik bilipdir. 10 ýaşynda talyp bolýar, 12 ýaşynda 12 dili bilipdir. 1827-nji ýylda ol Dublin uniwersitetiniň Trinitý kollejini tamamlýar we 22 ýaşynda Ga- milton Dublin uniwersitetiniň professory we astronomiýa obserwa- toriýasynyň direktory bolýar. Alymyň ylmy derňewleri optikanyň we mehanikanyň oblastlaryna degişlidir.



46-njy surat. Uilýam Rouan Gamilton

Gamilton optiki hadysalaryň nazaryýetini dörettdi, nusgawy mehanika bilen geometriki optikanyň meňzeşligini kesgitledi. Ol ge- ometriki optikanyň meselelerini çözmek üçin, *häsiýetli (harakteristik) funksiýa (Gamiltonyň funksiýasy)* diýip atlandyrylýan funksiýany ulanmaklyga esaslanan, özüniň döreden matematiki guralyny tolkun nazaryýetinde hem ulanyp boljakdy- gyny görkezdi. 1828-nji ýylda Gamilton kristalda koniki refraksiýa hadysasynyň döremegini öňünden aýtdy. Bu hadysa tejribede tassyklanyldy we ýagtylygyň tolkun nazaryýetiniň tassyklanmagynda möhüm ähmiýete eýe boldy. Gamilton optiki hadysalaryň nazaryýetini mehanika girizip, onuň umumy prinsiplerini, hu- susan-da *wariasion prinsipi* işläp düzdi.

1834–1835-nji ýyllarda Gamilton *kinetik we potensial energiýalar (atlaryny däl-de, fiziki manysyny) baradaky garaýşy girizdi*.



«Potensial» ýa-da «*potensial funksiya*» adalgalary inlis alymy Jorj Grin (1793–1841 ý.) girizdi. Ol matematika *Griniň funksiýasyny*, *Griniň formulasyny* we beýlekileri girizdi. Ol 40 ýaşyna çenli çörek bişirijidi we degirmençidi, soňra ol Kembrij uniwersitetini tamamlady we döwrüniň görnükli matamatikleriniň biri boldy. *Potensial energiýa* düşüňjesini mehanika gutarnykly girizen nemes matematigi K.F. Gaussdyr. *Kinetik energiýa* düşüňjesini bolsa F. Gelmgols girizdi. F. Gelmgols 1847-nji ýylda *energiýanyň saklanma kanunyny* hem kesgitledi.



47-nji surat. Iogann Karl  
Fridrih Gauss

**Iogann Karl Fridrih Gauss (1777–1855 ý.)** – nemes matematigi, fizigi, mehanigi, astronomy, geodezisti (47-nji surat). Ol Braunşweýg şäherinde eneden doguldy. Gauss ähli döwürleriň beýik matematigi we «*matematikanyň şasy*» hasaplanýar. Şwesiýanyň Ylymlar akademiasynyň (1821 ý.), Rus Ylymlar akademiasynyň (1824 ý.) we Londonyň Korollyk jemgyýetiniň daşary ýurtly agzasy.

Mehanika janly güýçleriň saklanma kanunundan başga-da, örän ir wagtlardan başlap *hereketiň saklanma kanunundan* peýdalanyň başlady. Ol ilkinji gezek Dekart tarapyndan kesgitlendi, emma soňra onuň kesgitlemesi ýalňyş diýlip ykrar edildi. Leýbnis ony *ugurlaryň saklanma kanuny* diýip atlandyrdy, emma bu adalga ulanylmady. Lagranž bu kanuny ulgamyň agyrlyk merkeziniň hereketiniň saklanma prinsipi hökmünde ulandy we ony edil janly güýçleriň (energiýanyň) saklanma kanuny ýaly, mehanikanyň has umumy prinsipleriniň netijesi hasap etdi.

Saklanma kanunlarynyň üçünjisi bolan *impulsyň momentiniň saklanma kanuny* birwagtyň özünde L. Eýler we D. Bernulli tarapyndan aýlanma hereketleri derňelende döredildi. Soňra 1747-nji ýylda fransuz alymy Darsi bu kanuny jisimleriň ýapyk ulgamy üçin ulandy. Ol bu kanuny Mopertyuiniň in gysga täsir prinsipine gapma-garşy goýmaga synanyşdy.

Ylmyň ösmekligi bilen «*saklanma kanunlarynyň*» orny birnäçe gezek üýtgedi. Ilkibaşda olar ählumumy kanunlar, soňra ählumumy manysy bolmadyk mehanikanyň umumy prinsiplerinden gelip çykýan netijeler hasaplanyldy. Emma, fizikanyň soňky ösüşleri netijesinde bu kanunlar ýene-de tebigatyň umumy kanunlary hökmünde ulanylyp başlady. Energiýanyň we impulsyň saklanma kanunlary mehanikanyň çäklerinden çykdylar we häzirki döwürde fizikany olarsyz göz önüne getirip bilmeýäris.

## 8.4. Mehanikanyň soňky ösüşleri

XIX asyrdan mehanikanyň ösüşi Simeon Deni Puassonyň (1781–1840 ý.), Karl Fridrih Gaussyň, Ž.W. Ponseleniň, esasan hem U.P. Gamiltonyň we R.I. Boşkowi-

çiň atlary bilen baglydyr. Gamilton özüniň nazaryýetinde R.I. Boşkowiçiň işlerine esaslandy.

**Rujer Iosip Boşkowiç (1711–1787 ý.)** – horwat fizigi (48-nji surat), matematigi, astronomy, ruhany. Ol Horwatiýanyň Raguza (häzirki Dubrownik) şäherinde doguldy, Italiýada okady we işledi, 1773–1783-nji ýyllar aralygynda Parižde deňiz goşunynda optika degişli işlere ýolbaşçylyk etdi.



48-nji surat.  
Rujer Iosip Bošković

R.I. Boşkowiç matematika, optika, mehanika we meteorologiýa degişli işleri ýerine ýetirdi. Ol fizikanyň ösmekligine uly täsir eden, hususan-da, Faradeýde fiziki meýdan baradaky konsepsiýanyň döremekligine getiren, özboluşly atomistik nazaryýeti dörettdi.

R.I. Boşkowiç 1758-nji ýylda «*Tebigatda bar bolan güýçleriň ýeke-täk kanunyna getirilýän natural filosofýanyň nazaryýeti*» atly traktatynda dinamiki atomizmiň esasy düzgünlerini beýan etdi. Bu işde görälik nazaryýetine degişli bolan birnäçe garaýyşlary önünden aýtdy. İşde materiýanyň bölejikleri bilen onuň hereketi arasyndaky baglanyşyk baradaky garaýyşlaryň ilkinji pyntyklary getirildi. Bu nazaryýet XIX asyryň birinji ýarymynda fizikanyň ösmekligine düýpli täsir etdi.

Boşkowiç dünýäni atomlaryň (nokatlaryň) birleşmesi hökmünde göz önüne getirýär. Bu atomlar biri-birleri bilen şeýle özara täsir edişýärler, ýagny özara täsir güýçleriniň modullary we ugurlary aralyga görä üýtgeýärler, dartylma itekleşmä geçýär we tersine. Atomlaryň arasyndaky kiçi uzaklykda, atomlar biri-birine ýelmeşmez ýaly, bu güýçler itekleýji güýç ýaly ýüze çykýarlar. Şol sebäpli jisimler käbir uzynlyga eýedir. Uly aralyklarda bu güýçler Nýutonyň bütindünýä dartylma kanuny bilen beýan edilýär. Aralyk çäklerde bolsa bu güýçler, atomlaryň arasyndaky uzaklygyň üýtgemegi bilen birnäçe gezek öz ugruny üýtgedip, itekleýji, şeýlede dartuw güýji hem bolup bilýärler.

Gamiltonyň görkezişine görä, şeýle nokatlaryň hereketini kesgitlemek üçin üç esse köp bolan ikinji tertipli differensial deňlemeleri integrirlemek gerek. Emma, Gamiltona ulgamyň  $T$  kinetik we  $U$  potensial energiýalaryň jemini aňladýan bir sany  $H$  häsiýetli (harakteristik) funksiýany (Gamiltonyň funksiýasyny ýa-da «gamiltoniany») tapmaklyk başartdy:

$$H = T + U.$$

1835-nji ýylda Gamilton  $H$  karakteristik funksiýanyň deregine  $S$  baş funksiýany:

$$S = \int_0^t (T + U) dt$$

$$\text{we} \quad \dot{q}_i = \frac{dH}{dp_i}; \quad \dot{p}_i = -\frac{dH}{dq_i}$$

görnüşli *kanonik (ýönekey)* deňlemeler ulgamyny girizdi. Ýokarky deňlemede  $\dot{q}_i$  – umumylaşdyrylan tizlikler;  $\dot{p}_i$  – umumylaşdyrylan impulsar.

Häzirki döwürde  $S$  baş funksiýa «*täsir funksiýasy*» diýilýär. Kanonik deňlemeleri ulgamyň erkinlik derejesiniň sanyna deň bolan  $n$  sany ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) deňlemeli iň gysga täsir prinsipinden alýarlar.

Optikanyň we mehanikanyň meseleleriniň sinteziniň esasynda Gamilton tarapyndan işlenip düzülen mehanikanyň analitik guraly, rus akademigi B.S. Ýakobi-niň dogany Karl Gustaw Ýakobiniň (1801–1874 ý.), şeýle hem Mihail Wasilýewiç Ostrogradskiniň (1801–1862 ý.) işlerinde ösdürildi. Awtoryň görkezişine görä Gamiltonyň girizen karakteristik funksiýasyny, korpuskulýar dilde, şeýle hem tolkun nazaryýeti dilinde beýan etmek bolar. Uzak wagtyň dowamynda korpuskulýar we tolkun garaýyşlarynyň arasyndaky bu özboluşly meňzeşlik ýatdan çykaryldy we diňe 100 ýyldan soň E.Şredinger ony kwant mehanikasynyň kanunlaryny döreden-de ulandy.

Nýutonyň özünden soň galdyran ikinji meselesi takyk meseleleri çözmek üçin hasaplama usullaryny döretmekdir. Bu mesele mehanikanyň ösüşiniň bütün dowamynda çözülýär we çözülmegini dowam etdirýär. Bu ugurda esasy üstünlikleriň biri planetalaryň hereket traýektoriyalaryny hasaplamak bilen baglanyşyklydyr (Neptun planetasynyň U. Lawerýe we J. Adamson tarapyndan açylyşyny ýatlalyň), XX asyrdan bolsa emeli hemralaryň we kosmos enjamlarynyň hereket traýektoriyalaryny hasaplamakdyr. Mehanikada beýleki meseleler hem (akustikanyň, statikanyň, gidrostatikanyň we gidrodinamikanyň meseleleri, sesiň tizliginden ýokary tizliklerde hereket edýän jisimleriň hereketi we ş.m.) öz çözülişlerini tapdylar.

Mehanikany döredijiler bolmasalar hem fizikanyň bu oblastynyň ösüşine önjeýli goşant goşan birnäçe fransuz alymlarynyň atlaryny tutmak ýeterlik bolsa gerek. Olardan Pýer Warinon (1664–1722 ý.) *güýçleri goşmak we dargatmak, güýçleriň momenti* barada ylmy işleri etdi. Lui Puanso (1777–1859 ý.) statikanyň meseleleriniň (güýç täsir etmeýän wagtynda gaty jisimiň aýlanmagy baradaky teorema) üstünde işledi. Ol *aýlanma ellipsoidi* düşüňjesini girizdi, *jübüt güýçler nazaryýetiniň* esasynda *geometrik statikany* döretti; Gaspar Gýustaw Koriolis (1792–1843 ý.) *görali hereketiň nazaryýetini* döretti. Ol *koriolis tizlenmesi* we *koriolis güýji* atlary bilen adyny ebedileşdirdi.

## 8.5. XX asyrdan mehanikanyň ösüşi

XX asyryň başlarynda mehanikanyň ösüşi haýallady. Bu ugur boýunça ylmy-barlag işleri dowam etdirilen hem bolsa, bu işleriň köpüsi amaly häsiýetde (gi-

roskoplaryň nazaryýeti, statika, yrgyldylaryň nazaryýeti, akustika, aerodinamika we ş.m.) boldy.

Şol bir wagtyň özünde mehanika ösüşde hem boldy. Bu döwürde nusgawy mehanika diýip hasap edip bolmaýan «*mehanikalar*», meselem, tizlikleri ýagtylygyny tizligine barabar bolan tizliklerde hereket edýän fiziki ulgamlaryň häsiýetlerini beýan edýän *relýatiwistik mehanika*, şeýle hem, başga ugur bolan mikrobölejikleriň hereket kanunlaryny beýan edýän *kwant mehanikasy* döredi.

XX asyryň ortalarynda mehanikanyň esasy üstünlikleri amaly häsiýetde boldy. Ýagny mehanikanyň kosmos enjamlarynyň we hemralaryň traýektoriyalaryny hasaplaýan bölümi uly üstünlikler gazandy. Kompýuterleriň döremekligi, täze hasaplaýyş usullarynyň ulanylmaklygy kosmos barlaghanalarynyň hereketini köp ýyllar öňünden hasaplamaga mümkinçilik berdi. Ýöne, nusgawy mehanikanyň birnäçe ugurlary boýunça düýpli barlaglaryň uly üstünliklere getirendigini hem bellemek gerek. Bu ýerde E. Neteriň işleri barada aýtmak gerek.

**Amaliýa Emmi Neter (1882-1935 ý.)** – görnükli nemes matematigi (49-njy surat). «*Şu döwre çenli ýaşap geçenleriň içinde iň görnükli zenan-matematik*». Ol Erlangende doguldy. Erlang uniwersitetinde okady. 1907-nji ýylda inwariantlar nazaryýeti boýunça dissertasiýany gorady. 1920-nji ýylda abstrakt algebrada täze ugur dörettdi. 10 ýylyň dowamynda ol ozalky SSSR-iň matematiklari bilen işledi. 1928–1929-njy okuw ýylynda ol Moskwa uniwersitetinde fizik we matematik nazaryýetçilere leksiýa okady. Onuň köpsanly okuwçylary dünýä belli alymlar bolup ýetişdiler.



49-njy surat. Amaliýa Emmi Neter

Neter matematiki fizika uly goşant goşdy. Neteriň ideýalary we ylmy garaýyşlary köp alymlara, ilkinji nobatda matematiklere we fiziklere uly täsir etdi. 1918-nji ýylda Neter, häzirki wagtda onuň adyny göterýän, fizikanyň düýpli teoremasyny dörettdi. Bu teorema fiziki ulgamyň simmetriýa kanunlaryny «*saklanma kanunlary*» bilen baglanyşdyrýar. *Neter teoremasy* nusgawy mehanikada, şeýle hem kwant mehanikasynda, meýdanlar nazaryýetinde, elementar bölejikleriň fizikasynda we ş.m. «*saklanma kanunlary*» almaklygynyň has ýönekeý we köpugurly usulyny berýär. Landau – Lifşisiň «*Nazary fizika*» kitaplar toplumu şu çemeleşmä esaslanandyr.

Bu teoremanyň çäklerinde wagtyň bir jynslylygy (üýtgewsizligi) energiýanyň saklanma kanunyna getirýär we giňişligiň bir jynslylygy we izotroplygy – impulsyň we impulsyň momentiniň saklanma kanunlaryna getirýär. Elektrodinamikada zarýadyň saklanma kanuny *kalibrowka simmetriýasynyň* netijesidir.

Kwant mehanikasynda hem *Neteriň teoremasy* örän giňden ulanylýar. Şeýlelikde, ilki başda nusgawy mehanikada dörän ideýa bütin fizikada möhüm teoremalaryň biri boldy.

Ýene-de bir zady bellemek gerek, ýagny *Neteriň teoremasy*, saklanma kanunlary düýpli kanunlarmy ýa-da Lagranžyň tassyklaýşy ýaly, olar diňe mehanikanyň beýleki prinsipleriniň netijelerini? diýlen, iki asyrdan bäri dowam edip gelýän jedeli çözdü.

XX asyryň ikinji ýarymynda alymlar fizikanyň ähli çäklerinde, şol sanda mehanikada hem bolup geçýän çyzykly däl hadysalar bilen gyzyklanyp başladylar. XXI asyryň fizikasynda *çyzykly däl fizika* degişli barlaglara köp üns berilýär. Häzirki wagtda mehanikada çyzykly däl dinamika has çalt ösýän ugurlaryň biri boldy. Bu ugurda alymlar *haotiki (tertipsiz) yrgyldylar* bilen içgin gyzyklanyp başladylar. Haotiki hadysalary matematikler, fizik-nazaryýetçiler, fizik-tejribeçiler, meteorologlar, ummany we atmosferany öwrenijiler we beýlekiler içgin öwrenýärler.

## 9-njy bap. ELEKTROMAGNETIZMIŇ KANUNLARYNYŇ AÇYLMAGY

### 9.1. Jisimleriň magnit we elektrik häsiýetleri barada ilkinji maglumatlar



50-nji surat.  
Uilýam Gilbert

XVI asyryň ahyrynda Angliýanyň zenan şasy Ýelizawetanyň lukmany Uilýam Gilbert tarapyndan elektrik we magnit hadysalary yzygider öwrenilip başlandy.

**Uilýam Gilbert (1544–1603 ý.)** – iňlis fizigi (50-nji surat). Kolçester şäherinde (Esseks graflygy, Angliýa) eneden doguldy. Ýelizaweta I-niň we Ýakow I-niň köşk lukmany, ol magnit we elektrik hadysalaryny öwrendi.

Gilbert 1600-nji ýylda çap edilen «*Magnit, magnit jisimleri we uly magnit – Ýer barada*» işinde magnit we elektrik hadysalaryny öwrenmek boýunça özüniň 18 ýylyň dowamynda eden işleriniň netijelerini, şeýle hem elektrik we magnit hadysalarynyň ilkinji nazaryýetlerini beýan etdi. Husasan-da ol, aşakdakylary kesgitledi:

- Islendik magnit iki polýusa eýe, şunlukda, bir atly polýuslar itekleşýärler, dürli atly polýuslar dartýşýarlar;
- Demir predmetler magnitiň täsiri bilen magnit häsiýetine eýe bolýarlar.

Magnitlenen demir şaryň («*terellanyň*») magnit häsiýetlerini öwrenip, Gilbert, onuň edil Ýer ýaly, komposyň peýkamyna täsir edýändigini görkezdi we Ýer «*Ägirt uly magnit ýalydyr*» diýlen netijä geldi. Ol magnit peýkamyna meňzeş edip, iňňäniň ujunda duran, islendik metaldan ýasap bolýan peýkam ýasaýar. Onuň bu abzaly



(«wersory») ilkinji *elektroskopdy*. Ol bu peýkamyň köp jisimleri (tebigy we emeli) özüne dartýandygyny görýär. Gilbert diňe bir sürtelen ýantaryň däl-de, almazyň, sapfiriň, hrustalyň, aýnanyň we beýleki maddalaryň hem ownuk jisimleri özlerine dartmak ukypalarynyň bardygyny görkezdi. Ol ilkinji gezek «*elektrik*» diýlen adalgany ylma girizdi (*electricus* latyn sözi – *ýantarly*) manyny berýär). Ol, şeýle hem köp jisimleriň özlerine beýleki jisimleri dartmaýandyklaryny, hatda olar başga jisimlere sürtülende hem dartmaýandyklaryny görýär (meselem, altyn, kümüş, mis). Özüne dartmaga ukyply jisimleri ol *elektrikleşen jisimler*, özüne dartmaýan jisimleri *elektrikleşmedik jisimler* diýip atlandyrdy. Gilberte görä elektrik hadysalary magnit hadysalaryndan düýpli tapawutlanýarlar.

Gilbert jisimleri nähili elektrikleşdirmelidigini aýdýar: «*Bu jisimleri olaryň üstleri ýalpyldar ýaly, ýüpek mata, ýüň mata, ýa-da elin aýasy bilen sürtmeli. Ýa-da ýantary ýantara, ýantary almaza sürtmeli*».

Gilbert elektrik hadysalary baradaky ylmy täze açyşlar, takyk gözegçilikler we abzallar bilen baýlaşdyrdy.

Gilbertiň geçiren barlaglary O. Gerik, R. Guk, I. Nýuton, R. Boýl we beýleki alymlar tarapyndan dowam etdirildi. 1700-nji ýylda doktor Uoll ilkinji gezek elektriklenen uly ýantar bölejiginiň döredýän elektrik uçgunyny gördi we bu uçgunyň barmagyndan şatyrdap geçýändigini duýdy. 1716-njy ýylda I. Nýuton elektriklenen jisim bilen iňňäniň ujunyň arasynda uçgun aldy (kiçi ýyldyrym).

Elektriklenme boýunça tejribeler bilen *Londonyň Korollyk jemgyýetiniň (LKJ)* agzalary işjeň gyzyklandylar. R. Boýl elektrik özara täsiriň wakuumda hem bolup bilýändigini görkezdi. 1706-njy ýylda *LKJ-niň* agzasy Frensis Gauksbi (1670–1713 ý.) ilkinji *aýna elektrik maşynyny* ýasady. *LKJ-niň* beýleki bir agzasy, Stefen Greý (1670–1736 ý.) 1729-njy ýylda *jisimleriň elektrik geçirijiligini açdy we jisimde elektrigi saklamak üçin jisim goralan (izolirlenen) bolmaly* diýdi.

Fransuz tebigaty öwreniji Şarl Fransua Dýufe elektrik hadysalarynyň ilkinji nazaryýetini döretdi.

---

**Şarl Fransua Dýufe (1698–1739 ý.)** – fransuz fizigi (51-nji surat), Pariž ylmlar Akademiýasynyň agzasy. Ol Parižde eneden doguldy, elektrik hadysalary baradaky maglumatlary umumylaşdyrmak meselesinde uly üstünlikler gazandy. Öz tejribelerinde elektrik zarýadyny ölçemek üçin elektroskopdan peýdalanman, elektrometrden peýdalandy.

---

Dýufe elektrik özara täsiriň iki görnüşliligini açdy: *dartyşma* we *itekleşme*. Ilkibaşda ol aşakdaky pikiri aýtdy: «*elektriklenen jisimler elektriklenmedik jisimleri özlerine dartýarlar we soňra olary itekleýärler*». Soňra Dýufe başga bir, öňkünden has umumy, has ajaýyp prinsipi aýtdy:



51-nji surat. Şarl Fransua Dýufe

*«İkigörnüşli elektrik bardyr: «aýna» elektrik we «smola» elektrik. Elektriklenmäniň bu iki görnüşiniň aýratynlygy – bir görnüşli elektrikler itekleşýärler, dürli görnüşli elektrikler dartýşýarlar. Meselem, «aýna» elektrik bilen elektriklenen jisimler «aýna» elektriklenen jisimlerden iteklenýärler; «aýna» elektrik bilen elektriklenen jisimler «smola» elektrikli jisimler bilen dartýşýarlar. Edil şeýle görnüşde «smola» elektrik bilen elektriklenen jisimler «smola» elektriklenen jisimlerden iteklenýärler; «smola» elektriklenen jisimler «aýna» elektrikli jisimler bilen dartýşýarlar».*

Dýufeniň bu kanuny 1733-nji ýylda Pariž Ylymlar akademiýasynyň işlerinde çap edildi. Dýufe zaryadlaryň iki - *položitel we otrisatel* görnüşleriniň bardygyny kesgitländigini düşnükli. Şeýlelikde, hakykatdan hem häzirki zaman garayşa görä tebigatda iki hili elektrik bardyr. Olaryň birine «+» *položitel*, ikinjisine «-» *otrisatel* alamatly zaryad diýilýär. Ýüpege sürtülen çüýşe taýajygyndaky zaryad *položitel*, ýüňe sürtülen ebonit taýajygyndaky zaryad bolsa *otrisatel* zaryad diýip kabul edilýen. Tejribeleriň görkezişine görä, bir atly zaryadlanan jisimler özara itekleşýärler, dürli atly zaryadlanan jisimler bolsa özara dartýşýarlar.

Şeýle hem Dýufe, edil I.Nýuton ýaly, ýyldyrymyň elektrik tebigatynyň bardygyny baradaky pikiri hem aýtdy.

1745–1746-njy ýyllarda birnäçe tejribeçiler tarapyndan (E. Kleýst we P.W. Muşenbruk) *aýna kondensator - leyden bankasy* oýlanyp tapyldy. Leyden bankasy oýlanyp tapylandan soň elektrik boýunça geçirilýän tejribeler howply bolup başlady. Leyden şäherinde ýaşayan Piter wan Muşenbruk (1692–1761 ý.) 1746-njy ýylda elektrik zaryadsyzlanmasy bilen bagly tejribe geçirende tas heläk bolupdy.

XVIII asyrdan *elektrostatikanyň* esasy goýuldy. Fizikanyň bu bölümüniň ösüşine Rihman, Franklin, Epinus, Kulon uly goşant goşdular.



52-nji surat. Georg Wilgelm Rihman

**Georg Wilgelm Rihman (1711–1753 ý.)** – rus fizigi (52-nji surat).

Ol Pýarn şäherinde (Estoniýa) doguldy. Ol ýaşlygynda örän ukyply we zähmetsöýer bolupdyr. Mekdebi tamamlap, Rihman Germaniýada Leyden we Ýen uniwersitetlerinde bilim aldy, aýratyn yhlas bilen fizikany we matematikany öwrendi. Rihman nemes uniwersitetlerini tamamlamady. Olarda fizikanyň we matematikanyň okadylyşyndan kanagatlanman, ol 1735-nji ýylda Peterburga geldi we Peterburg Ylymlar akademiýasynyň uniwersitetinde okady. Talyp ýyllarynda ol «*Sankt-Peterburg wedomostlary*» žurnalynyň «*Belliklerinde*» birnäçe ylmy-populýar makalalary ýazdy. 1740-njy ýylda Rihman ukyply we oňat taýýarlykly fizik hökmünde adyunktlyga (kiçi akademik), 1741-nji ýyl bolsa akademiklige saýlanýar. 1744-nji ýyldan başlap fizika kabinetiniň ýolbaşçysy boldy.

Rihman 1745-nji ýyldan başlap elektrik hadysalaryny öwrenip başlady. Ol tezezipleriň kömegi bilen elektrik güýjüni «*ölçemäge*» synanyşdy we elektrik güýçlerini deňeşdirmek üçin abzal ýasady. Bu pikir *elektrometri* oýlap tapmaga getirdi. Onuň elektrik baradaky işleri 1751-nji ýylda Peterburg Ylymlar akademiýasynyň

«Täze Kommentariýalarynda» çap edildi. Onuň döreden elektrometri, ýagny elektrik güýjüni ölçeýji abzaly elektrik nazaryýetiniň ösmegine getirdi. Has takyk elektrometrler, ýagny häzirki zaman elektrometrleri ondan 100 ýyldan soň, XIX asyryň ikinji ýarymynda ýasaldy.

Rihman zaryadlanan jisimiň töwereginde elektrik meýdanynyň bardygyny açdy we bu meýdanyň güýjenmesiniň jisimden daşlaşdygyça, «häzirlikçe näbelli kanun» boýunça kemelýändigini aýtdy.

Şeýlelikde, Rihman 1745-nji ýylda elektrik meýdanynyň bardygyny, bu meýdanyň täsiriniň meýdanyň çeşmesine çenli bolan aralyga baglydygyny açdy. Bu «häzirlikçe näbelli kanun» Rihmandan 40 ýyl soň Kulon tarapyndan açyldy.

Rihman öz işinde Frankliniň položitel we otrisatel elektrik baradaky nazaryýetini goldaýar.

Rihman ýyldyrymyň elektrigini öwrenmek üçin hem tejribeleri geçirýär. Akademiyanyň fizika kabinetinde Rihmanyň dosty we egindeşi M.W. Lomonosow hem işleýärdi. 1753-nji ýylyň 26-njy iýulynda Lomonosow we Rihman öý şertlerinde gurnalan tejribe desgasynda çabgaly bulutlardaky zaryadsyzlanmany öwrenmäge synanyşdylar. Çabga wagtynda Rihman elektrometre 30 sm aralyga ýakynlaşanda, duýdansyz, ýogyn demir simden ýumruk ýaly ululykdaky lowurdap duran solgun gök şar çykdy we ony göni urdy. Bu şar görnüşli ýyldyrymdy. Gulagyňy gapdyrýan gümplüdi eşidildi we alym huşsuz ýykyldy.

## 9.2. Amerikan ylmyny esaslandyryjy B.Frankliniň ylmy işleri

**Wenýamin (Benjamin) Franklin (1706–1790 ý.)** – amerikaly fizik (53-nji surat), oňlap tapyjy, ilçi, ýazyjy, žurnalist, neşirýatçy we jemgyýetçilik işgäri, ABŞ-ny esaslandyryjylaryň biri. Sabyň ýasaýjynyň maşgalasynda Angliýada doguldy. Onuň kakasy garyp hünärmen, uly maşgalaly bolupdyr. Wenýamin maşgalada 15-nji çaga ekeni. Kakasy gowy durmuş gözläp Angliýadan Amerika gidýär. Wenýamin ýaşlykdan zähmet çekýär, ilki kakasyna, soňra uly bolmadyk neşirýatyň eýesi bolan agasyna kömek edýär. Neşirýatda işleýärkä Franklin köp okapdyr we bilimini özbaşdak artdyrypdyr. Agasy gazet çykaryp başlanda, Franklin öz güýjüni žurnalistikada barlap görmek üçin, gizlinlikde gazetde makalasyňy çap edýär. Onuň makalasy jemgyýetçiligiň ünsüni çekýär. Makala çap edenini agasy bilýär we onuň agasy bilen arasy bozulýar. Franklin agasy bilen şertnamasyny bozup, iş gözläp Nýu-Ýorka gidýär. Onuň zähmetsöýerligi we sabyrlylygy köp ýyllardan soň uly üstünlige getirýär. Ol baý, iň hormatlanýan adamlaryň biri we uly jemgyýetçilik işgäri bolýar.



53-nji surat. Wenýamin (Benjamin) Franklin

Ony Pensilwaniýa welaýatynyň Ýygnagynyň sekretary edip saýlaýarlar, soňra ol poçtalaryň direktory, amerikan koloniýalarynyň general-poçtmeýsteri bolup işleýär. Ol Filadelfiýa ştatynda kitaphana, Pensilwaniýa uniwersitetini we Filadelfiýa filosofiki jemgyýeti esaslandyryar. Franklin Amerikan koloniýalarynyň özbaşdaklyk gazanmak ugrundaky göreşinde (1775–1783 ý.) uly işler bitirýär.

ABŞ-nyň özbaşdaklyk gazanmaklyk ugrundaky göreşi döwründe Franklin Fransiýada ilçi bolmak bilen, Angliýa bilen göreşde Fransiýanyň goldawyny gazanyp bildi. Franklin «Garaşsyzlyk

*Deklarasiýasynyň*» awtorlarynyň we Angliýa bilen parahatçylyk şertnamasyna gol çekenleriň biridir. Ol ABŞ-nyň Konstitusiýasyny düzmeklige işjeň gatnaşdy, negrleri ezmeklige garşy göreşi we döwleti demokratik ýol bilen dolandyrmak prinsiplerini goldady.

Şeýlelikde, Franklin ABŞ-ny esaslandyryjylaryň, täze döwleti döredijileriň biridir. Şeýle hem ol bu döwletiň ylmyny, ilkinji uniwersitetleriniň birini, ilkinji ylmy jemgyýeti – *Filadelfiýa filosofiki jemgyýetini* esaslandyrdy. Ol ylma uly goşant goşdy.

Frankliniň işleriniň arasynda ilkinji orny onuň elektrik baradaky işleri eýeleýär. Franklin elektrik baradaky işlerini «*Elektrik boýunça tejribeler we gözegçilikler*» atly ylmy makalasynda beýan edýär. Bu kitap ýewropa dilleriniň köpüsine terjime edilýär. Emma rus diline terjime edilmedi. Sebäbi köp adamlaryň pikirine görä, Rihmanyň heläk bolmaklygyna «*onuň Hudaýyň halamaýan zatlary bilen meşgul bolmaklygy*» sebäp bolupdyr. Bu garaýyş netijesinde Russiýada köp ýyllaryň dowamynda elektrik boýunça derňewler geçirilmedi.

Franklin bu makalasynda özüniň elektrik hadysalaryny, şol sanda çabgaly bulutlary öwrenmek boýunça geçirilen tejribeleriniň netijelerini beýan etdi. (Onuň 1753-nji ýylda çabga bulutlara iberilen batbörökler bilen geçiren tejribeleri elektrige deňişli belli tejribeleriň biri boldy). Franklin *leýden bankasynyň işleýşini düşündirdi*, taryhda birinji gezek *tekiz kondensatory* döretdi. Bu tejribeler Franklini ýyldyrymyň elektrik tebigatynyň bardygyny ynanýrdy. Bu bolsa ony *ýyldyrym sowujylary* oýlap tapmaklygyna getirdi. Şeýle hem ol bu işinde özüniň guran, häzirki wagtda mekdep fiziki otaglarynda giňden ulanylýan elektrostatik hereketlendirijiniň modelinde («*Frankliniň tigri*») geçiren tejribeleriniň netijelerini beýan etdi.

Franklin *elektrigiň unitar* (latyn sözi *unitar* – *bütewi*, *umumy* manyny berýär) *nazaryýetini* döretdi. Bu nazaryýete görä jisimde käbir «*elektrik substansiýa*» atly suwuklyk bar. Bu suwuklyk örän kiçijik bölejiklerden ybarat, ol garşylyk görmän materiýanyň içine aralaşýar. Materiýa bu ýagdaýda elektrik suwuklygyny, edil sürtejiň (gubkanyň) suwy soruşy ýaly sorýar. Elektrik substansiýanyň bölejikleri biri-birlerinden itekleşýärler. Frankline görä tebigatda substansiýanyň mukdarynyň saklanma kanuny (ýagny manysy boýunça zarýadyň saklanma kanuny) ýerine ýetýär diýlip çak edilýär. Ol elektrik boýunça geçirilen ähli tejribeleri «*elektrik substansiýasynyň*» hereketi bilen düşündirdi.

Frankliniň tejribeleri we onuň ýyldyrym sowujy baradaky pikiri uly seslenme döretdi. Olary Ýewropada gaýtaladylar. Fransiýada Žan Dalibar (1703–1779 ý.) bagda uzynlygy 40 fut (1 fut = 0,305 m) bolan demir syrygyň ýiti ujunda çabga wagtynda uçgun çykaryp aldy.

Şeýle tejribeleri Peterburgda Lomonosow we Rihman hem geçirdiler we ýyldyrymy öwrenýän döwründe Rihman aradan çykdy.

Franklin «elektrik» we «elektrik däl» adalgalary nädogry diýip tankytlady. Onuň nazaryýetine görä: «Elektrik ähli jisimlerde bar: elektrik substansiýasy gury ýerden we suwdan ybarat bolan Ýeriň ähli massasy boýunça deňölçeqli paýlanandyr. Şoňa görä-de «elektrik» we «elektrik däl» adalgalary nädogry adalgalar hökmünde taşlanmalydyr we geçiriji we geçirmeýji düşüňjeleri bilen çalşyrylmalydyr (bir jisimiň beýlekilerden tapawudy olaryň käbirleri elektrik substansiýasyny geçirýärler, beýlekileri bolsa geçirmeýärler)».

Frankliniň nazary garaýyşlaryna şol döwrüň ylmy jemgyýeti düşünen hem bolsa Frankliniň nazaryýetiniň Nyuton häsiýeti, ýagny bu nazaryýetde näbelli tebigatly dartyşma we itekleşme güýçleriniň ýüze çykmagy jedelleri döretdi. Fransiýada garşydaşlar has-da güýçlüdi, ýagny Didronyň «Ensiklopediýasy» üçin 1752-nji ýylda «Elektrik» makalasyny ýazan Leminýe Frankliniň nazaryýeti barada ýekeje söz hem ýazmady.

Rihman we Lomonosow hem *Frankliniň nazaryýetini* kabul etmediler. Lomonosow elektrik hadysalary boýunça öz nazaryýetini işläp düzdi we elektrigi efirin bölejikleriniň hereketi bilen düşündirmäge synanyşdy. Bu garaýşy elektrik meýdany baradaky Rihmanyň garaýşy bilen deňeşdirip, eger Franklin geljekki elektron nazaryýetini önünden duýan bolsa, onda Lomonosow we Rihman Faradeýiň – Makswelliň geljekki meýdan nazaryýetini önünden duýupdyrlar diýip aýtmak bolar.

### 9.3. Maddanyň elektrik we magnit häsiýetleriniň öwrenilmeginiň soňky ösüşleri

**Frans Ulrih Mariýa Teodor Epinus (1724–1802 ý.)** – rus we nemes fizigi (54-nji surat), astronomy, matematigi, Berlin Ylymlar akademiýasynyň agzasy, Peterburg Ylymlar akademiýasynyň hakyky agzasy (1756 ý.). Ol Germaniýanyň Rostok şäherinde doguldy, Rostok we Ýen uniwersitetlerini tamamlady. Epinus Peterburg Ylymlar akademiýasynyň çakylygyny kabul etdi we baş ýyllyk şertnama baglaşyp, Russiýa geldi. Emma ol Russiýada özüniň ikinji watany tapdy, rus raýatlygyny kabul etdi we täze watanynda, aradan çykýança 45 ýyl ýaşady.



54-nji surat. Frans Ulrih Mariýa Teodor Epinus

1759-njy ýylda Peterburgda T. Epinusyň «Elektrigiň we magnitiň nazaryýetiniň tejribeleri» atly kitaby çap edildi. Epinus bu kitabynda elektrik we magnit hadysalaryny öwrenýär we elektrik bilen magnitiň arasyndaky tapawudy gözlemän, Gilbertden tapawutlylykda, ol «elektrik we magnit hadysalary meňzeşdir (toždestwendir)» diýlen netijä geldi.

Elektrik hadysalaryna meňzeşlikde Epinus, magnit hadysalaryny beýan etmek üçin *magnit suwuklygy* diýilýän düşüňjäni girizdi. Ol: «Magnit suwuklygynyň böle-



jikleri edil elektrik suwuklygynyň bölejikleri ýaly, biri-birini itekleýärler. Emma tebigatda köp jisimler magnit suwuklygyny duýmaýarlar. Diňe olaryň käbirleri, meselem, demir magnit materiýasy tarapyndan dartylýar», diýip ýazýar.

Epinusyň belleýşine görä, jisimler «tebigy mukdarda» elektrik ýa-da magnit suwuklygyna eýe bolýarlar. Onuň pikiriçe, jisimdäki elektrik we magnit suwuklygy «tebigy derejesinden» uly ýa-da kiçi bolanda, jisimde elektrik ýa-da magnit häsiýetleri döreýär.

Epinusyň nazaryýetine görä «Jisimdäki elektrik we magnit suwuklyklarynyň bölejikleri materiýa we öz aralarynda dartyşma ýa-da itekleşme güýçleri bilen özara täsirleşýärler». Epinus bütindünýä dartylma kanunyna meňzeşlikde, zarýadlaryň arasyndaky özara täsir güýji olaryň aralygynyň kwadratyna ters baglydyr diýip hasap etdi.

Epinus Frankliniň elektrik suwuklygy baradaky pikirini goldaýar. Ol: «Bu suwuklygyň bölejikleri materiýa tarapyndan dartylýar» diýip belledi.

Onuň pikiriçe jisimler elektrik suwuklygy boýunça 2 topara bölünýärler:

1. Elektrik suwuklygyny gowy geçirýän materiallar;
2. Elektrik suwuklygynyň hereketine päsgel berýän materiallar.

Epinus jisimleriň birinji toparyny «elektrik» materiallar, ikinji toparyny «elektrik däl» materiallar diýip atlandyrdy. Bilşimiz ýaly, Franklin bu adalgalary nädogry hasaplady. Ol olary geçirijiler we geçirmeýjiler diýip atlandyrdy. «Elektrik» we «elektrik däl» adalgalary XIX asyryň birinji ýarymyna çenli saklandy. Soňra bu adalgalar «geçiriji» we «geçirmeýji» diýlip çalşyryldy.

Epinus Frankliniň: «Eger elektrik «elektrik materiýany» artdyrmak bilen alynýan bolsa, onda şeýle elektrige «položitel elektrik» diýilýär, eger elektrik «elektrik materiýany» kemeltmek bilen alynsa, onda şeýle elektrige «otrisatel elektrik» diýilýär. Bu adalgalary şu manyda men magnetikler üçin hem dogry hasaplaýaryn» diýip, aýdanlaryny tassyklaýar.



55-nji surat.  
Genri Kawendiş

Epinus geçirijilerde we geçirmeýjilerde elektrik induksiýasyny tejribede barlady, şunlukda, geçirmeýjilerde, geçirijiler bilen deňeşdirilende, onuň gowşak ýüze çykandygyny kesgitledi. Şeýlelikde, Epinus dielektrikleriň polýarizasiýasyny açdy.

**Genri Kawendiş (1731–1810 ý.)** – lord, iňlis fizigi, himigi (55-nji surat). Ol Nisse şäherinde (Angliýa) doguldy, Kembriž uniwersitetini tamamlady. 1760-njy ýyldan başlap Londonyň Korollyk jemgyýetiniň agzasy. Ol fizika, himiýa, meteorologiýa we beýleki ugurlar bilen gyzyklanypdyr. Bütün ömrüni öz mülkünde ylym bilen meşgullanyp geçiripdir. Belli bolmadyk sebäplere görä ol işlerini, hususan-da, elektrik boýunça işlerini biparh çap edipdir.

Kawendiş 1766-njy ýylda wodorody açdy we kömürturşy gazy aldy, 1789-njy ýylda bolsa howanyň düzümini kesgitledi.

Kawendiş kondensatoryň sygymyna gurşawyň täsirini açdy, maddalaryň di-elektrik geçirijiligini we grawitasiýa hemişeligini kesgitledi. Ol Ýeriň «*agramyny ölçän*» adam hökmünde taryha girdi. Kawendişin Ýeriň orta dykzylygyny kesgitlemek boýunça geçiren tejribelerini şol döwrüň alymlary tejribe geçirmekligiň nusgasy hasapladylar. «*Kawendişin tejribeleri*» ady bilen belli bolan bu derňewleriň netijeleri 1798-nji ýylda «*Ýeriň dykzylygyny kesgitlemek boýunça tejribeler*» ady bilen çap edildi.

*G. Kawendiş tejribe üsti bilen zarýadlaryň arasyndaky özara täsir güýjüniň zarýadlaryň arasyndaky uzaklygyň kwadratyna ters proporsionaldygyny subut etdi.* Emma onuň bu açyşy çap edilmänligi sebäpli, ylma belli bolman galdy. Genri Kawendişin garyndaşlarynyň serişdeleriniň hasabyna 1873-nji ýylda Kembrijde açylan Kawendiş barlaghanasynyň ilkinji professory J. Makswell 1879-njy ýylda onuň işlerini çap etdi we onuň tejribelerini gaýtalady. Şonda *Kawendişin elektrik zarýadlarynyň özara täsir kanunyny (Kulonyň kanunyny) 1771-nji ýylda açandygy belli boldy.*

Kawendişin syr bermezek häsiýeti barada aýdanymyzda, 1891-nji ýylda inlis matematigi, fizigi, inženeri Oliwer Hewisadyň (1850–1925 ý.) ýazyşy ýaly: «*Onuň syr saklamagy düýbünden bagyşlanarly däl bolup, uly günädi*». Bu günä Kawendiş üçin, indi *Kulonyň kanuny* diýip atlandyrylýan, elektrik zarýadlarynyň özara täsir kanunyny açyjynyň şöhratyna deň boldy.

#### 9.4. Elektrostatikanyň esasy kanunynyň açylyş taryhy

Elektrostatikanyň esasy kanunynyň – *Kulonyň kanunynyň* uly taryhy geçmişi bar. Elektrik zarýadlarynyň arasyndaky özara täsir güýçleriniň, olaryň arasyndaky uzaklygyň kwadratyna ters proporsionaldygy baradaky çaklama has ön äýdylp başlandy. Bu pikire dartylma güýçleri bilen elektrik güýçleriniň arasyndaky meňzeşlik itekledi. Bu barada F. Epinus aýdypdy, emma ol bu meňzeşligiň dogrulygyny tejribede barlamady we onuň aýdanlary diňe çak edilme häsiýetde boldy.

Elektrik özara täsir güýjüniň aralygyň kwadratyna ters proporsionaldygyny 1760-njy ýylda D. Bernulli we 1766-njy ýylda inlis alymy J. Pristli (1733–1804 ý.) hem açdylar. Özüniň alan netijelerini J. Pristli 1767-nji ýylda çap edilen «*Elektrigiň taryhy*» kitabynda beýan etdi. Bu kitapda Pristli Frankliniň maslahaty boýunça geçiren tejribesini beýan etdi. Tejribäniň ideýasynyň döremegine Nýutonyň dartylma nazaryýeti kömek etdi. Nýutona görä, içi boş sferanyň içinde ýerleşen material nokada täsir edýän grawitasiýa güýçleri deňagramlaşýarlar. Pristli bu tejribäniň dürli görnüşlerini beýan etdi we: «*Bu tejribeden elektrigiň dartylmasy dartylmanyň*

*boýun egýän kanunlaryna boýun egýär we şol sebäpli aralyklaryň kwadratlaryna degişlilikde üýtgeýär diýen netije çykarmak bolarmykan diýýäriň» diýen netijä geldi.*

Bu ideýany ulanyp, has takyk ölçegleri Genri Kawendiş hem geçirdi. Ol hem dartyлма güýçleri bilen elektrik özara täsir güýçleriniň arasyndaky meňzeşlikden ugur aldy. Kawendişe görä, içi boş metal geçirijide elektrik zaryadlarynyň ählisi, haçanda, bu zaryadlar biri-birinden aralygyň kwadraty kanuny boýunça itekleşýän bolsalar, diňe şonda geçirijiniň daşky üstünde paýlanyp bilerler. Şeýlelikde, 1771-nji ýylda Kawendiş elektrik zaryadlarynyň özara täsir güýçleriniň  $1/r^n$  (bu ýerde  $n = 2 + 1/50$ ) kanuna boýun egýändigini ilkinji gezek tejribede subut etdi. Köp ýyllardan soň Makswell Kembrižde has kämil ölçeg abzallary bilen Kawendişiň tejribelerini gurnady we ýokary takyklyk bilen kanunyň dogrulygyny tassyklady. Kulonyň towlanma tereziler usuly bilen bu kanuny diňe bir göterimden gowrak takyklyk bilen kesgitlemek mümkindi.

Elektrik zaryadlarynyň özara täsir meselesine dogry çemeleşme hemmeden öň, inlis tebigaty öwreniji J. Robaýson (1739–1805 ý.) tarapyndan tapylan bolmagy hem mümkin. Robaýsonyň ulanan tejribe usuly aşakdaky çaklama esaslanýardy: *zaryadlaryň ýerleşen sferalaryň ölçegleri, sferalaryň merkezleriniň arasyndan köp kiçi bolanda özara täsirleşýän zaryadlary nokatlanç hasaplamak bolar.* Onuň ölçegleri geçiren desgasynyň ýazgysy onuň «*Mehaniki filosofiýanyň ulgamy*» atly işinde beýan edildi. Ölçegleriň ýalňyşlygyny hasaba alyp, Robaýson şeýle netijä geldi: «*Sferalaryň arasyndaky täsir olaryň merkezleriniň arasyndaky aralygyň kwadratyna takyk göni baglydyr*». Emma elektrostatikanyň esasy kanuny Robaýsonyň adyny götermeyär. Sebäbi onuň ölçegleriniň netijeleri ol aradan çykandan soň, ýagny *Kulonyň kanuny* giňden ýaýrandan soň, 1822-nji ýylda çap edildi.

Elektrik zaryadlarynyň özara täsir kanuny täzeden 1785-nji ýylda fransuz fizigi, Pariž Ylymlar akademiýasynyň agzasy Ş. Kulon tarapyndan açyldy we onuň adyny kanuny göterýär. Diňe bu kanunyň açylmagy bilen elektrik baradaky taglymat mukdar esasa eýe boldy.



56-njy surat. Şarl Ogýusten Kulon

**Şarl Ogýusten Kulon (1736–1806 ý.)** – fransuz fizigi we harby inženeri (56-njy surat), Pariž Ylymlar akademiýasynyň agzasy. Ol Angulýem şäherinde doguldy, harby inženerleriň mekdebini tamamlady we bütün ömründe harby gullukda boldy.

Kulon sapaklaryň towlanma hadysasyny öwrenip, güýji ölçemegiň örän duýgur usulyny açdy. Munuň esasynda Kulon, elektrik zaryadlarynyň we nokatlanç magnit polýuslarynyň özara täsirleşmesinde döreýän güýçleri ölçemäge mümkinçilik berýän towlanma terezileri dörettdi. *Şarl Kulon elektro we magnitostatikany esaslandyryjydyr.*

Kulon sapagy towlaýjy güýjüň  $M$  momentini,  $\varphi$  towlanma burçy we sapagyň geometrik ölçeglerini (sapagyň  $l$  uzynlygy we sapagyň  $d$  diametri) baglanyşdyrýan formulany hödürledi:

$$M = \mu \frac{d^4}{l} \varphi.$$

$\mu$  koeffisiýent maddanyň maýyşgaklyk häsiýetlerine we sapagyň kese kesiginiň formasyna baglydyr.

Bu formulany ulanyp, Kulon 1784-nji ýylda duýgur abzaly – towlanma terezini ýasady. Bu terezide kümüşden ýasalan örän inçe sapak ulanyldy we  $10^{-11}N$  güýç bilen sapagyň  $1^\circ$  burça towlanmasy gazanyldy. Bu tereziniň kömegi bilen Kulon elektrik zaryadlarynyň özara täsir kanunyny dörettdi. Tejribeleriň netijeleri 1782–1785-nji ýyllarda elektrik we magnit boýunça ýedi sany ylmy işlerde çap edildi.

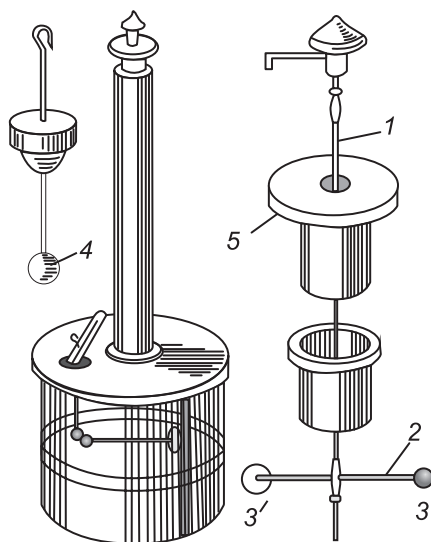
Kulonyň abzaly (57-nji surat) aýna silindrinden, onuň merkezinden geçýän 1 kümüş sapakdan asylan, geçirmeýjiden ýasalan 2 egin agaçdan ybaratdyr. Egin aga-ja buzinden ýasalan 3 şar we oňa deňagramly bolan 3' şar goýulýan. 3 şar zaryadsyz, 4 şar zaryadlanan. Ilkibaşda 3 we 4 şarlar galtaşdyrylýar we soňra aýrylýar. Şunlukda, ilkibaşdaky zaryad deň ikä bölünýär we özara täsirleşýän 3-4 zaryadlaryň ululyklary deň bolýar. Egin agajyň gyşarma burçy 5 şkala bilen kesgitlenýär.

1785-nji ýylda Kulon tejribäniň kömegi bilen kesgitlän *elektrostatikanyň esasy kanunyny* çap etdi: *elektrik zaryadlarynyň özara täsir güýji bu zaryadlaryň ululyklaryna göni baglydyr we zaryadlaryň arasyndaky uzaklygyň kwadratyna ters baglydyr*. Bu kanuna *Kulonyň kanuny* diýilýär we ol aşakdaky formula bilen aňladylýar:

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2},$$

bu ýerde  $k$  – baglylyk koeffisiýenti we ol formula girýän ululyklaryň ölçeg birlikleriniň saýlanyp alnyşyna baglydyr. Ýokarky formula diňe wakuum üçin dogrudyr. Eger zaryadlanan jisimler gurşawda ýerleşýän bolsalar, onda olaryň arasyndaky özara täsir güýji aşakdaky formula bilen aňladylýar:

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{\varepsilon r^2},$$



57-nji surat. Kulonyň towlanma terezisi

bu ýerde  $\varepsilon$  - gurşawyň elektrik häsiýetlerini häsiýetlendirýän dielektrik syzyjylyk ( $\varepsilon > 1$ ). Birlikleriň Halkara ulgamynda  $k = 1/(4\pi\varepsilon_0)$ , bu ýerde  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ KJ}/(\text{N} \cdot \text{m}^2)$  – elektrik hemişeligi (onuň bahasy birlikler ulgamynyň saýlanyp alnyşyna baglydyr). Kulonyň kanunyny şeýle ýazmak hem bolar:

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}.$$

Üç ýyldan soň Kulon bu kanunyň nokatlanç magnit polýuslarynyň özara täsirlerine degişlidigini hem aýtdy.

*Kulonyň kanuny* diňe nokatlanç, ýagny zarýadlaryň ölçegleri olaryň arasyndaky uzaklykdan köp esse kiçi bolan zarýadlaryň özara täsirleri üçin ulanarlyklydyr. Şeýle hem, Kulon *elektrigiň mukdary* diýlen düşüňjani girizdi we *zarýadlaryň arasyndaky özara täsir güýjüniň olaryň ululygyna göni baglydygyny* kesgitledi.

Kulonyň ölçegleriniň takyklygy onçakly uly däl. Genri Kawendişiň ölçegleriniň takyklygy oňa seredeňde uludy. Şeýle hem *Kulonyň kanuny* düýpli (fundamental) kanun we şol sebäpli onuň takyk kesgitlenmeginiň fundamental ähmiýeti bar. Munuň şeýledigi formulanyň maýdalawjysynda  $r^n$  ululygyň barlygy bilen baglanyşyklydyr, ondan hem başga, Kulona görä  $n = 2$ .  $n$ -iň bahasynyň 2-ä deň bolmaklygy elektromagnit meýdanynyň kwantynyň (fotonyň) dynçlyk massasynyň ululygy bilen gös-göni baglanyşyklydyr.

Eger  $n$  2-ä deň bolsa, gamma fotonyň massasy nola deň bolmaly. Kulonyň formulasyndaky dereje görkezijisiniň ululygyny has takyk ölçesek, şonça-da fotonyň dynçlyk massasy nola deň diýip aýdyp bileris. Şoňa görä-de indi 200 ýyldan gowrak bu derejäni takyk ölçemäge synanyşýarlar.

Häzirki zaman fizikasynyň garaýyşlaryna görä,  $n = 2 \pm q$ , bu ýerde  $q \leq 6 \cdot 10^{-16}$  deň. Bu bolsa fotonyň dynçlyk massasynyň (eger ol massa bar bolsa)  $1,6 \cdot 10^{-50} \text{ kg}$ -dan uly bolmaly däldigini görkezýär.

Kulonyň kanunynyň açylmagy elektrostatikanyň doly dikelmegine getirdi. Bu kanun elektromagnit hadysalary üçin matematiki dilde beýan edilen ilkinji mukdar kanunydyr. Kulonyň kanunynyň açylmagy bilen elektromagnetizm barada häzirki zaman ylmy başlandy, elektrik we magnit birlikleriniň ulgamy üçin esas döredi. Görnükli fransuz alymynyň hatyrasyna *elektrik zarýadynyň birliki kulon (Kl)* diýlip atlandyryldy we 1881-nji ýyldan başlap amalyýetde ulanylyp başlandy.

Kulonyň alan ylmy netijeleri XIX asyrdaky elektrostatikanyň matematiki nazaryýetini döretmek üçin esas boldy. Onuň başlangyjynda Simeon Deni Puasson (1781–1840 ý.), Karl Fridrih Gauss (1777–1855 ý.), Jorj Grin (1793–1841 ý.), Mihail Wasilýewiç Ostrogradskiý (1801–1862 ý.) we beýlekiler durdylar.



Kulonyň kanunynyň açylmagy elektrostatikanyň döremekliginiň uzak döwrüni jemledi, elektrik barada ylmyň indiki ösüşi *elektrodinamikanyň* döremekligi bilen baglanyşyklydyr. Bu ugurda ilkinji işler XVIII asyrdaky ýerine ýetirilip başlanypdy. Bu işler «*janly elektrik*» diýlip atlandyrylýan açyş bilen şöhratlanan italýan alymy Luiji Galwani (1737–1798 ý.) we elektrik togunyň ilkinji çeşmesini döreden italýan alymy Aleksandro Wolta (1745–1827) bilen baglanyşyklydyr (58-nji surat).

Bu açyşlar fizikany elektrostatikadan elektromagnetizme geçmeklige taýýarlady.



58-nji surat. Aleksandro Wolta

## 9.5. Elektromagnetizmiň kanunlarynyň açylmagy

Elektrik we magnit hadysalarynyň arasyndaky baglanyşyk 1820-nji ýylda H.K. Ersted tarapyndan kesgitlendi.

**Hans Kristian Ersted (1777–1851 ý.)** – daniýaly fizik (59-njy surat). Ol Kopengagende doguldy, şol ýerde uniwersiteti tamamlady, 20 ýaşynda farmasewt, 22 ýaşynda filosofiýanyň doktory bolýar.



59-njy surat. Hans Kristian Ersted

Ersted ýylylygynyň, ýagtylygynyň, elektrigiň we magnitiň arasyndaky baglanyşyk barada köp pikir edýär. Netijede ol 1820-nji ýylda «*Elektrik gapma-garşylygynyň magnit peýkamyna täsir edişine degişli tejribeler*» atly makalasyny çap edýär. Ol bu işinde tokly geçirijiniň daşynda magnit meýdanynyň bardygyny barada aýdýar. Bu açyş onuň adyny taryha girizdi.

Erstediň belleýşine görä, *magnit güýç çyzyklary tokly geçirijiniň daşynda gaplap alýarlar ýa-da elektrik togy magnit meýdanynyň köwlenmesini döredýär*. Häzirki döwürde mekdep okuwçysy *Erstediň tejribesini*, galyň kagyzyň merkezinden geçýän tokly geçirijiniň daşyna demir gyryndylaryny sepip, «*elektrik gapma-garşylygynyň köwlenmesini*» görkezip bilýär.

Erstediň açyşy köpsanly derňewleriň geçirilmegine getirdi. Iogann Poggen-dorf (1790–1877 ý.), Žan-Batist-Bio (1774–1862 ý.), Feliks Sawar (1791–1841 ý.), Pýer-Simon Laplas (1749–1827 ý.) we beýleki barlagçylar diňe bir Erstediň tejribelerini gaýtalamanyň, köpsanly täze maglumatlary hem açdylar. 1820-nji ýylda Bio we Sawar dürli formaly inçe geçirijilerden geçýän toklaryň döredýän magnit meýdanlaryny derňediler. Laplas Bio we Sawaryň alan tejribe maglumatlaryny öwrenmek bilen: «*Islendik toguň magnit meýdanyna, tokly geçirijiniň aýratyn elementar bölekleriniň döredýän meýdanlarynyň wektor jemi (superpozisiýasy) hökmünde*

*seretmek bolar*» diýen netijä geldi we aşakdaky formulany hödürledi. Onuň pikiriçe  $I$  tok geçýän konturyň  $dl$  elementi ondan  $r$  aralykda, güýjenmesi  $dH$  bolan magnit meýdanyny döredýär (birlikleriň SGS ulgamynda):

$$d\vec{H} = \frac{I}{c} \frac{[d\vec{l} \cdot \vec{r}]}{r^3} \quad \text{ýa-da} \quad dH = \frac{I}{c} \frac{dl}{r^2} \sin \alpha,$$

bu ýerde  $\alpha$  –  $r$  radius wektor bilen  $dl$ -iň arasyndaky burç.

Ýokarky formula *Bio-Sawar-Laplasyň* ýa-da gysgaça *Bio-Sawaryň kanuny* diýilýär. *Bio-Sawar-Laplasyň kanuny* fizikanyň okuw kitaplarynda berilýär. Bu alymlar ylmy fizikanyň täze bölümüniň bosagasyna – *elektrodinamika* getirdiler.

«*Elektrodinamika*» adalgasyny ylma fransuz alymy Amper girizdi. Amperiň ylmy döredijiliginiň depesi elektrodinamikanyň nazaryýetini döredenligindedir.



60-njy surat.  
Andre-Mari Amper

**Andre–Mari Amper (1775 – 1836 ý.)** – fransuz fizigi (60-njy surat). Ol Lion şäherinde täjiriň maşgalasynda doguldy, öýde bilim aldy. Örän ir özüniň ajaýyp ukybyny görkezip başlady. Amper 14 ýaşynda Didronyň belli «*Ensiklopediýasynyň*» 20 tomuny we Dalamberiň işlerini okap çykýar. Ylmy işleriň hakyky nusgasyny okamak üçin birnäçe hepdäniň dowamynda latyn dilini öwrenýär. Soňra ol grek we italýan dillerini hem kämil öwrenýär. Amperiň ylmy gyzyklanmalary örän dürli bolupdyr, ol optika, botanika, himiýa, zoologiýa bilen hem gyzyklanypdyr. Amper matematikany we tebigat bilimlerini Eýleriň, Bernulliniň, Lagranžyň we beýleki alymlaryň işleri boýunça öwrenýär.

1804-nji ýylda ol Parižiň Politehniki mekdebiniň mugallymy, 1808-nji ýylda şol mekdebiň professory we 1814-nji ýylda Pariž Ylymlar akademiýasynyň agzalygyna saýlanýar.

Amper fizika «*elektrik togy*», «*elektrik naprýaženiýesi*», «*elektrik zynjyry*» adalgalaryny girizdi we elektrik zynjyrynda toguň ugruny kesgitledi. Toguň ugry deregine ol položitel elektrigiň ugruny alýar. Şeýle hem ol magnit peýkamynyň gyşarmasyna esaslanyp işleýän abzal üçin «*galwanometr*» adalgany girizdi.

Amper *Erstediň tejribesini* gaýtalaýar we magnit peýkamy tokly giçirijä goýlaşdyrylanda peýkamyň gyşarýandygyny, tok ýazdyrylanda bolsa bu hadysanyň ýitýändigini görýär. Diýmek, magnit täsiriniň ululygy elektrigiň hereketiniň *depginine* (*intensiwliline*) bagly. Bu intensiwligi ölçemek üçin Amper ilkinji gezek «*tok güýji*» diýlen düşüňjani girizdi. Şol sebäpli tok güýjüniň birligi alymyň ady – *amper* ( $A$ ) bilen atlandyryldy.

Onuň 1826-njy ýylda çap edilen «*Tejribeden getirilip çykarylan elektrodinamiki hadysalaryň nazaryýeti*» işinde Amperiň elektrodinamika boýunça geçiren

işlerini netijeleri beýan edildi. Amper geçirijidäki tok bilen onuň döredýän magnit meýdanynyň arasyndaky gatnaşygy aşakdaky formula bilen kesgitleýär:

$$d\vec{F} = I [\vec{dl}, \vec{B}],$$

bu ýerde  $I$  – tok güýji,  $\vec{B}$  – magnit meýdanynyň induksiýasynyň wektory;

$d\vec{F}$  – Amperiň güýji.

Bu formula Amper tarapyndan tejribe üsti bilen kesgitlendi we oňa *Amperiň kanuny* diýilýär. Bu formula magnit meýdanynda ýerleşdirilen  $dl$  uzynlykdaky tokly geçirijä täsir edýän güýji kesgitleýär. Amperiň güýjüniň moduly aşakdaky formula bilen kesgitlenýär:

$$dF = IB dl \sin \alpha$$

bu ýerde  $\alpha$  – magnit meýdanynyň induksiýasynyň wektory bilen toguň arasyndaky burç.

Amper öz kanunyny wakuumda ýerleşen iki sany uzyn parallel göni toklaryň özara täsirini hasaplamak üçin hem ulandy. Takyk ölçegleri geçirip, Amper mehaniki özara täsir güýjüniň geçirijilerdäki tok güýçlerine göni baglydygyny we olaryň arasyndaky uzaklygyň artmagy bilen kemelýändigini kesgitledi. Şeýlelikde, biri-birinden  $r$  aralykda ýerleşen we  $I_1$  we  $I_2$  toklar akýan iki geçirijiniň arasyndaky özara täsir güýji şeýle kesgitlenýär:

$$F_{1-2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I_1 I_2}{r},$$

bu ýerde  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Gn}{m}$  – magnit hemişeligi.

Şeýlelikde, Amper ilkinji gezek elektrostatik özara täsirden tapawutlanýan *togun mehaniki täsirini* kesgitledi. Bu täsir geçirijilerdäki toklaryň ugurlaryna baglylykda dürlüdür, ýagny geçirijilerde toklaryň ugurlary bir ugra bolanda geçirijiler dartyşýarlar, toklaryň ugurlary dürli bolanda itekleşýärler.

*Amperiň formulasy* elektrodinamikanyň köp kanunlarynyň döremegine getirdi. Amperiň kesgitlän toklaryň mehaniki özara täsir güýçleri güýçleriň täze görnüşine degişlidir. Şunlukda, merkezi güýçlerden tapawutlylykda, Nýutonyň üçünji kanunyna boýun egmeýän güýçleriň täze görnüşü, Amperiň belleýşi ýaly – *elektrodinamiki güýçler* ýüze çykaryldy. Bu täze güýçler elektrostatikada belli bolan güýçlerden tapawutlydyr. *Amperiň kanunynyň* göni geçiriji üçin *Bio – Sawaryň kanunynyň* hususy halydygyny bellemek gerek.

Amper elektromagnit telegrafy ideýasyny hödürledi. Ol magnitiň we tegegiň (solenoidiň) ekwiwalentdigi barada netijä geldi. Bu bolsa ony magnit suwuklygynyň ýokdugy baradaky pikire getirdi.

Amperiň döreden elektrodinamikasy, soňra ylym tarapyndan ýüz öwrülen, uzakdan täsir nazaryýetine esaslanandyr. Emma muňa garamazdan, Amperiň elektrodinamikasynyň taryhy ähmiýeti uludyr. Birnäçe onlarça ýyllaryň dowamynda ol elektromagnetizm baradaky ylymda möhüm ähmiýete eýe. Amperiň köp ideýalary elektromagnit hadysalarynyň nazaryýeti döredilende J.K. Makswell tarpyndan ulanyldy. J.K. Makswell ol barada şeýle ýazdy: «*Amper elektrigiň Nýutonydyr*».

Erstediň we Amperiň açyşlary amalyýetde özüniň ulanylyşyny tapdy. Elektrigiň we magnitiň özara täsirine gözegçilik edip, 1820-nji ýylda nemes fizigi I. Şweýger *galwanometri* (has takygy, *galwanoskopy*) oýlap tapdy. Şol döwürde galwanometri «*multiplikator*» diýip hem atlandyrylýardylar. Soňra has gowşak toklary aýan edýän multiplikatory I.H. Poggendorf (1797–1866 ý.) we onuň kämil görnüşini italýan fizigi L. Nobili (1784–1835ý.) döretdiler. 1833-nji ýylda finlýandiýaly fizik Ý. Nerwander (1805–1848 ý.) tok güýjüni gös-göni magnit peýkamynyň gyşarma burçy boýunça kesgitleýän galwanometri oýlap tapdy. Bu abzalda belli tok güýjüni goýberip, galwanometriň belli gyşarmasyny alyp bolýardy. Elektromagnit telegraflaryň ulgamy bu hadysa (effekte) esaslanandy. A. Amperiň özi bolsa elektrik ylmynyň ösüşinde örän möhüm ähmiýete eýe bolan *magnitoelektrik galwanometri* hödürledi.

XIX asyryň 20-nji ýyllarynda edilen açyşlaryň we oýlap tapyşlaryň hataryna nemes fizigi Tomas Ýogann Zeýebegiň (1770–1831 ý.) *termoelektrik* we elektrik togunyň zynjyrynyň mukdar kanunyny açan Omuň işlerini goşmak bolar.

## 9.6. Omuň kanuny. Elektrik zynjyrlary

Fizikler *tok güýji* diýlen düşüňjäni kynlyk bilen özleşdirdiler, onuň ýerine «*elektrigiň depgini (intensiwligi)*» adalgasyny ulandylar. Ýöne bu görkezijini hem ölçäp bilmeýärdiler. Şol döwürde fizikler diňe haýsydyr bir hususy kanunalaýyklary derňeýärdiler. 1815-nji ýylda metallaryň dürli geçirijilige eýedikleri belli boldy. Biraz gijräk iňlis himigi Dewi *metallary geçirijiliginiň artýan tertibinde (demir, platina, gurşun, sink, altyn, kümüş) ýerleşdirdi*. Dewi *geçirijiligiň geçirijiniň kese kesiginiň meýdanyna göni baglydygyny we onuň uzynlygyna ters baglydygyny subut etdi. Şunlukda, ol geçirijiligiň geçirijiniň üstüniň meýdanyna bagly diýlen tassyklamany ýalana çykardy*.

XIX asyryň 40-njy ýyllaryna çenli geçiriji – bu elektrik zynjyrynyň düzümläşmegiň gowşak, ähmiýete eýe bolmadyk bölegi diýlip hasap edilýärdi. Şol sebäpli ony derňemek üçin wagt ýitirmeli däl diýlip hasaplanylýardy. Geçirijilik bilen gyzyklanýan ilkinji alymlaryň biri Stefano Marianinidir (1790–1866 ý.). Ol özüniň açyşyna batareýalaryň naprýaženiýesini öwrenýärkä, tötänleýin geldi. Ol wolt sütüniniň (tok çeşmesiniň) elementleriniň sanynyň artmagy bilen peýkama elektromagnit täsiriň duýarlykly artmaýandygyny gördi. Marianini şeýle netijä gelýär:

*her bir wolt elementi «toguň geçmekligi üçin päsgelçilik» döredýär. Ol «işjeň» we «işjeň däl» (ýagny ol gatlak bilen bölünen iki mis plastinalaryndan ybarat bolan) jübütler bilen tejribe geçirdi we tejribäniň kömegi bilen *daşky zynjyryň garşylygyny hasaba almaly däl* diýlen netijä gelýär.*

**Georg Simon Om (1789–1854 ý.)** – görnükli nemes fizigi (61-nji surat). Ol Germaniýada Erlangen şäherinde eneden doguldy.



61-nji surat.  
Georg Simon Om

Om geçirijiler bilen tejribeleri geçirdi we geçirijidäki tok güýjüniň geçirijiniň uçlaryna goýlan naprýaženiýä göni baglydygyny kesgitledi. Ol tejribeleri 1826-njy ýylda geçirdi, 1827-nji ýylda bolsa bu gatnaşygy nazary taýdan getirip çykardy. Om bu soraga degişli işlerini «*Metematiki işlenip taýýarlanylýan galwaniki zynjyr*» kitabynda beýan etdi. Bu kitap iňlis, italyan we fransuz dillerine terjime edildi. Omuň çap eden işi möhüm ähmiýetli bolsa-da, häzirki wagtda elektrik boýunça okuw kitaplaryny bu kanunsyz göz önüne getirip bilmeýän hem bolsak, şol döwürde Omuň işine fizikler üns bermediler, hatda duşmançylykly garaýyşlar hem boldy. Diňe fransuz alymy Klod Pulýe (1791–1868 ý.) tejribe üsti bilen Omuň alan netijelerini tassyklandan soň, *Omuň kanuny* ylmy dünýä tarapyndan kabul edildi.

Öz işinde Om geçirijiniň elektrik häsiýetini onuň *garşylygy* bilen beýan etmekligi teklipt etdi we bu adalgany ulanyşa girizdi. *Omuň kanunyň* manysy ýönekeý: *naprýaženiýe tarapyndan döredilýän tok onuň ýeňip geçmeli garşylygyna ters bagly we ony döredýän naprýaženiýä göni bagly:*

$$I = GU,$$

bu ýerde  $G$  – elektrik geçirijiligi. Geçirijilige ters bolan ululygy geçirijiniň  $R = \frac{1}{G}$  *elektrik garşylygy* diýip atlandyrdylar. Şeýlelikde, *Omuň kanuny* şeýle ýazylýar:

$$I = \frac{U}{R}.$$

G.Om «*elektrik hereketlendiriji güýç*», «*naprýaženiýäniň peselmegi*» we «*geçirijilik*» diýlen düşüňjeleri hem ylma girizdi.

*Omuň kanuny* XIX asyryň 30–40-njy ýyllarynda ylymda tassyklanyp başlandy. Omuň kanunyň ilkinji bolup rus alymlary Emiliý Hristianowiç Lens (1804–1865 ý.) (62-nji surat) we Boris Semýonowiç Ýakobi (1801–1874 ý.) (63-nji surat) ykrar etdiler. Elektrik togy bilen bagly bolan hadysalary mukdar taýdan bahalandyrmaga ilkinji gezek



62-nji surat. Emiliý  
Hristianowiç Lens





63-nji surat. Boris  
Semýonowiç Ýakobi

mümkinçilik beren Omuň işleriniň ylym üçin ägirt uly ähmiýeti bardyr. Ähli nazary we tejribe barlaglary bu kanunyň dogrudygyny tassyklaýar. *Omuň kanuny* – bu tebigatyň hakyky kanuny. 1881-nji ýylda Parižde geçirilen elektrotehniki gurultaýda *garşylygyň birligini* – *Om* diýip atlandyrmagy biragyndan makulladylar.

Şeýlelikde, XIX asyryň birinji ýarymynda elektrometriýa boýunça barlaglar ýaýbaňlandy. Uilýam Sterjen (1783–1850 ý.) – inlis inženeri, Lankaster şäherinde ädikçiniň maşgalasynda doguldy. Ol köp okapdyr, fiziki we himiki tejribeleri geçiripdir. Dünýäde ilkinji *elektromagnit* U. Sterjen tarapyndan döredildi.

U. Sterjen oýlap tapan elektromagnitini 1825-nji ýylyň 25-nji maýynda Sungat jemgyýetine görkezdi. Onuň elktromagniti uzynlygy  $30\text{ sm}$ , diametri  $1,3\text{ sm}$  bolan, nal görnüşli epilen demir sterženden we steržene saralan bir gat goralmadyk (izolirlenmedik) mis simden ybaratdy. Ol elektrik toguny, şol döwrüň barlagçylarynyň tejribelerinde ulanýan *galwaniki batareýalaryndan* (*wolt sütünlerinden*) aldy. U. Sterjeniň elektromagniti  $3600\text{ gram}$  ýüki saklap bilýärdi. J. Joul tejribäniň kömegi bilen 1825-nji ýylda Sterjeniň magnitini  $20\text{ kg}$  ýüki saklar ýaly derejä ýetirdi. Soňra 1828-nji ýylda inlis sagat ussasy Wotkins  $30\text{ kg}$  ýüki göterýän elektromagniti ýasady. Emma tiz wagtdan amerikaly fizik Jozef Genri (1797–1878 ý.)  $1\text{ tonna}$  ýüki göterýän, massasy  $300\text{ kg}$  bolan elektromagniti ýasady. Bu alym barada geljekde ýene-de gürrüň bereris.

1841-nji ýylda Jeýms Joul we 1842-nji ýylda rus fizigi Emil Hristianowiç Lens (1804–1865 ý.) biri-birinden habarsyz, elektrik togunyň ýylylyk häsiýetini beýan edýän effekti, ýagny *Joul–Lensiň kanuny* diýlip atlandyrylýan kanuny hödürlediler. Bu kanun şeýle kesgitlenýär: *Bölünip çykyan  $Q$  ýylylyk mukdary  $I$  tok güýjüniň kwadratyna, geçirijiniň  $R$  garşylygyna we toguň geçirijiden akyp geçýän  $t$  wagtyna baglydyr:*

$$Q = I^2 R t.$$

Emma XIX asyryň birinji ýarymynda elektromagnetizme degişli in möhüm açyşlar M. Faradeý tarapyndan edildi.

## 9.7. Faradeýiň ylmy ýeňşi

**Maýkl Faradeý (1791–1867 ý.)** – inlis fizigi (64-nji surat). Ol London şäherinde demirçiniň maşgalasynda doguldy. Maşgalanyň maddy ýetmezçiligi sebäpli, Maýkl orta mekdebi hem tamamlap bilmedi. On üç ýaşyndan başlap ol kitaplary we gazetleri eltip beriji, soňra ýedi ýyllap kitaplary sahaplaýjy bolup işledi. Bu ýyllaryň dowamynda Maýkl erjellik bilen bilimini artdyrdy. Ol öz sahaplaýan fizika we himiýa, şeýle hem «*Britan ensiklopediýa*» kitaplaryndan makalalary uly joşgun bilen

okaýardy. Ol bu kitaplarda beýan edilen tejribeleri elde ýasalan elektrostatik abzallarda gaýtalaýardy. Faradeý belli fizik we himik G.Dewiniň leksiýalaryna uly höwes bilen gatnaýar. 1813-nji ýylda Dewi Faradeýi Korollyk institutynyň himiýa barlaghanasyna laborantlyk wezipesine işe kabul edýär.

Faradeý elektrik we magnit boýunça esasy işlerini «*Elektrik boýunça tejribe derňewleri*» at bilen, çykyşlaryň toplumy görnüşinde Londonyň Korollyk jemgyýetine tabşyrýar. 1824-nji ýylda Faradeý LKJ-niň agzalygyna saýlanýar. Ömrüniň ahyrynda ol agyr kesele seze-war bolýar. Onuň çagalary bolmandyr. Beýik fizik iş stolunyň başynda aradan çykýar.



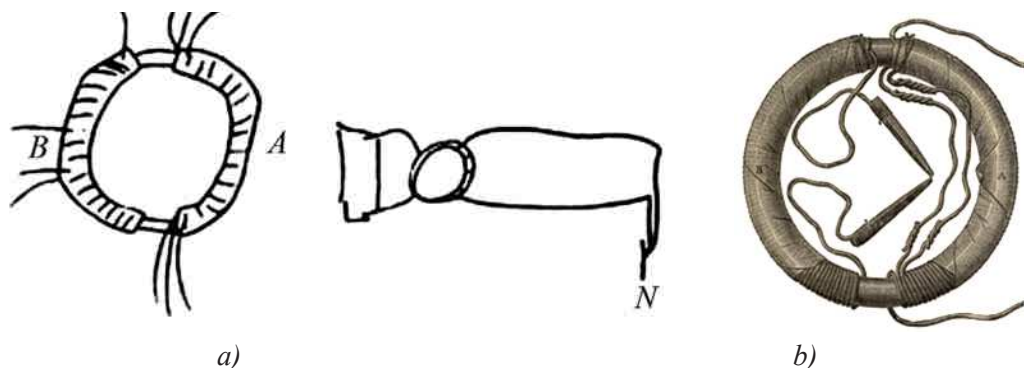
64-nji surat.  
Maýkl Faradeý

Faradeýiň ylmy döredijiligi barada aýdylanda ol özüniň fiziki derňewlerine *elektroliz* hadysasyny derňemekden başlady. Soňra ony tokly geçirijiniň daşynda döreýän, mehaniki aýlanmany döretmäge ukyply, magnit meýdany bilen baglanyşykly bolan mesele gyzyklandyryp başlaýar. Şeýlelikde, 1821-nji ýylyň dekabrynda Faradeý taryhda ilkinji *elektrik hereketlendirijini* işletdi. Şondan soň Faradeý «*magniti elektrige öwürmek*» meselesi bilen gyzyklanyp başlaýar we on ýylyň dowamynda bu meseläniň üstünde işleýär. 1831-nji ýyldan başlap, ol üç jiltlik «*Elektrik boýunça tejribe derňewleri*» atly kitabyňyň makalalaryny çap edip başlaýar.

Bu kitabyň birinji böleginde: «*Elektrik toklarynyň induksiýasy*», «*Elektrigiň we magnitiň döreýşi barada*», «*Materiýanyň täze elektrik haly barada*», «*Magnit hadysalarynyň düşündirilişi barada*» we beýleki bölümler bar. Bu bölümleriň her haýsysynyň mazmuny fizikanyň okuw kitaplaryndan belli. Şeýle hem bu bölekde elektromagnit induksiýa boýunça Faradeýiň geçiren esasy tejribeleri beýan edilen.

*Faradeýiň tejribeleri* ähli mekdepleriň fizika okuw kitaplarynda beýan edilen. Täze hadysa açylan birinji tejribede Faradeý agaçdan ýasalan silindr ulandy. Bu silindre biri-birinden goralan sargy saraldy. Bu sargylaryň biri galwanik batareýa, beýlekisi – galwanometre birikdirildi. Birinji sargy toga birikdirilende we ýazdyrylanda, ikinji sargydaki galwanometriň peýkamy tok birikdirilende bir tarapa, tok ýazdyrylanda garşylykly ugra gyşarýar. Bu, birinji sarymdaky toklaryň täsiri bilen döreýän ikinji sarymdaky toklary Faradeý «*induktiv toklar*» diýip atlandyrdy. Bu at häzirki döwre çenli saklanyp gelýär.

Elektrik togunyň bir zynjyrynyň beýleki zynjyra täsirini Faradeý *wolt -elektrik induksiýasy* diýip atlandyrdy. Eger sargynyň içinde demir ýerleşdirilse wolt-elektrik induksiýanyň güýçlenýändigini anyklady. Faradeý demir halka (tor) görnüşli induksion abzal ýasady. Ol bu halka biri-birinden goralan iki sany sarymlary sarady we olaryň birinjisini tok çeşmesine, ikinji sarymy galwanometre birikdirdi (65-nji surat). Bir sargyda tok birikdirilende ýa-da ýazdyrylanda, ikinji sargyda tok döreýär. «*Faradeýiň transformatory*» adyny alan Faradeýiň bu halkasy transformatoryň ilkinji modeli boldy.



65-nji surat. Elektromagnit induksiya hadysasy boýunça tejribe:  
a – Faradeýiň çyzgysy; b – bu çyzgy esasynda ýasalan «Faradeýiň transformatory»

Soňra Faradeý induksion täsirleri adaty magnitleriň kömegi bilen aldy.

Bu hadysalary Faradeý *magnitoelektrik induksiya* diýip atlandyrdy. Faradeýe görä, başga bir tok ýa-da magnit tarapyndan induksion täsire sezewar bolýan geçiriji aýratyn halda bolýar. Ol bu haly *elektronik hal* diýip atlandyrdy. Bu at ylymda saklanmady, emma şu ýerden elektromagnit özara täsirlerde gurşawyň ähmiýeti baradaky Faradeýiň derňewleri başlandy. Onuň alan netijelerinde (1832-nji ýylyň 12-nji marty) «*magnit özara täsiriň ýaýramagy üçin wagtyň gerekdigi*» we bu hadysany yrgyldylar nazaryýetiniň kömegi bilen beýan edip boljakdygy barada aýdylýardy. Faradeýe görä, induksiýanyň ýaýrama hadysasy «*oýandyrylan suw üstüniň yrgyldysy ýa-da howanyň bölejikleriniň ses yrgyldylary ýalydyr*». *Faradeý elektromagnit meýdany we onuň gutarnykly tizlik bilen ýaýraýanlygy baradaky pikire geldi.*

XIX asyryň birinji ýarymynda elektromagnit induksiya hadysasyny Faradeýe bagly bolmazdan, bir wagtyň özünde diýen ýaly Ogýusten Žan Frenel (1788–1827 ý.), Amper, Genri hem açdylar. Faradeýiň işleri çap edilenden soň, köp fizikler toklaryň magnit täsiri baradaky tejribelerinde bu hadysany görendiklerine, emma oňa üns bermändiglerine düşündiler. Şuňa meňzeş ýagdaýlar Nýuton tarapyndan dartyлма kanuny, matematiki derňew we beýleki açyşlar edilende hem ýüze çykypdy.

Şeýlelikde, 1831-nji ýylyň 29-njy awgustynda Faradeý *elektromagnit induksiya hadysasyny – üýtgeýän magnit meýdanynyň kömegi bilen elektrik meýdanynyň döremek hadysasyny açdy, ýagny magnit ilkinji gezek elektrige öwrüldi.* Bu hadysa ähli hemişelik we üýtgeýän toguň elektrik hereketlendirijileriniň işleýşiniň esasy boldy diýip aýtmak bolar. *Bu hadysanyň esasynda elektrik energiýanyň täze çeşmesi, belli çeşmelerden (sürtülme we himiki hadysalara esaslanan) başga bolan induksiya çeşmesi we energiýanyň täze görnüşi – induksion elektrik tapyldy.*

Magnit akymy üýtgände (birikdirilende, ýazdyrylanda, indusirlenýän geçirijilerde toguň üýtgemegi, magnit golaýlaşdyrylanda we daşlaşdyrylanda we ş.m.) *induksiýanyň elektrik hereketlendiriji güýjüniň (EHG) döreyändigini baradaky*

Faradeý tarapyndan kesgitlenen maglumaty Makswell aşakdaky deňleme bilen aňlatdy:

$$\varepsilon = -\frac{\partial \Phi}{\partial t},$$

bu ýerde  $\varepsilon$  – induksiýanyň elektrik hereketlendiriji güýji (EHG);  $\frac{\partial \Phi}{\partial t}$  – indusirlenen tok döreyän geçiriji tarapyndan çäklenen üstden geçýän magnit akymynyň üýtgemesiniň tizligi.

Makswelliň belleýşine görä, *üýtgeýän magnit meýdany köwlenmeli elektrik meýdany bilen gurşalan*. Faradeý tarapyndan açylan kanuny Makswell wektor görnüşde şeýle aňlatdy:

$$\text{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t},$$

bu ýerde  $\vec{E}$  – elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň wektory;  $\vec{B}$  – magnit meýdanynyň induksiýasynyň wektory.

Ýokarky formulalardaky minus alamaty *Lensiň düzgüni* boýunça goýulýar. Bu düzgüni peterburgly akademik Emil Hristianowiç Lens (1804–1865 ý.) hödürledi. Düzgünde şeýle diýilýär: *Induksion tok özüniň hususy magnit meýdany bilen onuň döremegine sebäp bolan daşky magnit meýdanynyň üýtgemegine garşylykly täsir eder ýaly ugrugandyr, ýagny induksion toguň ugry ony döredýän sebäbiň ugruna ters ugrukdyrylandyr*.

«*Elektrik boýunça tejribe derňewleri*» atly kitabyň üçünjü böleginde Faradeý elektrigiň dürli görnüşleriniň (adaty, galwanik, janly, induksion) bardygy baradaky jedeli çözdü. Adaty, galwanik, magnit, termiki we janly elektrigiň döredýän täsirlerini öwrenip, Faradeý fundamental netijä gelýär: «*Döreyän çeşmesine bagly bolmazdan, elektrigiň ähli görnüşleri, diňe alamaty boýunça tapawutlanyp, tebigaty boýunça meňzeşdir (toždestwendir)*»).

Ýokarda ady agzalan kitabyň 5–7-nji bölekleri toguň himiki täsirini öwrenmegiň netijelerine bagyşlanan. Bu ýerde Faradeý tarapyndan ilkinji gezek «*anod*», «*katod*», «*elektroliz*», «*elektromagnit*», «*elektrod*» we beýleki adalgalar girizildi. Faradeý, häzirki wagtda onuň adyny göterýän, *elektroliz kanunlaryny* hödürledi. 1833-nji ýylda Faradeý *woltmetri* oýlap tapdy.

Gemfri Dewi (1778–1829 ý.) elektrolitik dargama bilen *aşgar metallaryny* açdy. Iogann Ritter (1776–1810 ý.) *galwaniki elementiň polýarizasiýasyny* açdy we *ilkinji akkumulýatory* dörettdi.

Faradeý *islendik maddanyň onuň elektrohimiki ekwiwalentine deň mukdarynyň bölünip çykmagy üçin elektrigiň şol bir mukdarynyň gerekdigi baradaky möhüm netijä geldi*. Bu ululyk esasy fiziki hemişelikleriň biri bolup, «*Faradeýiň sany*»

( $F = 96500 \text{ Kl/mol}$ ) diýlip atlandyrylýar we häzirkî zaman fizikasynda uly ähmiýete eýedir.

Şeýlelikde, Faradeý maddanyň atomy bilen baglanyşykly bolan käbir *elektrik zaryady*, şeýle hem ilkinji gezek *elektrik zaryadynyň diskretligi* (diskretlik – aýry-aýry böleklerden durýan, böler-bölek, üzňe-üzňe) baradaky pikiri aýtdy. Muny ol kitabyň 7-nji böleginde ýerleşdirilen «*Materiýanyň bölejikleri ýa-da atomlary bilen baglanyşykly bolan elektrigiň absolýut mukdary barada*» makalasynda has anyk görnüşde beýan edýär. Faradeý 1843-nji ýylda *elektrik zaryadynyň saklanma kanunyny* tejribede subut etdi. 1845-nji ýylda ol *diamagnit we paramagnit hadysalaryny* açdy (bu adalgalar Faradeý tarapyndan girizildi).

Kitabyň dokuzynjy böleginde Faradeý *öz-özünde induksiýa hadysasyny* beýan edýär. Bu hadysa biri-birinden habarsyz amerikalý Josef Genri we angliýaly Uilýam Jenikin tarapyndan hem açylypdy. Emma J. Genri bu işini çap etmändi. Şoňa görä-de Faradeý diňe U. Jenikini ýatlaýar.

Faradeý häzirkî wagtda hem leksiýalarda öz-özünde induksiýa hadysasy görkezilýän tejribe desgany beýan edýär. Eger geçirijiden üýtgeýän tok aksa, onda onuň döredýän magnit meýdany üýtgeýär. Bu geçiriji şol üýtgeýän magnit meýdanynda ýerleşýär. Şonuň üçin bu geçirijide induksion *EHG* döreýär. Garalýan ýagdaýda üstünden üýtgeýän tok akýan geçiriji öz-özünde induksion *EHG-ni* döredýär. Bu hadysa *öz-özünde induksiýa hadysasy* diýilýär. Induksion *EHG* konturda induksion togy döredýär. Bu toguň ugry ony döredýän sebäbe garşylykly ugrugandyr. Faradeý *induktivlik - elektrik zynjyrynyň inertililiginiň ölçegidir* diýip belledi. Faradeýe görä, öz-özünde induksiýa mehanikadaky inersiýa meňzeşdir. Ýagny mehaniki hereketde jisimiň massasy nähili ähmiýete eýe bolsa, elektrik zynjyrynda induktivlik hem şonuň ýaly ähmiýete eýedir. Faradeý geçirijiniň induktivligi onuň formasyna bagly we geçiriji burum-burum görnüşde düýrlenende has-da artýar diýip belledi. Bularyň hemmesi ony *elektronik hal* baradaky pikire gaýdyp gelmäge hem-de elektrik we magnit güýçleriniň arasyndaky baglanyşygy derňemäge mejbur edýär. Faradeýiň pikiri geçirijini gurşap alýan giňişlige gönügýär we onuň aňynda *meýdan* baradaky çuň pikir kemala gelip başlaýar.

Maddanyň elektrik we magnit häsiýetlerini içgin öwrenmeklik Faradeýi düýpli (fundamental) *täze pikire - meýdan garaýşyna* getirdi. Faradeý magnit meýdanyny galwanometriň kömegi bilen derňemek usulyny işläp düzdi. Ol *magnit meýdanyny güýç çyzyklarynyň kömegi bilen şekillendirmek usulyny* dörettdi. Faradeýde görülmedik ylmy duýgurlygyň we öňdengörüjiligiň bolandygyny bellemek gerek.

Faradeý, umuman, uzakdan täsir konsepsiýasyndan ýüz öwürdi we fizika düýbünden täze obýekt – *fiziki meýdan* girizdi. Faradeýe görä, *meýdan* – *şöhlelenýän, giňişlikde gutarnykly tizlik bilen ýaýraýan, madda bilen özara täsirleşýän zatdyr*. Şeýle meýdanyň mysaly hökmünde Günüň şöhlelenmesini görkezmek bolar. Faradeý şeýle ýazýar: «*Bu ýagdaýda şöhleler (ýagny, güýç çyzyklary) aralyk*



*giňişlikden geçýärler; emma biz bu ýerde şöhlelere, olaryň ýolunda ýerleşen dürli gurşawlar bilen täsir edip bileris. Biz olaryň serpikmegi we döwürmegi arkaly olaryň ugruny üýtgedip, olary egrigyzkyly ýa-da döwürk çyzykly ýol bilen gitmäge mejbur edip bileris. Bu şöhleleri olaryň çeşmesinden kesip bileris we soňra olary, ahyrky baryan ýerine barmanka, tapyp bileris. Bu şöhleler wagt bilen baglanyşykly we Günden Ýere ýetýänçä 8 minut gerek bolýar. Şeýlelikde, bu şöhleler öz çeşmesine we geljek ýerine bagly bolmazdan bardyrlar. Şeýlelikde, olar hakyky fiziki barlyga eýedirlər».*

Şeýlelikde, 1832-nji ýylda Faradeý uzak wagtyň dowamynda geçiren ylmy barlaglarynyň netijesinde meýdanyň şeýle konsepsiýasyna geldi. *Faradeý fizika maddanyň bölejikleri bilen bir hatarda, materiýanyň täze formasy bolan bölejikler tarapyndan şöhlenýän we ýuwudylyan hem-de giňişlikde gutarnykly tizlik bilen ýaýraýan meýdan düşüňjesini girizdi.* Bu ideýa matematiki görnüşde Faradeýiň işini dowam etdiriji Jeýms Klerk Makswell tarapyndan işlenip düzüldi.

«*Elektrik boýunça tejribe derňewleri*» kitabyňyň on birinji böleginde Faradeý maddanyň dielektrik häsiýetlerini içgin öwrenýär we ony häsiýetlendirýän aýratyn sany hödürleýär. Bu sany ol *udel induksiýa* ýa-da *udel induktiv ukyplylygy* diýip atlandyrýar. Soňra bu sany *dielektrik hemişelek*, häzirki wagtda bolsa *dielektrik syzyjylyk* diýip atlandyrdylar.

Bu bölekde Faradeý atmosfera basyşy astyndaky we seýreklandirililen gazlardaky zarýadsyzlanmalary beýan edýär. Seýreklandirililen gazlarda bolup geçýän zarýadsyzlanmada Faradeý katodyň we anodyň golaýynda döreyän ýagtylanmany bölýän garaňky giňişligi ýüze çykardy. Bu garaňky giňişlige häzirki wagtda *Faradeýiň giňişligi* diýilýär. 1839-njy ýylda Faradeý *energiýanyň saklanma we öwürilme kanunyny hödürledi.* Faradeý ýagtylygyň *polýarizasiýa tekizligini magnit meýdanynyň kömegi bilen aýlamak* boýunça tejribeleri hem geçirdi. Bu effekte häzirki wagtda *Faradeýiň effekti* diýilýär.

Faradeýiň döwürdeşleri onuň açýşlarynyň ähmiýetine düşünp bilmediler. Häzirki wagtda, Faradeýiň fizika ylmyna goşan goşandyny deňeşdirme usuly bilen beýan etsek, has-da düşnükli bolar. Galileo Galileý mehanikada nähili ähmiýete eýe bolsa, Maýkl Faradeý hem elektromagnetizmde şeýle ähmiýete eýe boldy. Olaryň ikisi hem mehanikada Nýutonyň we elektrodinamikada Makswelliň nazary ideýalarynyň esasy bolan tejribeleri geçirdiler. Galileýiň işleri bolmadyk bolanda Nýutonyň açýşlarynyň bolmajakdygy ýaly, Faradeýiň işleri bolmasa, Makswelliň nazary açýşlary bolmazdy. Faradeýiň ylmyň önündäki esasy hyzmaty onuň tejribe arkaly açýşlary fizika Makswelliň we onuň elektrodinamikasynyň gelmekligini taýýarlady.

Bu ýerde Faradeýe bagly bolmazdan, Faradeýiň tejribelerine meňzeş tejribeleri J. Genriniň hem geçirendigini bellemek gerek.

**Josef Genri (1797–1878 ý.)** – amerikaly fizik. Ol M. Faradeý ýaly, örän garyp maşgalada doguldy. Ylma bolan höwes onda on alty ýaşynda, «*Tejribe filosofiýasy boýunça ýönekeý leksiýalar*» atly kitaby okandan soň döredi. 1819-njy ýylda ol Olban akedemiýasyna mugt okuwa kabul edilýär. Ol şeýle bir garyp bolupdyr, hatda mugt okadylsa hem, repetitorlyk (okuwçyny synaga taýýarlamaklyk) bilen gazanç edipdir. Ol örän oňat okapdyr, hatda mugallymçylyk etmekde özüniň mugallymlaryna hem kömek edipdir. 1826-njy ýylda ol Olban akedemiýasynda matematikanyň we tebigy filosofiýanyň professory wezipesine bellenilýär. Ýer magnetizmine bolan gyzyklanma ony magnetizm boýunça tejribelere getirdi. Genri bir tonna ýüki galdyryp bilýän elektromagniti döretdi.

Elektromagnit induksiýa baradaky açyşyny J. Genri diňe özüniň düşbülgi bilen, *Faradeýiň tejribelerinden* birnäçe ýyl öň etdi. Ýöne J. Genri bu tejribeleriň netijelerini çap etmändi. 1821-nji ýylda magnitiň daşynda geçirijiniň we geçirijiniň daşynda magnitiň aýlanyşyny subut edýän Faradeýiň tejribelerinden soň, J. Genri yrgyldyly hereket edýän elektrik hereketlendirijiniň nusgasyny – deňölçegli yrgyldayan «*elektromagnit eginagajy*» döretdi.

1842-nji ýylda J. Genri kondensatoryň we 1847-nji ýylda bolsa leýden bankasynyň zaryadsyzlanmagynyň yrgyldyly häsiýetini kesgitledi. J. Genriniň ylma goşan goşandy beýik bahalandyryldy: 1893-nji ýylda Çikago şäherinde geçirilen elektrotehniki kongresde induktiwligiň birligi onuň ady bilen atlandyryldy (*genri, G*). *Induktivlik* diýlen adalga 1886-njy ýylda iňlis fizigi Oliwer Hewisaýd (1850–1925 ý.) tarapyndan hödürlendi.

## **10-njy bab. MAKSWELL TARAPYNDAN ELEKTROMAGNIT MEÝDANYNYŇ NAZARYÝETINIŇ DÖREDILMEGI WE ONUŇ TEJRIBEDE TASSYKLANMAGY**

### **10.1. Makswell we onuň elektromagnit meýdanynyň nazaryýeti**

Faradeýiň açyşlary elektrik ylmynda täze açyşlaryň başlangyjy boldy. Onuň elektrik baradaky ideýalary tehnika täze sepgitleri eýeläp başlady. Elektromagnit telegrafy döredi. XIX asyryň 70-nji ýyllarynda ol Ýewropany ABŞ, Hindistan, Günorta Amerika bilen birleşdirdi. Ilkinji elektrik togunyň hereketlendirijileri döredildi, himiýada elektrik giňden ulanylyp başlandy. Ylymda elektromagnit hadysalarynyň öwrenilişi artdy. Şeýlelikde, dünýäniň mehaniki suratyny elektromagnit surat bilen çalşyp boljak eýýam gelip ýetdi. Edil Nýuton ýaly, öz döwrüne çenli toplanan maglumatlary birleşdirip biljek we onuň esasynda täze dünýäniň esaslaryny beýan edýän täze nazaryýeti döretjek adam gerekdi. Bu adam Jeýms Klerk Makswell boldy.

**Jeýms Klerk Makswell (1831–1879 ý.)** – iňlis fizigi (66-njy surat), matematigi we mehanigi, gelip çykyşy boýunça şotlandiýaly, Londonyň Korollyk jemgyýetiniň agzasy (1861), Edinburg şäherinde eneden doguldy. Ol ýapyk mekdepde (Edinburg akademiýasinda) V synpa çenli höwessiz okaýar. Makswell geometriýa bilen gyzyklanýar we 14 ýaşynda ilkinji ylmy işini çap edýär.

Makswell 1847-nji ýylda Edinburg uniwersitetine okuwa girýär we matematikany çuňňur öwrenip başlaýar. 1850-nji ýylda Kembrij uniwersitetine, (Nýutonyň okan Triniti kollejine) geçirilýär. 1854-nji ýylda bakalawr derejä eýe bolýar. Ol elektrik we optika bilen gyzyklanýar.

1855-nji ýylda ol Edinburg Korollyk jemgyýetiniň agzalygyna kabul edilýär. 1856-njy ýylda Makswell Aberdin şäherinde Marişalskiý kollejinde fizikadan professor wezipäni eýeleýär. Bu ýerde ol elektrodinamikanyň meseleleriniň üstünde işleýär.



66-njy surat. Jeýms Klerk Makswell

Eýnşteýniň belleýşine görä, Galileý we Nýuton mehanikada nähili ähmiýete eýe bolan bolsa, Faradeý we Makswell elektrik ylmynda şonuň ýaly ähmiýete eýe boldy.

Galileýiň mehaniki hadysalaryna Nýutonyň matematiki görnüş berşi we fiziki esaslandyryşy ýaly, Makswell hem Faradeýiň ideýalaryna matematiki görnüş berdi, «*elektromagnit meýdany*» adalgasyny girizdi, bu meýdany beýan edýän matematiki kanunlary dörettdi. Galileý we Nýuton dünýäniň mehaniki suratyny, Faradeý we Makswell bolsa elektromagnit esasyny döretdiler,

Makswell talyp döwründe (1850 ý.) Edinburg Korollyk jemgyýetinde maýyşgak jisimleriniň deňagramlylygy barada çykyş edýär. Ol bu işinde häzirki döwürde belli bolan maýyşgaklyk nazaryýetindäki *Makswelliň teoremasyny* beýan edýär. 1857-nji ýylda Makswell M. Faradeýe «*Faradeý güýç çyzyklary barada*» atly işini iberýär. Makswell bu işinde gidrodinamiki we mehaniki meňzeşlikleri ulanýar. Bu bolsa Makswelle irländ matematigi U. Gamiltonyň matematiki guralyndan peýdalanmaga we şeýlelikde, elektrodinamiki baglanyşyklary matematiki dilde aňlatmaga mümkinçilik berýär. Soňra gidrodinamiki meňzeşlikleriň ýerine ol maýyşgaklyk nazaryýetiniň usullaryny, ýagny deformasiýa düşüňjesini, basyşy, tüweleýleri we ş.m. girizdi.

Bulardan ugur alyp, Makswell bu tapgyrda heniz bütewi ulgama getirilmedik meýdanyň deňlemelerine gelyär. Dielektrikleri derňäp, Makswell «*süýşme togy*» ideýasyny hödürleýär. Onuň bu ideýalary 1861–1862-nji ýyllarda «*Güýçleriň fiziki çyzyklary barada*» atly makalalarda çap edildi.

1860–1865-nji ýyllar aralygynda Makswell Londonyň Korollyk kollejinde professor wezipesinde işleýär. Bu döwürde Makswelliň elektromagnit tolkunlaryň bütewi tebigaty baradaky pikirleri beýan edilen «*Elektromagnit meýdanynyň dinamiki nazaryýeti*» atly makalalary çap edildi.

1866–1871-nji ýyllar aralygynda Makswell Middebindäki mülkünde ýaşaýar we ömrüniň baş işi bolan «*Elektrik we magnit barada traktata*» atly işini, «*Ýylylyk nazaryýeti*» kitabyny we gazlaryň kinetiki nazaryýeti barada birnäçe ylmy makalalary ýazýar.

1871-nji ýylda G. Kawandesiň garyndaşlarynyň serişdeleriniň hasabyna Kembrij uniwersitetinde tejribe fizikasy kafedrasý döredildi we barlaghananyň jaýy gurlup başlandy. Fizikanyň taryhynda bu barlaghana Kawendiş barlaghanasy ady bilen bellidir. Makswell bu barlaghananyň birinji professory we barlaghananyň müdiri bolmaklyga çagyrys aldy. 1871-nji ýylyň oktýabrynda ol uniwersitet biliminde eksperimental barlaglaryň we ugurlaryň ähmiýeti barada leksiýa okady. Onuň bu leksiýasy köp ýyllaryň dowamynda eksperimental fizikany öwrenmekde ugrukdyryjy maksatnama boldy. 1874-nji ýylyň 16-njy iýunynda *Kawendiş barlaghanasy* açyldy.

Şol döwürden başlap *Kawendiş barlaghanasy* fizika ylmynyň dünýä merkezine öwrüldi, bu häzirki döwürde hem şeýle. Indi ýüz ýyldan hem köp wagtyň dowamynynda onda münlerçe alymlar işlediler. Olaryň köpüsi dünýä fizika ylmyny şöhratlandyran alymlardyr. Makswellden soň Kawendiş barlaghanasyna köp görnükli alymlar müdirlik etdiler: J.J. Tomson, E. Rezerford, L. Bregg, N.F. Mott, A.B. Pippard we beýlekiler.

Elektromagnit meýdanynyň nazaryýeti beýan edilen «*Elektrik we magnit barada traktata*» işi çap edilenden soň (1873 ý.), Makswell özüniň garaýyşlaryny düşnükli dilde beýan etmek we ýaýratmak maksady bilen «*Elektrigiň elementar beýan edilişi*» atly kitaby ýazmagy maksat edinýär. Makswell bu kitabyň üstünde işleýärkä onuň saglygy ýaramazlaşýar we ol 1879-njy ýylyň 5-nji noýabrynda aradan çykýar.

*Makswelliň elektromagnit meýdanynyň nazaryýetiniň täze nusgawy däl fizikanyň esaslaryny döretmäge mümkinçilik berendigi sebäpli, ony giňişleýin derňäliň.*

*Makswelliň nazaryýeti elektrik we elektromagnit hadysalarynyň (Gauss–Ostrogradskiniň, doly toguň kanunlarynyň we elektromagnit induksiýa kanunlarynyň) esasy kanunlarynyň yzygiderli umumylaşmasydyr.*

Makswell elektromagnit induksiýanyň tebigaty barada Faradeýiň «*Konturyň we magnitiň göräli hereketleri ýa-da magnit meýdanynyň üýtgemegi netijesinde konturdan geçýän magnit güýç çyzyklarynyň sanynyň üýtgemegi, konturda induksiýon togy döredýär*» diýen garaýyşlaryny goldady.

Makswelliň nazaryýeti nusgawy fizikanyň ösmegine ägirt uly goşant boldy. Ol hereketsiz zarýadlaryň elektrostatik meýdanlaryndan başlap we ýagtylygyň elektromagnit tebigaty bilen gutarýan ägirt uly hadysalaryň toplumyny bütewi nukdaýnazynda düşündirmäge mümkinçilik berdi.

*Makswelliň nazaryýeti elektromagnit meýdanynyň fenomenologik nazaryýetidir.* Beýle diýilmegi, bu nazaryýetde gurşawyň molekulýar gurluşy we elektr-

magnit meýdanda gurşawda bolup geçýän hadysalaryň içki mehanizmleriniň sere-dilmeýändigini aňladýar. Bu nazaryýetde gurşawyň elektrik we magnit häsiýetleri üç sany ululygyň:  $\varepsilon$  – otnositel dielektrik syzyjylygyň,  $\mu$  – otnositel magnit syzy-jylygyň we  $\gamma$  – udel elektrik geçirijiligiň kömegi bilen beýan edilýär. Gurşawyň bu parametrleri tejribeden belli hasap edilýär.

*Makswelliň nazaryýeti makroskopik nazaryýetdir.* Bu nazaryýetde  $V > V_m$  ( $V_m$  – aýratyn atomlaryň we molekulalaryň göwrümleri) göwrümlerde jemlenen makroskopik zarýadlar we toklar tarapyndan döredilýän meýdanlara seredilýär, ýagny giňişlik ölçegleri aýratyn atomlaryň we molekulalaryň ölçeglerinden birnäçe esse uly bolan, dynçlykda we hereket edýän zarýadlar ulgamlaryna seredilýär.

Makswelliň döwründe elektrigiň «*Faradeýiň güýç çyzyklary*» nazaryýeti we *fransuz alymlary Kulon, Amper, Bio, Sawar, Arago we Laplas tarapyndan döredilen nazaryýeti* diýen dürli iki nazaryýet bardy. Soňky nazaryýet uzakdan täsir garaýşa esaslanýar, ýagny bir jisimden beýleki jisime täsir, hiç hili aralyk gurşawyň köme-gi bilen geçirilmän göz açyp-ýumasy salymda (mgnowen) geçirilýär. Faradeý bu nazaryýet bilen ylalaşmady. Ol: «*Materiýa özüniň ýok ýerinde täsir edip bilmez*» diýlen garaýşa bütinleý ynanýardy. Täsirini geçirilýän gurşawyny Faradeý «*meý-dan*» diýip atlandyrdy. Faradeý: «*Magnit we elektrik güýç çyzyklary meýdanyň içi-den geçýärler*» diýip belledi.

1857-nji ýylda «*Kembrij filosofiki jemgyýetiniň işleri*» ýygynyndysynda Maks-welliň «*Faradeý güýç çyzyklary barada*» makalasy çap edildi. Bu makalada elek-trik boýunça edilmeli işleriň meýilnamasy getirildi. Bu makalada Makswelliň deň-lemeleri süýşme togy getirilmedik görnüşinde ýazylypdy. Bu makala özüniň dowam etdirilmegini talap edýärdi. Elektrogidrawlik meňzeşlik köp zatlary beripdi. Olaryň kömegi bilen zerur bolan differensial deňlemeler ýazylypdy. Ýöne hemme zady elektrogidrawlik meňzetmä tabyn etmek, ylaýta-da, möhüm kanun bolan elektro-magnit induksiýany bu meňzetme bilen düşündirmek mümkin bolmady. Toklaryň öňe we aýlawly hereketini, magnit meýdanynyň köwlenmeli häsiýetini birwagtyň özünde beýan edýän hadysa düşünmegi ýeňilleşdirýän täze kömekçi mehanizmi oýlap tapmak gerekdi.

Makswell, köwlenmesi şeýle bir kiçi, ýagny molekulanyň içinde hem ýerleşip bilýän aýratyn gurşawy hödürledi. Aýlanýan «*molekulýar köwlenmeler*» magnit meýdanyny döredip bilýärler. Molekulalaryň köwlenme oklarynyň ugurlary olaryň güýç çyzyklary bilen gabat gelýärler, olaryň özleri bolsa ýuka aýlanýan silindrikler görnüşinde bolup bilýärler. Ýöne köwlenmeleriň galtaşýan daşky bölekleri özara hereketlenmä päsgel berip, garşylykly ugurda hereket ederler. Nähili edip bir-biriniň yzynda ýerleşen iki sany dişli geçirijileri (şeşterenjikleri) bir ugra hereketlendirip bolar? Makswell bir-biriniň yzynda ýerleşen molekulýar köwlenmeleriň arasynda aýlanmaga ukyply, ownuk şar görnüşli bölejikleriň («*boş tigirleriň*») gatlagy ýer-leşen diýip çaklady. Indi köwlenmeler bir ugra öz aralarynda täsir edişip bilýärdiler.



Makswell özüniň mehaniki modeliniň häsiýetini geçirijiler we dielektrikler üçin ulandy we elektrik hadysalary toguň geçmegine päsgel berýän gurşawda – dielektrikde hem dörap bilerler diýen netijä geldi. Goý, «*boş tigirler*» elektrik meýdanynyň täsiri netijesinde bu gurşawlarda öňe hereket edip bilmeýän bol-sunlar, emma elektrik meýdany goýlanda we aýrylanda, olar öz ýagdaýlaryndan süýşüp bilýärler. Baglanyşykly zaryadlaryň bu süýşmesini elektrik toguna ba-rabar edip Makswell uly ylmy batyrgaýlyk görkezdi. Sebäbi bu togy – *süýşme toguny*, Makswelle çenli hiç kim ýüze çykarmandy. Mundan soň Makswell, gürrüňsiz, şeýle netijä geldi: *Süýşme togy hususy magnit meýdanyny döretmäge ukyplydyr*.

Şeýlelikde, Makswelliň mehaniki modeli şeýle netijä gelmäge mümkinçilik berdi: *elektrik meýdanynyň üýtgemegi magnit meýdanynyň döremegine getirýär, ýagny Faradeý hadysasyna ters bolan (magnit meýdanynyň üýtgemegi elektrik meý-danynyň döremegine getirýän) hadysa getirýär*.

Makswelliň «*Fiziki güýç çyzyklary barada*» atly makalasy elektrige we mag-nite bagyşlandy. Bilşimiz ýaly, O.Frenel polýarizasiýa hadysalaryny düşündirmek üçin «*polat ýaly gaty*» we «*howa ýaly syzyjylykly*», özüniň «*optiki*» efirini oýlap tap-maga mejbur bolupdy. Makswell hem efir düşünjesiniň tarapdarydy. Şoňa görä-de ol elektrik hadysalaryny düşündirmek üçin «*polat ýaly efiri*» ulandy (Makswell bu «*gozganmaýan efiri*» tapmaga alymlary cagyrypdyr). Şol döwrüň mehanikasy efire daýanýardy. Makswell bu deňlemeleri döredip: «*Men efiriň mehanikasyny döredýärim*» diýipdir. Bu esasda Makswell «*ýagtylyk äkidiji*» we «*elektrik*» gurşaw-lar meňzeşdir diýdi. Ol ýuwaş-ýuwaşdan özüniň beýik açyşyna – *ýagtylyk we elek-tromagnit tolkunlarynyň «bitewi tebigaty» baradaky garaýşa golaýlaşdy*.

Makswell «*Elektromagnit meýdanynyň dinamiki nazaryýeti*» makalasynda ilkinji gezek «*elektromagnit meýdany*» adalgasyny ulandy. Ol şeýle ýazýar: «*Meniň hödürleýän nazaryýetimi elektromagnit meýdanynyň nazaryýeti diýip atlandyrmak bolar, sebäbi ol elektrik ýa-da magnit jisimlerini gaplap alýan giňişlik bilen iş salyşýar we ony dinamiki nazaryýet diýip hem atlandyrmak bolar. Sebäbi ol bu giňişlikde elmydama hereketde bolýan we görüňän elektromagnit hadysalaryny döredýän materiýanyň bardygyny tassyklaýar*».

Faradeý magnit täsiriň kese tolkunlar görnüşinde ýaýraýandygy barada aýdyp-dy. Makswell şol wagt özüniň deňlemelerinden has wajyp netijäniň, magnit täsiri bilen bir hatarda, ähli tarapa elektrik tolgunmanyň ýaýraýandygy baradaky neti-jäniň gelip çykýandygyny aňlamady. Birwagtda hem elektrik, hem magnit tolgun-malaryny özünde saklaýan *elektromagnit tolkun*y adalgasy bu sözüň doly manysyn-da, Makswell tarapyndan biraz gijräk, 1868-nji ýylda «*Ýagtylygyň elektromagnit nazaryýeti boýunça bellikler bilen elektrostatik güýji elektromagnit güýç bilen göni deňeşdirme usuly barada*» makalasynda getirildi.

Makswelliň ömrüniň esasy işi bolan «*Elektrik we magnit barada traktata*» kitaby 1873-nji ýylda çap edildi we soňra birnäçe gezek täzeden neşir edildi.

Makswelliň «*Elektrik we magnit barada traktata*» kitabyňyň mazmuny elektromagnetizm baradaky makalalardan ybaratdyr. «*Traktatada*» wektor hasaplamlaryň esaslary yzygider beýan edilýär. Soňra elektrostatika, elektrokinematika, elektrik we magnit bölümleri getirilýär.

*Makswelliň derňew usulynyň* beýleki alymlaryň derňew usullaryndan düýpli tapawutlanýandygyny bellemek gerek. Bu usulda diňe her bir matematiki ululyk däl-de, eýsem her bir matematiki öwürme çuň fiziki mana eýedir. Şol wagtyň özünde, her bir fiziki ululyga matematiki häsiýetnama berilýär. «*Traktatyň*» bir baby «*Elektromagnit meýdanynyň esasy deňlemeleri*» diýlip atlandyrylýar. Bu ýerde elektromagnit meýdanynyň esasy deňlemeleri getirilen. Şeýlelikde, Makswell öň mehaniki modelleriň kömegi bilen ýerine ýetiren işini – *elektromagnit meýdanynyň deňlemelerini* wektor hasaplamlaryň kömegi bilen getirip çykardy.

*Makswelliň deňlemeleriniň fiziki manysyna seredeliň.*

*Makswelliň nazaryýetiniň* matematiki aňlatmasy bolup Makswelliň dört deňlemesi hyzmat edýär. Bu deňlemeleri *integral we differensial* görnüşde ýazmak kabul edilendir. *Makswelliň integral görnüşde ýazylan deňlemeleri* elektromagnit meýdanda hyýaly geçirilen hereketsiz ýapyk konturlar we üstler üçin dogry bolan gatnaşyklary aňladýar. *Makswelliň differensial görnüşde ýazylan deňlemeleri* elektromagnit meýdanynyň häsiýetleriniň we bu meýdanyň her bir nokadynda elektrik zarýadlarynyň we toklarynyň öz aralarynda nähili baglanyşýandyklaryny görkezýär. Makswelliň differensial deňlemeleri wektor derňewiniň iki teoremasynyň, ýagny: *Gaussyň teoremasynyň* we *Stoksyň teoremasynyň* kömegi bilen integral deňlemelerden alynýar.

Makswelle görä, elektromagnit induksiýa kanunynyň

$$\oint_L \vec{E}_i d\vec{l} = -\frac{\partial \Phi_m}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial t} \int_S \vec{B}_n d\vec{S} \quad (1)$$

görnüşi, üýtgeýän magnit meýdanynda erkin saýlanyp alnan islendik ýapyk kontur üçin dogrudyr, ýagny  $L$  kontur boýunça elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň sirkulýasiýasy (aýlanmasy) bu kontur bilen çäklenen  $S$  meýdandan geçýän magnit akymynyň üýtgemek tizligi bilen kesgitlenýär ( $\vec{B}_n$  – magnit induksiýasynyň wektorunyň üstüň  $dS$  bölegine inderilen normalyň  $\vec{n}$  birlik wektorynyň ugruna bolan kölegesi (proýeksiýasy);  $\vec{S} = dS \cdot \vec{n}$ ;  $\vec{n}$  –  $L$  ýapyk konturyň üstüne çekilen  $S$  üstüň  $dS$  bölegine inderilen normalyň birlik wektory).

(1) formula *Makswelliň birinji deňlemesiniň integral görnüşidir we üýtgeýän magnit meýdanynyň giňişligiň islendik nokadynda köwlenmeli elektrik meýdanyny döredýändigini aňladýar. Başgaça aýdanymyzda, Makswelliň birinji deňlemesi Faradeýiň elektromagnit induksiýa kanunyny aňladýar.*

Makswelliň birinji deňlemesiniň differensial görnüşi aşakdaky ýaly ýazylýar (birlikleriň Halkara ulgamynda):

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}. \quad (2)$$

Elektrik meýdanynyň täsiri netijesinde geçirijide döreýän erkin zarýadlaryň tertipli hereketine *geçirijilik togy* diýilýär. Eger giňişlikde elektrik zarýadlarynyň tertipli hereketi zarýadlanan jisimiň (geçirijiniň ýa-da dielektrigiň) orun üýtgemesi bilen döreýän bolsa, onda şeýle ýagdaýda emele gelýän toga *konweksion tok* diýilýär.

*Geçirijilik togy üçin doly toguň kanunyna görä, hemişelik elektrik togunyň magnit meýdanynyň güýjenmesiniň wektorynyň ýapyk konturyň ugruna görä sirkulýasiýasy (aýlanmasy), bu konturyň gaplap alýan elektrik toklarynyň algebraik jemine proporsionaldyr (birlikleriň Halkara ulgamynda):*

$$\oint_L (\vec{H} d\vec{l}) = \oint_L H dl \cos(\vec{H}, d\vec{l}) = \sum_{k=1}^n I_k, \quad (3)$$

bu ýerde  $n$  – erkin formaly  $L$  konturyň gaplap alýan ähli tokly geçirijileriniň sany.

Doly toguň kanunynyň bu görnüşi, tertipli hereket edýän elektrik zarýadlary – geçirijilik togy we konweksion toklar tarapyndan magnit meýdanynyň döredilýändigini tassyklaýar. Makswelle görä, *süýşme togy hem, ýagny üýtgeýän elektrik meýdany hem köwlenmeli magnit meýdanynyň çesmesi bolup hyzmat edýär.*

$$\text{Süýşme togunyň dykzlygy: } \vec{j}_{\text{süýşme}} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}.$$

Erkin  $S$  üst boýunça geçýän süýşme togy:

$$I_{\text{süýşme}} = \int_S (\vec{j}_{\text{süýşme}} d\vec{S}) = \int_S \frac{\partial \vec{D}_n}{\partial t} dS = \frac{\partial \Phi_t}{\partial t},$$

bu ýerde  $\Phi_t = \int_S \vec{D}_n d\vec{S} - S$  üstden geçýän  $\vec{D}$  elektrik süýşme wektorynyň akymy.

Süýşme togy islendik hemişelik däl toklaryň zynjyrlarynyň ýapyk bolmagyny üpjün edýär. Meselem, zarýadlanma we zarýadsyzlanma prosesinde kondensatoryň plastinalarynyň arasynda zynjyry birikdirýän süýşme togy döreýär.

Makswell (3) deňlemäniň sag tarapyna süýşme toguny goşup, *doly toguň kanunyny umumylaşdyrdy:*

$$\oint_L \vec{H}_l d\vec{l} = I_{\text{geçirijilik}} + I_{\text{süýşme}}, \quad (4)$$

*ýagny magnit meýdanynyň güýjenmesiniň sirkulýasiýasy sirkulýasiýa alynýan konturyň gaplap alýan geçirijilik togunyň we süýşme togunyň jemine deňdir.*

Süýşme togunyň aňlatmasyny ulanyň, (4) deňlemäni şeýle ýazyp bolar:

$$\oint_L \vec{H}_t d\vec{l} = I_{\text{geçirijilik}} + \frac{\partial}{\partial t} \int_S \vec{D}_n dS. \quad (4a)$$

Bu aňlatmada soňky goşulyjy  $L$  kontur bilen çäklenen  $S$  üstden geçýän süýşme toguny aňladýar. (4) we (4a) deňlemelere *Makswelliň ikinji deňlemesiniň integral görnüşi* diýilýär.

*Makswelliň ikinji deňlemesi elektrik zaryadlarynyň orun üýtgemesinde ( $I_{\text{geçirijilik}} \neq 0$ ) hem, şeýle-de elektrik meýdanynyň wagta görä üýtgemesinde ( $I_{\text{süýşme}} \neq 0$ ) hem magnit meýdanynyň döreýändigini aňladýar.*

*Makswelliň ikinji deňlemesiniň differensial görnüşi (birlikleriň Halkara ulgamynda):*

$$\text{rot} \vec{H} = \vec{j}_{\text{geçirijilik}} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}. \quad (5)$$

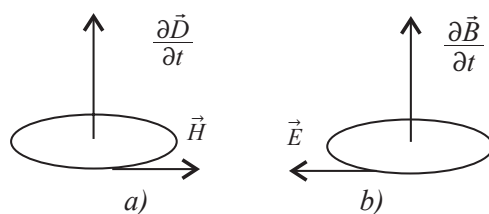
Meýdanyň makrotoklar ýok ( $\vec{j}_{\text{geçirijilik}} = 0$ ) bölegi üçin Makswelliň differensial görnüşdäki birinji we ikinji deňlemeleri bu deňlemeleriň sag tarapyndaky alamatlar takyklygynda simmetrik görnüşe eýedirler:

$$\text{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}; \quad \text{rot} \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}. \quad (6)$$

Alamatlaryň tapawutly bolmagy  $\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$  we  $\vec{H}$  wektorlaryň ugurlarynyň saghyrly ulgamyna (67-nji a surat),  $\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$  we  $\vec{E}$  wektorlaryň çephyrly ulgamyna (67-nji b surat) degişlidigine şaýatlyk edýär. Bilşimiz ýaly, Makswelliň birinji deňlemesiniň sag bölegindäki minus alamaty *Lensiň düzgüni* bilen baglanyşyklydyr

we energiýanyň saklanma kanunyndan gelip çykýar.  $\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$  we  $\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$  ululyklar birmeňzeş alamatly bolan ýagdaýynda bu meýdanlaryň (elektrik ýa-da magnit) biriniň tükeniksiz kiçi güýçlenmegi iki meýdanyň hem çäksiz güýçlenmegini dörederdi, bu meýdanlaryň haýsy bolsa-da biriniň tükeniksiz kiçi gowşamagy bolsa bu meýdanlaryň doly ýok bolmagyna getirer.

(6) aňlatmada getirilen Makswelliň deňlemelerinden örän möhüm netije gelip çykyar: *bütewi elektromagnit meýdany emele getirip üýtgeýän elektrik we magnit meýdanlary biri-biri bilen aýrylmaz baglanyşyklydyrlar.*



67-nji surat. a) saghyrly ulgam, b) çephyrly ulgam

Elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň  $\vec{E}$  we magnit meýdanynyň induksiýasynyň  $\vec{B}$  wektorlarynyň ýene-de bir möhüm häsiýetlerini hasaba almak zerurdyr. Ýagny elektrik güýç çyzyklary meýdanyň çeşmesi bolan zaryadlarda başlanýarlar we gutarýarlar. Munuň tersine, magnit meýdanynyň güýç çyzyklary özaralarynda ýapyk çyzygy emele getirýärler.

*Makswelliň üçünji deňlemesiniň integral görnüşi Gauss-Ostrogradskiniň teoremasyny aňladýar, ýagny ýapyk  $S$  üstden geçýän elektrik induksiýasynyň akymy bu üstüň içinde gaplanan doly  $q$  zaryada deňdir. Makswelliň üçünji deňlemesi zaryadlaryň daşynda bar bolan elektrik meýdanyny beýan edýär:*

$$\int_S \vec{D}_n d\vec{S} = \int_V \rho dV = q. \quad (7)$$

*Makswelliň üçünji deňlemesiniň differensial görnüşi (tükeniksiz kiçi göwrüm üçin):*

$$\operatorname{div} \vec{D} = \rho, \quad (8)$$

bu ýerde  $\rho$  – elektrik zaryadynyň dykzyzlygy.

Başgaça aýdanymyzda, Makswelliň üçünji deňlemesi elektrik zaryadynyň saklanma kanunyny aňladýar.

*Makswelliň dördünji deňlemesiniň integral görnüşi elektromagnit meýdanda erkin hyýaly geçirilen hereketsiz ýapyk üstden geçýän magnit induksiýasynyň akymynyň nola deňdigini aňladýar. Bu deňleme elektrik meýdany üçin Gauss-Ostrogradskiniň teoremasyna meňzeş bolup, magnit zaryadlarynyň ýokdugyny aňladýar:*

$$\int_S \vec{B}_n d\vec{S} = 0. \quad (9)$$

Makswelliň dördünji deňlemesiniň differensial ýazylyş görnüşi:

$$\operatorname{div} \vec{B} = 0. \quad (10)$$

Elektrik zaryadynyň saklanma kanunynyň differensial görnüşi:

$$\operatorname{div} \vec{j} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}. \quad (11)$$

Bu kanun tükeniksiz kiçi göwrümden zaryadyň akmagy bu göwrümde zaryadyň dykzyzlygynyň üýtgemegi  $\left(-\frac{\partial \rho}{\partial t}\right)$  bilen bolup geçýändigini aňladýar.

Şeýlelikde, Makswelliň deňlemeleriniň doly ulgamy (differensial görnüşde) dört sany (2), (5), (8) we (10) deňlemeden ybarat:



$$\left. \begin{aligned} \operatorname{rot} \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, & \operatorname{div} \vec{D} &= \rho \\ \operatorname{rot} \vec{H} &= \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}, & \operatorname{div} \vec{B} &= 0 \end{aligned} \right\}. \quad (12)$$

Bu ulgamyň üstüni gurşawyň elektrik we magnit häsiýetlerini häsiýetlendirýän material deňlemeler bilen doldurmak zerurdyr:

$$\vec{D} = \varepsilon \varepsilon_0 \vec{E}; \quad \vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H}; \quad \vec{j} = \gamma \vec{E}, \quad (13)$$

bu ýerde  $\varepsilon_0$  we  $\mu_0$  – deňşililikde, elektrik we magnit hemişelikleri;  $\varepsilon$  we  $\mu$  – meýdanynyň seredilýän nokadynda gurşawyň oňnositel dielektrik we magnit syzyjylyklary;  $\gamma$  – gurşawyň udel elektrik geçirijiligi.

*Makswelliň deňlemeleriniň doly ulgamyny* beýan etmek üçin gyraky şertleri hem ýazmak zerurdyr. Iki gurşawyň araçäginde elektromagnit meýdany bu şertleri kanagatlandyrmalydyr:

$$\left. \begin{aligned} D_{2n} - D_{1n} &= \sigma \\ B_{2n} &= B_{1n} \\ E_{1\tau} &= E_{2\tau} \\ H_{2\tau} - H_{1\tau} &= j_{\text{üst}} \end{aligned} \right\}, \quad (14)$$

bu ýerde  $\sigma$  – gurşawyň üstüniň çägindeki nokatda erkin zarýadlaryň üst dykzyzlygy;  $\vec{n}$  – 1-nji gurşawdan 2-nji gurşawa, üstün araçäginde geçirilen normalyň birlik wektory.  $\vec{\tau}$  – gurşawyň çäk üstüne galtaşýan birlik wektor;  $\vec{j}_{\text{üst}}$  – üst geçirijilik togunyň çyzyk dykzyzlygynyň wektory.

Eger elektrik we magnit meýdanlary durnukly (stasionar), ýagny  $\frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = 0$  bolsa, onda Makswelliň deňlemelerinden (12) deňlemäniň görnüşine görä, bu meýdanlar bir-birine bagly bolmazdan bardyrlar. Bu ýagdaýda elektrik meýdany *elektrostatikanyň* iki sany *deňlemeleri* bilen beýan edilýär:

$$\operatorname{rot} \vec{E} = 0; \quad \operatorname{div} \vec{D} = \rho. \quad (15)$$

Deňşililikde, magnit meýdany *magnitostatikanyň iki deňlemesi* bilen beýan edilýär:

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j}; \quad \operatorname{div} \vec{B} = 0. \quad (16)$$

Şeýlelikde, *J. Makswell elektromagnit meýdanynyň materiýanyň görnüşiniň hökümünde kesgitlenýändigini baradaky netijä geldi we onuň ýüze çykmagyny deňlemeler*

*ulgamy hökmünde aňlatdy.* Makswelliň deňlemeleriniň häzirki zaman görnüşini 1884-nji ýylda O. Hewisaýd we G. Gers hödürlediler.

Makswelliň deňlemeleri relýatiwistik mehanikanyň esasyňy düzýän *Lorensiň öwürmelerine* görälikde inwariantdyr.

Alnan deňlemeleriň esasynda Maxwell anyk meseleleri çözüär: dielektrikleriň elektrik geçirijilik koeffisiýentlerini we dielektrikleriň döwürleme koeffisiýentlerini ( $n = \sqrt{\varepsilon\mu}$ ), öz-özünden induksiýa koeffisiýentlerini, tegekleriň özara induksiýa koeffisiýentlerini kesgitledi.

Makswelliň nazaryýeti diňe bir belli bolan hadysalary düşündirmän, ol täze we möhüm hadysalary öňünden aýtdy. Makswelliň süýşme toklaryň magnit meýdany baradaky çaklamasy bu nazaryýetde düýbünden täze garaýyşdyr. Bu çaklamanyň esasynda Maxwell, *giňişlikde gutarnykly*  $\mathcal{G} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon}}$  *tizlik bilen ýaýraýan kese elektromagnit tolkunlaryň, ýagny üýtgeýän elektromagnit meýdanynyň bardygyny öňünden nazary taýdan subut etdi.*

*Makswelliň nazaryýeti ýakyndan täsir nazaryýetidir. Bu nazaryýete görä, gurşawda elektrik we magnit özara täsirleriň ýaýramak tizligi bu gurşawda ýagtylygyň ýaýramak tizligine deňdir.*

Makswell deňlemelerindäki  $c$  ululygy käbir hemişelik san diýip hasap etdi we ony hasaplady. Maxwell näbelli  $c$  ululygy, takmynan zarýadyň elektromagnit we elektrostatik birlikleriniň gatnaşygyna, ýagny onuň, takmynan, 300 000 km/s deňdigi tapdy. Özüniň deňlemeleriniň uniwersaldygyna ynanyp, Maxwell, «*ýagtylyk – bu elektromagnit tolgunmadyr*» diýlen ajaýyp netijä geldi. Elektromagnit tolkunlarynyň häsiýetlerini nazary taýdan derňäp, *Makswell ýagtylygyň elektromagnit nazaryýetini döretti. Bu nazaryýete görä ýagtylyk hem elektromagnit tolkunlarydyr.*

Ýagtylygyň elektromagnit nazaryýetiniň möhüm netijeleriniň biri, Makswelliň öňünden aýdan *ýagtylygyň basyşy* baradaky garaýyşdyr. Onuň hasaplamalaryna görä, aýyk howaly günde bir inedördül metr tekizlik tarapyndan ýuwudylýan energiýa 123,1 kG · m/s-e deňdir. Bu baha «*Gün şöhleleri, özüniň düşme ugruna görä tekizlige 0,41 milligram güýç bilen basyş edýär*» diýilmekligi aňladýar. Bu ululyk atmosfera basyşyndan  $10^{10}$  esse kiçidir. Tebigatda ýagtylygyň häsiýetlerine meňzeş häsiýetli elektromagnit tolkunlary barmy? Ýagtylygyň basyşy barmy? Maxwell aradan çykandan soň, bu soraglaryň birinjisine Genrih Gers, ikinjisine bolsa P.N. Lebedew jogap berdiler.

Makswelliň elektrodinamikasyndan fizikanyň we amaly fizikanyň özbaşdak pudaklary hökmünde kwant elektrodinamikasy we meýdanyň kwant nazaryýeti, fiziki elektronika, plazmalı elektronika, plazmanyň elektrodinamikasy, magnit gidrodinamikasy, radiofizika, statistik radiofizika, radiotekhnika, elektrotehnika we ş.m. bölümler döredi. Kuwwatly elektromagnit şöhlelenme çeşmeleriniň – dür-

li diapazonly lazerleriň döremegi bilen elektromagnit hadysalarynyň çyzykly däl nazaryýeti we kuwwatly elektromagnit şöhlelenmäniň madda bilen özara täsir nazaryýeti ösüp başlady. Elektrodinamikanyň köp bölegi optiki hadysalar bilen baglanyşyklydyr.

*Makswelliň deňlemeleri* diňe bir fizikanyň däl, бүтін adamzat medeniýetiniň beýik gazananlarynyň biridir. Onuň deňlemeleri tebigy ylymlara mahsus bolan logiki yzygiderligi, sungat we ynsanperwer ylymlaryna mahsus bolan owadanlygy we ölçeglilik saklaýarlar. Bu deňlemeler mümkin bolan iň ýokary (maksimal) takyklyk bilen tebigy hadysalaryň manysyny beýan edýärler. *Makswelliň deňlemeleriniň* mümkinçilikleri heniz doly açylan däl. Onuň esasynda fizikanyň dürli pudaklaryndaky – aşageçijilikden başlap astrofizika çenli açyşlary düşündirmek bolýar. *Makswelliň deňlemeler ulgamy* häzirki zaman fizikasynyň esasydyr, sebäbi häzirki wagta çenli hiç bir tejribe bu deňlemeleri inkär etmedi. *Makswelliň deňlemelerini*, iň bolmanda, onuň manysyny bilmeklik diňe fizige däl, islendik bilimli adama hökmandyr.

*Makswell fizikanyň beýeleki bölümlerine degişli işleri hem etdi.*

Makswelle şöhrat getiren ilkinji ylmy işleriniň biri *gazlaryň kinetik nazaryýetidir* (1859 ý.). Bu iş köp jisimlerden düzülen ulgamlary öwrenmekde täze çemeleşmäniň başlangyjy boldy. Makswell fizika *ähtimallyk usullaryny* girizdi. Gazlarda bolup geýýän hadysalary beýan etmek üçin ol, ilkinjileriň hatarynda, fizika statistik garaýyşlary: paýlanma, dispersiýa, orta kwadratik gysarma we ş.m. girizdi. Fizikanyň bu ugry boýunça Makswelliň goşandy ebedileşdi, ýagny onuň hödürlän usullary onuň adyny göterýär. Makswell tarapyndan gazlaryň kinetik nazaryýetine *molekulalaryň tizlikler boýunça paýlanyşy*, ýagny «*Makswelliň paýlanyşy*» we «*Makswelliň-Bolsmanyň statistikasy*» diýlen düşüňjeler girizildi.

*Makswelliň molekulalaryň tizlikler boýunça paýlanyş kanuny* termodinamik deňagramlyk we daşky güýç meýdany ýok mahalynda birjynsly, bir atomly ideal gazyň molekulalarynyň tizlikler boýunça durnukly (stansionar) paýlanyşyny beýan edýär:

$$\frac{dn}{nd\vartheta} = 4\pi \left( \frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} \cdot e^{-m\vartheta^2/2kT} \cdot \vartheta^2.$$

Bu ýerde  $\frac{dn}{nd\vartheta}$  – molekulalaryň otnositel sany ( $\vartheta$  tizlik tükeniksizlige ýa-da nola ymtylanda molekulalaryň otnositel sany nola ymtylýar);  $dn$  – molekulalaryň umumy  $n$  sanyndan, tizlikleri  $\vartheta$ -den  $\vartheta + d\vartheta$  aralykda bolan molekulalaryň sany;  $\vartheta$  – molekulalaryň tizlikleriniň absolyut bahasy ( $\vartheta = \sqrt{\vartheta_x^2 + \vartheta_y^2 + \vartheta_z^2}$ );  $m$  – molekulanyň massasy;  $k$  – Bolsmanyň hemişeligi,  $T$  – absolyut temperatura. Molekulalaryň

otnositel sany ähtimal  $\mathcal{G}_{\text{ähtimal}} = \sqrt{\frac{2kT}{\mu}}$  tizlikde ( $\mu$  – molýar massa) maksimal baha eýe bolýar.

*Makswelliň-Bolsmanyň paýlanyşy (statistikasy) ýa-da kanuny* potensial güýç meýdany bar mahalynda gazyň molekulalarynyň koordinatalar we tizlikler boýunça paýlanyşyny kesgitleýär:

$$\frac{dn}{nd\mathcal{G}} = \frac{4}{\sqrt{\pi}\mathcal{G}_1^3} e^{\frac{1}{\mathcal{G}_1^2}\left(\mathcal{G}^2 + \frac{2W_n}{m}\right)} \cdot \mathcal{G}^2,$$

bu ýerde  $\mathcal{G}_1$  – molekulalaryň ähtimal tizligi,  $W_n$  – daşky güýç meýdanynda molekulalaryň potensial energiýasy.  $dn$  – molekulalar göwrüm boýunça deňölçegli paýlananda,  $1 \text{ sm}^3$  göwrümdäki molekulalaryň umumy  $n$  sanyndan, tizlikleri  $\mathcal{G}$ -den  $\mathcal{G} + d\mathcal{G}$  aralykda bolan molekulalaryň sany. Bulardan başga-da ol suwuklyk-gaz faza geçişleri üçin Makswelliň düzgünini hem hödürledi.

Makswell köp ýyllaryň dowamynda fiziklere dynçlyk bermedik hyýaly tejribäni – «*Makswelliň demony*» atly termodinamik *paradoksy* (*paradoks* – kabul edilen kadalara, ylma ters gelýän ýa-da sagdyn pähime garşy bolan özbaşdak bir pikir, hadysa) hödürledi. Şeýlelikde, ol termodinamikanyň ikinji başlangyjynyň statistik tebigatynyň bardygyny görkezdi. Bu bolsa onuň beýan edilişini gözlemekligi höweslendirdi.

Makswell mehanika degişli (fotomaýyşgaklyk, maýyşgaklyk nazaryýetindäki Makswelliň *teoremasy*, hereketleriň deňagramlylygyna degişli işler we başgalar) derňewleri hem ýerine ýetirdi. Ol Saturn planetasynyň halkalarynyň mehanikasyny hem derňedi. Ol bu halkalaryň aýratyn bölejiklerden ybaratdygyny matematiki subut etdi.

Makswell, şeýle hem reňkli görüş hadysasyny derňedi, gazlarda äkidiliş hadysasy nazaryýetini, reňkli pyrlawaç, dünýäde ilkinji reňkli fotosurat we beýlekileri döretti.

Makswellden soň elektrodinamika nähili ösdi?

Makswelliň nazaryýeti özüniň başgaça düşündirilişini talap edýärdi. Bu ugurda rus alymy N.A. Umowyň goşandyny bellemek gerek.

---

**Nikolaý Alekseýewiç Umow (1846–1915 ý.)** – rus fizigi. Ol Simbirska şäherinde (häzirki Ulyanowsk ş.) doguldy, Moskwa uniwersitetini tamamlady. Noworossiýskiý uniwersitetinde (Odesa ş.), soňra Moskwa uniwersitetinde 1896-1911-nji ýyllar aralygynda kafedra müdiri boldy. Ol alym- fizikleriň arasynda ilkinji bolup fizikany okatmagyň usulyýetiniň düýpli derňweleriniň zerurlygyna düşündi. Uly ýaşly alym-usulyýetçileriň köpüsi onuň okuwçylarydyr.

---

*Umow energiýanyň hereketi, energiýanyň akymy baradaky taglymaty döretdi.* 1874-nji ýylda ol maýyşgak gurşawlar we şepbeşik suwuklyklar üçin *energiýanyň*

akymynyň dykzlygynyň wektory üçin umumy aňlatmany (*Umowyň wektoryny*) akustik tolkunlar üçin aldy.

11 ýyldan soň inlis alymy Jon Genri Poýting (1852–1914 ý.) edil şeýle işi elektromagnit energiýasynyň akymy üçin etdi. *Poýtingiň wektory  $\vec{S}$  energiýanyň akymynyň dykzlygyny (tolkunynyň ýaýramak ugruna perpendikulýar bolan 1 sm<sup>2</sup> meýdandan 1s-da elektromagnit tolkun tarapyndan äkidilýän energiýa) kesgitleýär:*

$\vec{S} = [\vec{E}\vec{H}]$  – birlikleriň Halkara ulgamynda;  $\vec{S} = \frac{c}{4\pi} [\vec{E}\vec{H}]$  – birlikleriň *SGS* ulgamynda.

Rus edebiýatynda bu wektora *Umowyň-Poýtingiň wektory* diýilýär.

Makswelliň özi nusgawy fizikdi, onuň deňlemeleri bolsa başga ylma degişli-di. Poýting Makswelliň tarapdarydy. Makswell dirikä onuň elektromagnit meýdanynyň nazaryýeti kabul edilmedi. Onuň nazaryýetine G. Gersiň we P.N. Lebedewiň tejribelerinden soň ynandylar. Makswell öz nazaryýetine ynanýardy we onuň şol wagtlarda edilen tejribeler bilen gabat gelmezligine perwaýsyz garaýardy. Edil şeýle ýagdaý kwant mehanikasy we ýörite görälik nazaryýeti dörende-de bolupdy.

Radioaragatnaşyk tehnikasynyň ösmegi elektromagnit meýdanyny adaty zada öwürdi. Ylmyň taryhyny öwrenip, adamzat köp ylmy açyşlaryň durmuşa we adamlaryň aňyna kynlyk bilen ornaşýanlygyna kän şaýat boldy.

J.K. Makswell fizika ylmynda ägirt uly şahsyýetdir. Adamzadyň ýaşayşynyň bütin dowamynda Makswell adamlaryň ýadynda ýaşar. Makswelliň ady Aýdaky krateriň adynda ebedileşdirildi. Wenera planetasyndaky in beýik daglaryň ady beýik alymyň ady bilen atlandyryldy (*Makswelliň daglary*). Bu daglaryň beýikligi üstün orta derejesinden 11,5 km ýokarydyr. Onuň adyny submillimetr diapazonda (0,3-2 mm) işläp bilýän, dünýäde in uly teleskop – *J.K. Makswell adyndaky teleskop (JCMT)* hem görterýär. Bu teleskop Gawaý adalarynda (ABŞ), Mauna Kea beýik daglykda (4200 m) ýerleşýär. *JCMT* teleskopyň 15 metrlik Baş aýnasy 276 sany aýratyn alýumin böleklerinden ýasalan. Makswelliň teleskopy Gün ulgamyny, ýyl-dyzara tozanlary we gazlary, şeýle hem uzakda ýerleşen galaktikalary öwrenmek üçin ulanylýar.

## 10.2 Diragyň monopoly meselesi

Makswelliň deňlemeleri bilen bagly bolan, uzak wagtyň dowamynda alymlary gyzyklandyryp gelen we şu wagta çenli tejribede tassyklanylmadyk, emma, geljekde tassyklanylmagyna garaşylýan *Diragyň magnit monopoly* barada aýtmak zerurdyr. Diragyň magnit monopoly näme? Bu, ýöne bir hyýaly bölejikmi?

Umumy fizika dersinden belli bolşy ýaly elektrik we magnit hadysalarynyň arasynda berk baglanyşyk bar. Fizikada elektrik we magnit simmetrik diýen ýaly



görnüşde ýüze çykýar. Zaryadlaryň hereketi, ýagny elektrik togy magnit meýdanyny döredýär, magnit akymynyň üýtgemegi bolsa ýapyk geçirijide elektrik toguny ýüze çykarýan elektrik hereketlendiriji güýjüni döredýär.

Elektrigiň we magnitiň tebigaty baradaky garaýyşlarda şeýle hili simmetriýa elmydama bolmandy. Uzak wagtyň dowamynda elektrik we magnit aýratynlykda öwrenildi. Tejribä esaslanan ylym hökmünde fizikanyň döremekligi bilen jisimleriň elektrik we magnit häsiýetleri düýpli tapawutlanýarlar diýlen pikir tassyklandy. Bu pikir 1600-nji ýylda «*Magnit, magnit jisimleri we uly magnit – Ýer barada*» kita-bynda Uilýam Gilbert tarapyndan anyk aýdyldy. Şarl Kulon tarapyndan kesgitlenen elektrik we magnit zaryadlary – magnitiň polýuslary üçin dartýşma we itekleşme kanunlarynyň meňzeşligi (toždestwenligi) elektrik we magnit güýçleriniň meňzeşligi baradaky soragy ýene-de galdyrdy. Emma XVIII asyryň ahyrynda barlaghana şertlerinde nol däl doly magnit zaryady bolan jisimleri döretmek mümkin dälligi belli boldy.

Emma 1820-nji ýylda H.Ersted elektrik togunyň magnit häsiýetlerini açanyndan soň ters hadysanyň, ýagny magnit meýdanynyň hökman elektrik toguny döredýändigini belli boldy. 1831-nji ýylda M.Faradeýiň elektromagnit induksiýa hadysasy açylandan soň elektrigiň we magnitiň özara baglanyşyklydygy belli boldy: fizikada elektrik we magnit hadysalary aýratyn däl-de, elmydama bitewülükde ýüze çykýarlar.

Elektrik meýdanynyň çeşmesi – elektrik zaryadlarydyr, magnit meýdanynyň bolsa şoňa meňzeş çeşmeleri ýok. Bu ýerden elektrik meýdanynyň çeşmeleri – zaryadlar, magnit meýdanyň çeşmeleri bolsa – diňe elektrik – hereket edýän zaryadlar bilen bagly bolan toklardyr diýlen netije gelip çykýar.

Tebigatyň bu adalatsyzlygyny ilkinji bolup Hewisaýd «*düzetmäge*» synanyşdy. 1891-nji ýylda ol ilkinji bolup Makswelliň umumylaşdyrylan deňlemelerini doly simmetrik görnüşde ýazdy. Emma onuň bu işine üns bermediler.

Elektromagnit hadysalary baradaky taglymat – elektrodinamika (makrojisimler üçin) we kwant elektrodinamika (mikrobölejikleri hem öz içine alýan ähli jisimler üçin) bölejikler bilen meýdanlaryň arasynda ýüze çykýan özara täsirler baradaky ylmlaryň arasynda, ähtimal, iň takyk ylym hasaplanýar. Bu ylym diňe bir radio-tolkunlaryň şöhlelenmesinden atom ýadrolary tarapyndan  $\gamma$  - kwantlaryň şöhlelenmesi aralykda ýüze çykýan makroskopik we mikroskopik elektrtomagnit hadysalary düşündirmän, ol maddanyň antimadda görnüşinde ýüze çykýan halyny öňünden aýtmagy, şeýle hem örän inçe hadysalaryň biri bolan elektronyň özüniň elektromagnit meýdany bilen özara täsirini mukdar taýdan bahalandyrmaga mümkinçilik berýär. Şeýle bolsa-da ýene-de elektrik bilen magnitiň arasynda simmetriýanyň ýokdugy sebäpli, häzirkizaman elektrodinamikasy fizikleri doly kanagatlandyрмаýar. Elektrodinamikanyň esasy deňlemeleri (Makswelliň deňlemeleri) elektrik we magnit hadysalaryna görä simmetrik däl ekeni.

Makswell tarapyndan döredilen nusgawy elektrodinamikanyň deňlemeleri elektrik we magnit meýdanlaryny zarýadlanan bölejikleriň hereketi bilen baglanyşdyrýar. Makswelliň deňlemelerine elektrik meýdanynyň  $\vec{E}$  güýjenmesi, magnit meýdanynyň  $\vec{H}$  güýjenmesi, elektrik togunyň  $\vec{j}$  dykyzlygy we elektrik zarýadynyň  $\rho$  dykyzlygy girýärler:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{rot} \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, & \operatorname{div} \vec{D} &= \rho \\ \operatorname{rot} \vec{H} &= \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}, & \operatorname{div} \vec{B} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Bu deňlemelerden görnüşi ýaly,  $\vec{E}$  we  $\vec{H}$  simmetrik häsiýetde ýüze çykýarlar (ýagny bu ululyklaryň üstünde birmeňzeş matematiki amallary ýerine ýetirip bolýar). Emma bu deňlemeleriň simmetriýasynyň bozulýandygyny görmek bolýar, ýagny olaryň birnäçesine elektrik zarýadynyň  $\rho$  dykyzlygy we toguň  $\vec{j}$  dykyzlygy girýär. Emma olaryň beýleki toparyna şoňa meňzeş bolan magnit zarýadynyň dykyzlygy we magnit togunyň dykyzlygy girmeyär.

Eger bu deňlemelerde elektrik zarýadyna we elektrik toguna goşmaça hökmünde käbir magnit zarýadyny (magnit zarýadynyň dykyzlygyny) we magnit toguny (magnit togunyň dykyzlygyny) girizsek, bu deňlemeler doly simmetrik bolarlar.

Eger magnit zarýadlary bar bolsa, onda magnit toklarynyň barlygy makroskopik ölçeglerde gözegçilik edip boljak Makswelliň deňlemeleriniň düýpli üýtgemegine getirer. Magnit monopolynyň barlygy Gaussyň teoremasyna ters gelýändigini hem bellemek gerek.

«Näme üçin şeýle bolýar?» diýlen sorag ýüze çykýar. Köpsanly tejribeleriň görkezişine görä, magnit zarýadlary hiç wagt ýüze çykarylmaýy, ýagny demirgazyk we günorta magnit polýuslaryny aýratynlykda almak hiç kime başartmady. Gadymy akyldarlar tebigatda hemme zatlar owadanlyk prinsipi boýunça gurlandyrylýan diýip hasaplapdyrlar. Makswelliň deňlemeleri tebigatda bar bolan ýagdaýlary dogry düşündirýär we bu deňlemeleri kämilleşdirmekligiň zerurlygy ýok ýaly bolup görünýär. Emma deňlemeleriň ýokarda bellenen simmetrik dälligi barybir kanagatlanma döretmeýär.

1931-nji ýylda magnit zarýadynyň barlygy baradaky mesele bilen görnükli iňlis fizigi-nazaryýetçisi, kwant nazaryýetini esaslandyryjylaryň biri Pol Dirak gyzyklandy. Pol Dirak ilkinji gezek umumy kabul edilen simmetrik däl (emma köpsanly tejribeler bilen tassyklan) kwant elektrodinamikasy bilen bir hatarda oňa garşy gelmeýän magnit zarýadlarynyň bardygyny hasaba alýan simmetrik kwant elektrodinamikasyny döredip boljakdygyny esaslandyrdy. P. Dirak magnit zarýady bolan bölejigiň bardygyny çaklady we çaklanylýan monopolyň magnit zarýady erkin baha eýe bolman, ol magnitiň kesgitli mukdarynyň bitin sanyna kratnyý bolmalydyr diýdi.

Dirak kwant nazaryýeti boýunça «*Elektrigiň magnitden hiç hili artykmaçlygy ýok*» diýlen netijä geldi. Dirak tarapyndan girizilen bu hyýaly (gipotetik) magnit zarýady *Diragyň monopoly* diýip atlandyrdylar. Gysgaça aýdylanda, *magnit monopoly diýip iki polýusy bolan magnit dipollaryndan tapawutly bolan bir magnit polýusa eýe bolan hyýaly (gipotetik) bölejige aýdylýar*. Edil elektrik zarýadyna meňzeşlikde magnit monopoly güýç çyzyklary dürli ugurlara ugrukdyrylan magnit meýdanynyň çeşmesidir. Elektrik zarýadynyň elektrostatik meýdanynyň çeşmesi bolşy ýaly, magnit zarýady hem magnitostatik meýdanyň çeşmesidir. Dynçlykda duran monopolyň magnit meýdanynyň güýç çyzyklary ondan daşlaşdygyça gowşaýar.

Dirak erjellik bilen belli tejribe maglumatyny düşündirmäge synanyşdy: *bölejikleriň elektrik zarýadlary elmydama elementar zarýada – elektronyň zarýadyna – kratnydyr*.

Diragyň hyýaly monopoly – bu aýratyn elektrik zarýadyna (ýa-da položitel, ýa-da otrisatel) meňzeş bolan aýratyn magnit zarýadydyr. Şoňa görä-de Diragyň monopoly magnit meýdanyna görä özüni edil elektrik zarýadynyň elektrik meýdanyna görä özüni alyp barşy ýaly alyp barmaly. Hususan-da, elektrik zarýadynyň töwereginde elektrostatik meýdanynyň döreýşine meňzeşlikde, monopolyň daşynda hem magnit meýdany döremeli, ýagny magnit meýdanynyň güýç çyzyklary magnit zarýadlarynda başlanmalydyr ýa-da tamamlanmalydyr. Nokatlanç  $\mu$  magnit zarýady tarapyndan döredilýän magnit meýdanynyň güýjenmesi  $H = \frac{\mu}{r^2}$  kanun boýunça üýtgemelidir ( $e$  elektrik zarýady tarapyndan döredilýän elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň  $E = \frac{e}{r^2}$  kanun boýunça üýtgeýşine meňzeşlikde).  $\vec{H}$  magnit meýdanynda  $\mu$  magnit zarýadyna täsir edýän  $\vec{F}$  güýç  $\vec{F} = \mu\vec{H}$  deň bolmalydyr.

Şeýle hem  $\gamma$  - kwant tarapyndan elektromagnit meýdanynyň hasabyna elektron-pozitron jübütiniň döreýşine meňzeşlikde, çalt  $\gamma$  - kwant tarapyndan monopol-antimonopol jübütleriniň (monopolyň magnit zarýadynyň barlygy sebäpli, elektromagnit özara täsire gatnaşýanlygy sebäpli) döremek hadysasynyň bolmaklygyny hem göz önüne getirmek bolar.

Bu hil taýdan edilen pikir ýöretmeleri mukdar görnüşe getirmek, ýagny monopol nähili güýç bilen dartýşýar, onuň döredýän ionlaşmasynyň ululygy nähili, energiýanyň haýsy bahasynda  $\gamma$ - kwant monopol-antimonopol jübütlerini döredip biler we başga beýleki soraglara jogap bermek üçin monopolyň häsiýetleriniň mukdar häsiýetnamalary gerek bolar. Şeýle häsiýetnamalar Dirak tarapyndan berildi.

1931-nji ýylda Dirak «*Elektromagnit meýdanda kwant singulýarlygy*» atly makalasynda, eger monopol bar bolsa, onda onuň  $\mu$  magnit zarýady  $e$  elementar elektrik zarýady bilen aşakdaky gatnaşyk arkaly baglanyşmalydygyny kesgitledi:

$$\frac{2\mu e}{c} = nh, \quad (2)$$

bu ýerde  $n$  – bitin san,  $h$  – Plankyň hemişeligi,  $c$  – ýagtylygyň wakuumdaky tizligi.

(2) şerte Diragyň kwantlama şerti diýilýär.

Soňky deňlemeden alarys:

$$\mu = \frac{n\hbar c}{2e} = \frac{1}{2} \left( \frac{\hbar c}{e^2} \right) ne. \quad (3)$$

$\frac{e^2}{\hbar c} = \frac{1}{137}$  – kwant elektrodinamikasynda möhüm ähmiýete eýe bolan inçe gurluşyň hemişeligi. Onda magnit zarýady aşakdaky baha deňdir:

$$\mu = 68,5 ne. \quad (4)$$

Şeýlelikde, Diraga görä magnit zarýadynyň in kiçi bahasy  $e$  elementar elektrik zarýadynydan, ýagny elektronyň zarýadynydan 68,5 esse uly. Şoňa görä-de monopolaryň arasyndaky özara täsir şol bir aralykda, elektronlaryň arasyndaky özara täsirden  $(68,5)^2 \sim 4700$  esse uly bolmaly. Şeýle hem magnit zarýady  $2 \cdot 68,5e = 137 e$ ;  $3 \cdot 68,5e = 205,5 e$  we ş.m. bahalara eýe bolup biler. Bu esasyda Dirak şeýle netijä geldi: «*Şeýle uly dartuw güýji, mümkin, garşylykly belgili polýuslary hiç wagt bölüp bolmaýanlygyny düşündirýändir*». Monopollar bar bolsa, elektrik we magnit hadysalarynyň doly simmetriýasy görünmeli: Elektrik zarýadynyň hereketi netijesinde  $\vec{H}$  magnit meýdanynyň döreýşine meňzeşlikde, magnit monopolynyň hereketinde hem  $\vec{E}$  elektrik meýdany döremelidir. Munuň özi hereket edýän monopol içinden geçýän gurşawynyň atomlaryny ionlaşdyrmaly diýmekligi aňladýar, şunlukda, monopolyň magnit zarýadynyň ululygy näçe uly bolsa, şonça-da ionlaşma ukyplylygy uly bolmaly.

Şeýle uly magnit zarýady bolan bölejik  $\vartheta \sim c$  tizlik bilen hereket edende, relýatiwistik elektron bilen deňeşdirilende, daşky gurşawyň atomlaryny 4700 esse köp ionlaşdyrmaly. Şol sebäpli monopolyň trek detektorynda, meselem, fotoplastinkada galdyran yzy, relýatiwistik elektronyň fotoplastinkada mikroskopyň kömegi bilen görünýän yzyndan ep-esli aýdyň görünär. Bu yz şeýle ionlaşmany ýüze çykarýan zarýady  $Z \sim 70$  bolan agyr ýadrolaryň yzlaryndan, ähli uzynlygy boýunça birmeňzeş galyňlygy bilen tapawutlanýar (ýadrolaryň elektronlar bilen örtüginin artýanlygy sebäpli, agyr ýadrolaryň yzlary ahyrynda inçelýär).

Ondan başga-da monopolyň uly zarýadynyň barlygy sebäpli, ony magnit meýdanynda tizlendirmek, elektrik zarýadlanan bölejikleri tizlendirenden has-da peýdaly bolardy.

Magnit zarýadynyň örän uludygy sebäpli, monopol magnit meýdanynda örän aňsatlyk bilen energiýa eýe bolup bilýär. Meselem, monopol induksiýasy  $0,1 Tl$  bolan gowşak meýdanynda  $1 sm$  aralygy geçende, takmynan,  $2 \cdot 10^7 eW$  energiýa eýe bolýar. Deňeşdirmek üçin, elektron şeýle energiýany güýjenmesi  $E = 2 \cdot 10^7 W/sm$  elektrik meýdanynda  $1 sm$  aralygy geçende eýe bolýar.

Monopolyň massasyny onuň ölçegleri barada akyla laýyk çak bilen bahalan-dyryp bolar. Meselem, monopolyň massasy elektromagnit tebigata eýe we onuň radiusy elektronyň radiusyna deň diýip çaklasak, onda

$$r_e = \frac{e^2}{m_e c^2} = 2,8 \cdot 10^{-13} \text{ sm}$$

bahany peýdalanyp, monopolyň massasy üçin aşakdaky ululygy alarys:

$$m_\mu = \frac{\mu^2}{r_e c^2} = \left(\frac{\mu}{e}\right)^2 \frac{e^2}{r_e c^2} = \left(\frac{\mu}{e}\right)^2 m_e \sim 4700 \cdot 0,5 = 2350 \text{ MeV}/c^2$$

ýa-da  $m_\mu \sim 2,5 m_p$ .

Eger monopolyň radiusy protonyň radiusyna (takmynan,  $0,8 \cdot 10^{-13} \text{ sm}$ ) deň diýip hasap etsek, onda monopolyň massasynyň has uly massasyny alarys:

$$m_\mu \sim 8,2 \text{ GeV}/c^2 = 8,7 m_p.$$

Eger monopollar bar bolsa, onda olar haýran galarlyk häsiýete eýe bolmalydyr-lar. Ilkinji nobatda, edil elektrik zarýady ýaly, magnit zarýadynyň saklanma kanuny hem ýerine ýetmelidir. Monopolyň durnuklylygy (iň bolmanda kiçi massaly mono-pol üçin) munuň göni netijesidir.

Häzirki wagta çenli Diragyň monopoly meselesi çözümedi, onuň bardygy ýa-da ýokdugy subut edilmedi. Şol sebäpli Diragyň monopoly meselesi häzirki wagta çenli özünüň wajyplygyny saklaýar we ony çözmek üçin köpsanly täze tejri-beler goýulýar.

Nähili tejribeler geçirildi we näme üçin olar hiç-hili netije bermeyärler? Bu soraglara jogap bermek üçin monopol bar diýip hasap edeliň we onuň bolýjak häsiýetleri bilen ilki hil, soňra bolsa mukdar taýdan tanyş bolalyň.

Birhilli magnit meýdanynda monopol elektrik zarýadynyň elektrik meýda-nynda tizlenişi ýaly tizlenmelidir (magnit dipollary, meselem, magnit peýkamlary, birhilli magnit meýdanynda tizlenmeli hereket etmän, diňe meýdanyň ugry boýunça ugrugýarlar).

Monopol magnit momentleri bolan bölejikleri saklaýan gurşawda (meselem, atmosferada ýa-da suwuklykda) hereket edende, magnit bölegini iňňebagjyk-laryň üstünden geçirenimizde magnitiň iňňebagjyklar bilen örtülişi ýaly, monopol gurşawyň bölejikleri bilen örtüler we monopol massasynyň artýanlygy sebäpli, gurşawda haýal hereket eder.

Monopol paramagnit maddalaryň garyndysy bolan gurşawa düşende mono-pol gurşawyň bölejikleri bilen dartýşar we baglanyşyk energiýasy  $1 \text{ eV}$  bolan bag-lanyşykly ulgamlary emele getirer. Hemişelik magnitler we adaty ýumşak demir monopollar üçin hakyky duzak bolmalydyr. Olar monopollary şeýle bir eýelärler we ol ýerden monopollary goparmak üçin örän ýokary induksiýaly magnit meýdanlary gerek bolar. Paramagnetikleriň we ferromagnetikleriň bu häsiýetlerini monopollary



(eger olar durnukly, ýagny wagta görä dargamaýan bolsalar) toplamak üçin ulanmak bolar.

Häzirki wagta çenli geçirilen tejribeler oňyn netijeleri bermedi. Munuň özi monopol ýok, onuň gözleglerini we bu mesele bilen gyzyklanmagy bes etmeli diýmekligi aňladýarmy? Ýok. Sebäbi, *birinjiden*, ähli geçirilen tejribeler absolýut görnüşde otrisatel netijäni bermän, ýagny käbir şertler ýerine ýetende göräli görnüşde berýärler. Bu şert monopolyň massasynyň garaşylýan bahasynyň ululygydyr. Tejribeler ýeňil monopollaryň barlygy baradaky soraga otrisatel jogap berýärler. Eger monopol ýeterlik agyr bolsa, onda täze tejribeler gerek bolar. Ýöne bu görnüp duran şertden başga-da görünmeýän şertler hem bar. Monopolyň magnit zarýadynyň bahasy we onuň beýleki häsiýetleri iň kiçi elektrik zarýady  $e$  deň diýip hasap edilen çaklamadan alyndy. Kwarklaryň açylmagy we olaryň zarýadlarynyň  $+2e/3$  we  $-e/3$  -e deňligi monopolyň esasy häsiýetlerini düýpli üýtgeder. Bu ýagdaýda täze hasaplamalar we täze tejribeler gerek bolar.

*Ikinjiden*, ähli tejribelere bagly bolmazdan, monopolyň barlygyny tassyklaýan ýüzleý garaýyşlar hem bar. Muňa (1) deňlemäni getirip çykaranda Dirak hem üns beripdi. Bu deňleme kwant mehanikasynyň we kwant elektrodinamikasynyň esasy kanunlaryndan gelip çykýar we dürli usullar bilen alnyp bilner. Şol sebäpli ol örän ynandyryjy görünýär. (1) deňlemäni elektrik zarýadyna görä çözüp alarys:

$$e = \left( \frac{hc}{2_\mu} \right)^n. \quad (5)$$

Bu gatnaşyk bölejikleriň elektrik zarýadynyň kwantlanmasyny düşündirýär. Dirak şeýle ýazýar: «*Şu nukdaýnazardan, tebigatyň şeýle mümkinçiligi ulanmazlygy örän geň bolardy*». (5) deňlemeden görnüşi ýaly, eger monopol bar bolsa, elektrik zarýady kwantlanmalydyr, ýagny aşakdaky bahalary almalydyr:

$$e_1 = \left( \frac{hc}{2_\mu} \right) \quad (n = 1 \text{ bolanda})$$

$$e_2 = 2 \left( \frac{hc}{2_\mu} \right) \quad (n = 2 \text{ bolanda})$$

$$e_3 = 3 \left( \frac{hc}{2_\mu} \right) \quad (n = 3 \text{ bolanda}) \text{ we ş.m.}$$

Biz elektrik zarýadynyň, hakykatdan hem, kwantlanýandygyny bilýäris we şu wagta çenli onuň başga hiç-hili düşündirilişi ýok. Magnit monopolynyň bolmaklygy elektrik zarýadynyň kwantlanmasyny – onuň elementar elektrik zarýadyna kratnylygyny düşündirýär. Munuň özi monopolyň barlygyny görkezmeýärmí?

*Üçünjiden*, Diragyň nazaryýetinden başga-da beýleki simmetrik nazaryýetler hem dördedilip bilner. Meselem, olaryň birinde monopolyň iň kiçi zarýady  $68,5e$  deň däl-de,  $17e$  deň.

*Dördünjiden*, monopol meselesi bilen, ol ýok diýlen ýagdaýynda hem gyzyklanmak gerek, sebäbi onuň ýokdugyny düşündirmek gerek bolar.

Magnit monopolyň tejribede kesgitlemekligiň birnäçe synanyşyklary üstünlikli bolmady. Nazary hasaplamalara görä, monopollaryň dykzlygy şeýle bir kiçi, ýagny bir abzaldan bir ýylda bir monopol, ýagny  $10^{29}$  nuklona ortaça bir monopol uçup geçýär.

Dirak magnit monopoly baradaky pikir bilen bilelikde «*položitel elektronnyň*» – *pozitronnyň* bardygy baradaky pikiri hem aýtdy. Şol döwürde hödürlenen iki pikir hem bütinleý fantastik (hyýaly) hasaplanyldy we fiziklerde ynam döretmedi. Haçanda, 1932-nji ýylda Dirak tarapyndan önünden aýdylan *pozitron* açylanda, Diragyň beýleki pikirine, ýagny *monopola* bolan ynam güýçli artdy. Tejribe geçirýänler täze bölejigi gözlemäge işjeň ýapysdylar. Elektron – pozitron jübütleriniň beýleki bölejikleriň çaknyşmalary netijesinde emele gelişleri ýaly, monopollar hem şeýle döreyärler diýlip çak edilmegi tebigydyr. Barlaghana şertlerinde munuň üçin kuwwatly tizlendirijileri ulandylar. Olarda ägirt uly energiýalara çenli tizlendirilen bölejikler dürli nyşanalar bilen çaknyşdyryldy. Bu bölejikleriň nyşanalar bilen özara täsir önümlerinde kuwwatly magnitleriň kömegi bilen monopollary bölüp aýyrmaga synanyşdylar. Emma köpsanly synanyşklar, häzirki zaman fizikasynyň köp sanly kuwwatly desgalarynyň bar bolmagyna garamazdan, häzirligçe hiç hili netijeler bermedi. Şeýle hem kosmiki şöhlelerde, meteoritlerde, dürli ýer gatlaklarynda, Aýdan getirilen toprakda monopollary ýüze çykarmak synanyşyklary şowsuz boldy.

XX asyryň 70–80-nji ýyllarynda çap edilen ylmy işlerde görkezilişi ýaly, eger monopol bar bolsa, onda ol belok molekulasyň ýa-da hatda bakterial öýjügiň massasy bilen deňeçerräk bolan, ägirt uly massa eýe bolmaly. Şeýle ägirt uly massaly bölejikleri döretmek üçin energiýanyň ägirt uly gory gerek bolar. Şeýle uly energiýalary has kuwwatly häzirki zaman tizlendirijilerde hem alyp bolmaýar, hatda kosmiki şöhleler hem şeýle energiýa eýe bolup bilmeýärler. Emma Älemiň ösüşiniň irki döwründe monopollar emele gelipdirler we häzirki güne çenli saklanyp galypdyrlar diýlen çaklama bar. Şol sebäpli monopollary ýüze çykarmak umydy, her niçik bolsa-da, bar.

Tebigy sorag döreyär: kyn we köp serişde talap edýän ekzotik (täsin) monopoly gözlemeklik nämä gerek? Nazary taýdan muny Maxwelliň deňlemeleriniň häzirki zaman fizikasynyň esasynda ýatýandygy bilen düşündirmek bolar. Şoňa görä-de bu deňlemelerde ýüze çykýan islendik üýtgemeler özi bilen biziň dünýä baradaky garaýyşlarymyzyň üýtgemegine getirer. Amaly ulanyşy barada aýdylanda, monopollaryň açylmagy energetik meseläni çözmäge, ýokary temperaturaly aşageçirijilerden ýasalan materiallary işläp taýýarlamaga, emeli monopollaryň açylmagy we olaryň öwrenilmegi bolsa tebigy magnit monopollary ýüze çykarmaga mümkinçilik

bererdi. Monopollar bilen baglanyşykly bolan, häzirligçe biziň pikirimize gelmeýän başga hadysalaryň hem bolmagy mümkin.

### 10.3. G. Gers tarapyndan elektromagnit tolkunlarynyň açylmagy

*Makswelliň elektromagnit meýdany nazaryýetiniň* ykrar edilmeginde nemes fizigi Gersiň goşandy uludyr.

**Genrih Rudolf Gers (1857–1894 ý.)** – nemes fizigi (68-nji surat). Ol Germaniýanyň Gamburg şäherinde aklawçynyň maşgalasynda doguldy. Mýunhen uniwersitetinde, soňra Berlin uniwersitetinde okady. Gers Gelmgolsyň okuwçysydyr.

Gelmgols Gerse «*Elektrik togy kinetik energiya eýe bolýarmy?*» diýen soraga jogap tapmaklygy tabşyrýar. Gers bu işi üstünlikli ýerine ýetirýär. Tejribeler hiç hili netije bermeýär. Sebäbi tejribäniň takyklygyny 1000 esse artdyrmalydy. Gersiň bu işi baýraga mynasyp bolýar. 1879-njy ýylda talyp döwründe ol «*Aýlanýan jisimleriniň induksiýasy barada*» diýen tema boýunça doktorlyk işine başlaýar we «tapawutly» baha bilen doktorlyk derejani goraýar. Bu örän seýrek duş gelýän ýagdaýdyr.



68-nji surat. Henrih Rudolf Gers

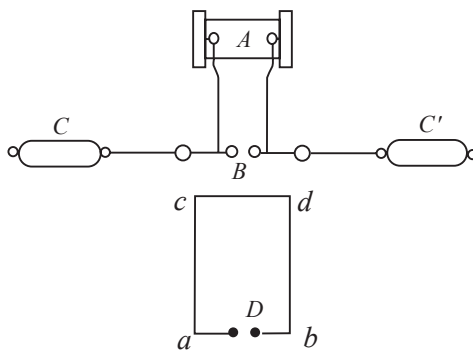
Gelmgols Gerse *Makswelliň nazaryýetini* tejribede barlamaklygy maslahat berýär we oňa ýapyk däl elektrik zynjyrlaryndaky hadysalary öwrenmekligi tabşyrýar. Gers tejribelere başlamanka elektrik yrgyldylary doly öwrenilipdi. Uilyam Tomson (Lord Kelvin) häzirki wagtda her bir okuwça belli formulany hödürledi:

$$T = 2\pi\sqrt{LC},$$

bu ýerde  $T$  – elektrik yrgyldylarynyň periody;  $L$  – induktiwlik (Tomson bu ululygy geçirijiniň «*elektrodinamiki sygymy*» diýip atlandyrdy);  $C$  – kondensatoryň sygymy.

Bu formula *leýden bankasynda* uçuşan zarýadsyzlanmanyň yrgyldylaryny öwrenen Berend Wilgelm Fedderseniň tejribelerinde tassyklandy.

1887-nji ýylda Gers öz tejribelerini «*Örän çalt elektrik yrgyldylary barada*» makalasynda beýan etdi. *Gersiň vibratory we rezonatory* 69-njy suratda getirilen. Gersiň ulanan yrgyldyly kontury mis simi bilen birikdirilen, biri-birinden 3 m uzaklykda ýerleşdirilen  $C$  we  $C'$  geçirijilerden, mis simiň ortasynda ýerleşdirilen  $A$  induksion



69-njy surat. Henrih Gersiň vibratory we rezonatory

tegeiň zarýadsyzlandyryjy iki sany metal  $B$  şarjagazlaryndan ybarat.  $B$  şarlaryň arasynda uçgun döredilende geçirijilerde çalt üýtgeýän elektrik yrgyldylary döreýär.

Gers induksion tegekler bilen periody  $10^{-8}$  s bolan çalt elektrik yrgyldylary aldy we ýokary ýygylkly generator (yokary ýygylkly yrgyldy çeşmesini) we bu yrgyldylary *kabul edijini* dörettdi. Kabul ediji  $80 \times 120$  sm ölçegli *abdc* konturdan we iki sany  $D$  şarjagazlardan ybarat.

Gersiň tejribesindeki geçirijilere, häzirki zaman dilinde *detektorly antenna* diýilýär ýa-da olary Gersiň *wibatory* diýip hem atlandyryrlar. *abdc* geçirijä *rezonator* diýilmeginiň sebäbi, bu kontur özüniň hususy ýygylgy bilen rezonans bolan ýygylklarda has-da güýçli yrgyldaýar (başgaça aýdanymyza, antennanyň ýygylgy kabul edijiniň ýygylgy bilen gabat gelende *rezonans* hadysasy ýüze çykýar).

Gersiň tejribesinde eger generatorda ýokary ýygylkly yrgyldylar dörese ( $B$  şarlaryň arasynda uçgun dörese), kabul edijiniň (rezonatoryň)  $D$  şarjagazlarynyň arasynda kiçi uçgun döreýär. «*Bu uçgun hähili döreýär?*» ýa-da, «*Bu Gelmgolsyň elektromagnit induksiýa hadysasy?*» ýa-da, «*Bu Makswelliň nazaryýetine görä döreýän elektromagnit tolkunlary?*» diýlen sorag ýüze çykýar.

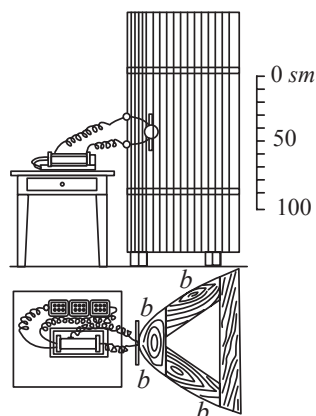
Ilkibaşda Gers tejribäniň netijelerini düşündireninde, Makswelliň tolkunlary döreýär diýip aýtmady. Gers «*Geçirijiler özara täsirleşýärler*» diýdi we ony uzakdan täsir nazaryýeti bilen düşündirmäge synanyşdy. Tejribäni birnäçe gezek gaýtalap, Gers, kiçi aralyklarda «*elektrik güýjüniň*» ýaýramak häsiýetiniň dipolyň meýdanyna meňzeşdigini, soňra onuň ýuwaş-yuwaşdan burça bagly bolup kemelýändigini ýüze çykardy. Häzirki wagtda zarýadsyzlandyryjy, ugrukdyrma diagrammasynyň anizotropiýasyna eýe bolýar, diýip aýtmak bolar. Bu bolsa, uzakdan täsir nazaryýetine düýbünden garşy gelýär.

Tejribeleriň netijelerini derňap we özüniň nazary derňewlerini geçirip, Gers Makswelliň nazaryýetini kabul edýär. Gers uzakdan täsir nazaryýetinden ýüz öwürüp, gutarnykly tizlik bilen ýaýraýan elektromagnit tolkunlary bar diýen netijä gelýär. Indi Makswelliň deňlemeleri hyýaly matematiki ulgam däl-de, olary ulanar ýaly amatly görnüşe getirmelidi. G. Gers Makswelliň deňlemelerini ýönekeýleşdirýär, ondan Poýtingiň teoremasyny (onuň aýdyşy ýaly «*iň ýokary derejede ajaýyp*») getirip çykarýar. Biz häzirki döwürde Makswelliň elektromagnit meýdanynyň deňlemelerini Gersiň bize hödürlän görnüşinde ýazýarys.

Gers Makswelliň nazaryýetiniň önünden aýdan elektromagnit tolkunlaryny tejribede aldy we has möhüm zady – *elektromagnit tolkunlarynyň ýagtylyk bilen meňzeşligini (toždestwenligini)* subut etdi. Munuň üçin elektromagnit tolkunlarynyň kömegi bilen optikanyň belli hadysalaryny: döwürlän, serpikmäni, polýarlanmany we beýlekileri ýüze çykarmak gerekdi. G. Gers bu tejribeleri örän uly ussatlyk bilen geçirdi we özüniň açan elektromagnit tolkunlarynyň ýaýramagyny, serpikmesini, döwürlänmesini, polýarlanmasyny tejribede barlady. Ol bu tolkunlar bilen tejribeleri

geçirmek üçin aýnany (*Gersin aýnasy*), asfaltdan ýasalan prizmany we beýlekileri gurnady (70-nji surat). Tejribeleriň netijeleri ýagtylyk tolkunlary bilen geçirilen tejribeleriň netijelerine doly gabat gelýändigini görkezdi.

1887-nji ýylda G. Gers «*Ultramelewşe ýagtylygyň elektrik zarýadsyzlanma täsiri barada*» işinde, soňra *daşky fotoeffekt* diýip atlandyrylan hadysany beýan etdi. Ol ýokary naprýaženiýäniň astynda bolan elektrodlar ultramelewşe şöhleleri bilen şöhlelendirilende, şöhlelendirilme ýok mahalyndaky bilen deňeşdirilende, elektrodlaryň arasyndaky uzaklygyň uly bahalarynda zarýadsyzlanmanyň (uçgunyň) döreýändigini ýüze çykardy. Bu effekti soňra rus alymy A.G.Stoletow giňişleýin öwrendi. A.G.Stoletow bu effekte «*aktinoelektrik effekt*» diýip at berdi.

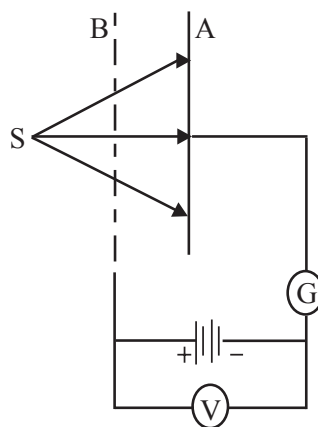


70-nji surat. Gersin aýnasy



71-nji surat. Aleksandr Grigorjewiç Stoletow

A.G.Stoletowyň has beýik açyşy *fotoeffekt hadysasydyr* (1888–1890 ý.). Onuň tejribesinde (72-nji surat) *A* bitewi sink plastinasy *G* galwanometriň üsti bilen tok çeşmesiniň (–) polýusyna, *B* sinkden ýasalan tor plastina tok çeşmesiniň (+) polýusy bilen birikdirilen. *A* plastina *S* elektrik dugasy bilen ýagtylandyrylýar. Tejribede şeýle netijeler alyndy: ýagtylandyrylýan *A* plastina otirisatel potensial berlende fototok döreýär; fototogun ululygy plastinanyň düşýän ýagtylyk akymyna göni baglydyr; plastinalara goýlan naprýajeniýäniň artmagy bilen fototok käbir ululyga (doýgun fototoga) çenli ilki artýar, soňra hemişelik ululygynda galýar (*Stoletowyň kanuny*). Stoletowyň tejribe geçiren desgasy ilkinji *fotoelementdi*.



72-nji surat. Stoletowyň tejribesiniň çyzgysy

Bu tejribe geçirilen döwründe elektron açyldy. Ýagtylygyň täsiri netijesinde elektronyň goparylýan-



dygyny ol bilmeýärdi we şoňa görä-de ol: «*Ýagtylyk şöhlesi otrisatel zaryadlanan jisimiň üstüne düşüp, ondan zaryadlary goparýar*» diýdi.

Fotoeffektiň kwant nazaryýeti we onuň ähli tejribede alnan baglanyşyklary A. Eýnşteýn (1905 ý.) tarapyndan düşündirildi.

1890-njy ýylda A.G. Stoletow «*Seyreklenen gazlarda aktinoelektrik hadysalary*» işinde fotoelementde gazyň basyşynyň ähmiýetini kesgitleýär. Gazyň basyşy kemelende fototok ilki ýuwaş, soňra çalt artýar, käbir *kritiki basyşda* maksimuma ýetýär we soňra tok kemelýär.

A.G. Stoletow kritiki basyşyň kondensatoryň zaryadyna baglylyk kanunyny açdy. Bu kanun gaz zaryadsyzlanma prosesinde *Stoletowyň kanuny* hökmünde bellidir.

A.G. Stoletow «*Ýumşak demriň magnitlenme funksiýasyny derňemek*» diýen tema boýunça doktorlyk dissertasiýasynda (1872 ý.) Makswelliň nazaryýetiniň we amaly elektrotehnikaýyň esasy meselesini – magnit gurşawyň elektromagnit özaratäsire täsirini, şeýle hem magnit kabuledijiligiň we magnit syzyjylygyň daşky magnit meýdanynyň güýjenmesine baglylygyny öwrendi. Demir magnitlenende onuň magnitlenmeginiň ilki artýandygyny, soňra bolsa maksimuma ýetip kemelýändigini ilkinji gezek subut etdi. Onuň alan magnit kabuledijiliginiň egrisine *Stoletowyň egrisi* diýilýär.

A.G. Stoletow köp fizikleriň mugallymydyr.

1887-njy ýyl *elektromagnit tolkunlarynyň açylan we Makswelliň nazaryýetiniň tejribede tassyklanany ýyly hasaplanýar.*

1889-njy ýylda nemes tebigaty öwrenijileriň we lukmanlaryň gurultaýynda Gers «*Ýagtylygyň we elektrigiň meňzeşligi barada*» atly tema bilen çykyş etdi we tejribeler bilen tassyklanany Makswelliň nazaryýetiniň uly ähmiýetiniň bardygyny belledi.

Gersiň tejribesi ylmy dünýäde uly gyzyklanma dörettdi. Bu tejribäni köp gezek we dürli görnüşde gaýtaladylar.



73-nji surat. Petr Nikolaýewiç Lebedew

**Petr Nikolaýewiç Lebedew (1866 – 1921 ý.)** – Moskwada baý maşgalada dogulýar (73-nji surat). Germaniýada Strasburg uniwersitetini tamamlady we 1891-nji ýylda Moskwa uniwersitetinde işläp başlaýar. Ol 1901-nji ýylda Moskwa uniwersitetiniň professory bolýar. Ol 10 ýylda laborantlykdan professor derejesine ýetýär.

Lebedew fizikanyň taryhynda ussat-tejribeçi we Moskwada abraýly ylmy mekdebi dörediji hökmünde bellidir. Belli rus alymlary P.P. Lazarew, S.I. Wawilow, A.R. Kolli we beýlekiler bu mekdebiň uçurymlarydyr.

1894-nji ýylda «*Annalen der Physik*» žurnalynda Lebedewiň «*Elektrik güýji bolan şöhleleriň ikileýin döwürleşmesi barada*» makalasy çap edildi. Ol şol makalanyň girişinde şeýle ýazýar: «*Gers ýagtylygyň elektromagnit nazaryýetiniň netijelerini tejribede barlamak usullaryny görkezdi. Indi onuň tejribelerini uly bolmadyk öl-*

çeglerde, ylmy barlaglar üçin has oňaýly bolar ýaly ölçeglerde geçirmek zerurlygy ýüze çykdy».

Gersiň usulyny kämilleşdirip, P.N. Lebedew 1895-nji ýylda, şol döwürde iň gysga elektromagnit tolkunlaryny ( $\lambda = 6 \text{ mm}$ ) almak usulyny işläp düzdi we bu tolkunlar bilen şöhleleriň ikileýin döwürlesine degişli tejribeleri geçirdi. Gersiň tejribesinde alnan elektromagnit tolkunlarynyň uzynlygy  $\lambda = 0,5 \text{ m}$  deňdi. Gers gysga tolkunlary alyp bilmedi.

Lebedewiň elektromagnit generatory (wibratory, antennasy) her haýsysynyň uzynlygy  $1,3 \text{ mm}$  we diametri  $0,5 \text{ mm}$  bolan iki platina siminden ybaratdy. Bu simleriň arasynda uçgun döredildi. Onuň abzallary örän kiçidi (jübüde göterip bolýardy). Izotrop gurşawlarda bu şöhleleriň ikileýin döwürlesini hem öwrendi. Şöhleleriň döwürlesini derňemek üçin beýikligi  $1,8 \text{ sm}$ , ini  $1,2 \text{ sm}$ , agramy  $2 \text{ g}$  bolan ebonit prizmany ulandy. Gersiň prizmasynyň agramy  $600$  kilogramdy. Gersiň tejribesinde şöhläni ikileýin döwürleşen prizma kükürtden ýasalandy we formasy rom şekillidi. Lebedew döwürleşen gysga tolkunlara gözegçilik etmek üçin termoelementden peýdalandy.

Lebedew bu işinde elektromagnit şöhlelenmäniň tolkun uzynlygyny yzygider kiçeltmek we ahyrsoňunda olary infragyzyň tolkunlar bilen birikdirmek meselesini goýdy. Lebedewe bu başartmady, emma bu meseläni 1927–28-nji ýyllarda A.A. Gla olýewa-Arkadyewa (1884–1945 ý.) we M.A. Lewiskaýa (1883–1963 ý.) çözdüler.

Abzallaryň we shemalaryň ölçeglerini kiçeltmeklik häzirki döwürde alymlaryň we konstruktorlaryň önünde iň möhüm meseleleriň biri bolup durýar. Şeýlelikde, P.N. Lebedew radiofizikanyň we radiotehnikanyň döwürleşen ýagylygynda elektromagnit tolkunlaryny şöhlelendirmek üçin ulanylýan abzallary kiçeltmek (miniaturizasiýalaşdyrmak) meselesini goýdy. Ýagny ol häzirki döwürde ulanylýan *konstruktiv pikiriň ugruny* görkezdi.

Şeýle hem Lebedew Makswelliň nazaryýeti tarapyndan önünden aýdylan, *ýagtylygyň basyşy* baradaky tejribeleri geçirdi. Onuň bu tejribeleri nusgawy tejribeler boldy. Bu tejribeler XIX asyryň ahyrynda – XX asyryň başlarynda geçirilen tejribeleriň näýbaşysy hasaplanýar. Lebedewiň ýagtylygyň gaty jisimlere (1899 ý.) we gazlara (1907 ý.) edýän basyşy baradaky tejribelerine geljekde serederis.

Gersiň we Lebedewiň tejribeleri Makswelliň nazaryýetiniň dogrudygyny gutarnykly tassyklady. Radiony diňlänimizde, telewizora seredenimizde, Internetden, el telefonundan peýdalananymyzda Gersiň açan radio tolkunlaryndan peýdalanyandygymyzy unutmaly däliris. A.S. Popow simsiz aragatnaşygy (radiony) döredende onuň efire iberen ilkinji sözi «*Genrih Gers*» boldy.

Elektromagnetizmiň kanunlaryny amalyýetde ulanmak barada aýdanymyzda, XX asyryň başynda adamzat elektrik togunyň ähmiýeti örän uly bolan dünýäde ýaşaýardy. Muňa fizikler tarapyndan açylan elektrik we magnit hadysalarynyň

ulanyş çäginde edilen oýlap tapyşlar itergi berdi. Bu oýlap tapyşlaryň käbirlerini belläliň.

Elektromagnetizm özüniň ilkinji ulanylyşyny aragatnaşyk tehnikasynda tapdy, telegraf bolsa 1831-nji ýyldan bäri bardy.

1876-njy ýylda amerikaly fizik, oýlap tapyjy we telekeçi Aleksandr Bell (1847–1922 ý.) telefony oýlap tapdy. Soňra bu telefon belli amerikaly oýlap tapyjy Tomas Alwa Edison (1847–1931 ý.) tarapyndan kämilleşdirildi.

1892-nji ýylda inlis fizigi Uilýam Kruks (1832–1912 ý.) radioaragatnaşygyň prinsiplerini işläp düzdi. Rus fizigi Aleksandr Stepanowiç Popow (1859–1906 ý.) we italýan alymy Gulelmo Markoni (1874–1937ý.) birwagtda diýen ýaly bu prinsipi amalyýetde ulandylar. Elektrik aragatnaşyk serişdeleriniň döreýşi we radionyň oýlanyp tapylyşy barada geljekde gürrüň ederis.

Elektrik hadysalaryny ýagtylandyryş üçin XVIII asyrdan (*woltly duga*) ulanmaga synanyşdylar. Soňra bu abzal Pawel Nikolaýewiç Ýabloçkow (1847–1894 ý.) tarapyndan kämilleşdirildi. 1876-njy ýylda ol durmuşda ulanyp bolýan ýagtylygyň ilkinji elektrik çeşmesini (*Ýabloçkowyň şemi*) oýlap tapdy. Emma bu abzal köpçülikleýin ulanylmady, sebäbi 1879-njy ýylda T. Edison tarapyndan, senagatda öndürmäge amatly, uzak wagt ulanyp bolýan, gyzdyrylýan sapakly çyra döredildi. Gyzdyrylýan sapakly çyranıň 1872-nji ýylda rus elektrotehnigi Aleksandr Nikolaýewiç Lodygin (1847–1923 ý.) tarapyndan döredilendigini bellemek gerek.

#### 10.4. Ýagtylygyň basyşy barada P. M. Lebedewiň tejribeleri

Ýagtylygyň basyşy baradaky pikir ilkinji gezek Kepler tarapyndan, Gün tarapyndan kometalaryň guýrugynyň gysarmasyny düşündirmekde ulanyldy. Kepleriň bu pikiri köp jeddeleri döretdi. Sebäbi ýagtylygyň basyşyny tejribede barlamak kyn dy.

Tolkun nazaryýetiniň tarapdarlary, ýagtylygyň basyşy ýok diýip hasaplaýardylar. Şeýle tejribeleriň ýoklugyny bolsa subutnama hökmünde ulanýardylar. Korpuskulýar nazaryýetiniň tarapdarlary bolsa, ýagtylygyň basyşy bar we ol basyş hökman bolmaly diýýärdiler.

Lebedewiň fizikanyň önündäki baş hyzmaty *ýagtylygyň basyşyny* ölçänligidir. Makswelliň ýagtylygyň elektromagnit nazaryýeti bolsa ýagtylygyň basyşynyň barlygyny önünden aýdypdy. Lebedew «*Şöhle goýberýän jisimleriň itekleýji güýji barada*» işinde (1891 ý.) şeýle ýazýar: «*Makswelliň görkezme-gine görä, ýagtylyk we ýylylyk şöhlesi ýuwudyjy jisime düşüp, jisime düşme ugruna görä basyş edýär*».

Jisim tarapyndan ýagtylyk ýuwudylanda ýa-da serpigende, saklanma kanuny-na görä, jisimiň üstüne ýagtylyk düşmänkä we düşenden soňky impulslarynyň tapawudyna deň bolan impuls jisime berilýär. Netijede, jisime degişli güýç täsir edýär

we ýagtylyk basyşy döreýär. Ýagny elektromagnit tolkunynyň gaty jisimiň tekiz üstüne normal düşýän we doly ýuwudylýan bolsa, onda 1 sekuntda jisimiň  $1m^2$  üstüne dykyzlygy

$$G = \frac{E}{c^2}$$

bolan elektromagnit tolkunynyň impulsy düşýär. Bu formulada,  $E$  – ýagtylyk akymynyň dykyzlygy;  $c$  – ýagtylygyň tizligi.

Netijede, ýagtylygyň basyşy üçin aşakdaky formula alynýar:

$$P = c \cdot G = c \cdot \frac{E}{c^2} = \frac{E}{c}.$$

Jisimiň üstünden ýagtylyk doly serpigende jisime iki esse köp impuls geçirilýär, netijede, iki esse köp basyş edilýär.

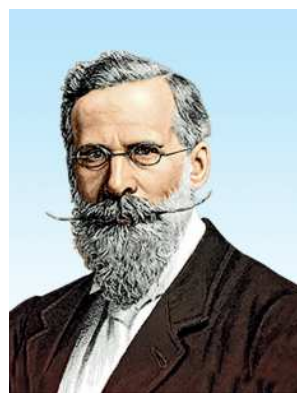
Adaty şertlerde ýagtylyk basyşy örän az. Meselem, Ýer orbitasynda Gün şöhlelenmesiniň akymynyň dykyzlygy (häzirki zaman bahasy), takmynan,

$$E = 1400 \frac{Wt}{m^2}.$$

Bu ýagdaýda ýagtylygyň basyşy  $P = 1400 / (3 \cdot 10^8) Pa = 0,5 \cdot 10^{-5} Pa$  deň bolar. (Ýeriň üstünde ýerleşdirilen aýnanyň  $1m^2$  üstüne Gün şöhleleri normal düşende  $10^{-5} N$  güýç bilen täsir edýär). Atmosfera basyşy  $\approx 10^{-5}$  deň. Diýmek, Ýere ýagtylygyň basyşy atmosfera basyşyndan  $10^{10}$  esse kiçidir. Şoňa görä-de bu basyşy ölçemek örän kyndyr.

Iňlis alymy U. Kruks ilkinji bolup ýagtylyk basyşyny ölçemäge synanyşdy.

**Uilýam Kruks (1832–1919 ý.)** – iňlis himigi we fizigi (74-nji surat), Londonyň Korollyk jemgyýetiniň agzasy we prezidenti. Ol Londonda doguldy we 15 ýaşyndan başlap ylym bilen gyzyklanyp başlady. Londonyň Korollyk himiki kollejinde tamamlady we şol ýerde 1850–1854-nji ýyllarda mugallym bolup işledi. 1854-nji ýyl ol «*Chemikal News*» žurnalyny esaslandyrdy we onuň ilkinji redaktory boldy. U. Kruks dürli ýyllarda Himiki jemgyýetiň we inžener-elektrikleriň institutynyň prezidenti boldy.



74-nji surat.  
Uilýam Kruks

U. Kruks pes basyşly gazlarda elektrik geçirijiligini we katod şöhlelerini («*Kruksyň turbasynda*») derňedi, ssintilýasiýa hadysasyny açdy, radiometri we spintariskopy oýlap tapdy. 1861-nji ýylda talliý elementini açdy, 1895-nji ýylda ilkinji gezek barlaghana şertlerinde *geliý* elementini aldy. U. Kruks gaz zarýadsyzlandyryjy turbalarda bolup geçýän hadysalary derňemekde ilkinji alym hasaplanýar. Geljekde onuň derňewleri plazmany öwrenmek boýunça işleriň esasy boldy.

U. Kruks ilkinji bolup ýagtylyk basyşyny towlanma terezilerinde ölçedi. Onuň tejribesinde terezä berkidilen ýapraýyklar ýagtylyk bilen ýagtylandyryldy. Ol sapagyň towlanmasy bilen ýapraýyklara täsir edýän güýji kesgitledi. Emma radiometrik effektiň döreýänligi netijesinde Kruksa ýagtylyk şöhlesiniň basyşyny ölçemek başartmady (Kruksyň tejribesinde ahli abzal  $0,01\text{ mm}$  simap sütüni bolan basyşly ballonyň içinde ýerleşdirilipdi).

Ýokarda belenilişi ýaly, doly serpikmede basyş iki esse uludyr. Bu kesgitlemäni tejribede barlamak kyndy.

*Birinjiden*, ölçenilýän basyş örän kiçi we bu bolsa, örän inçe tejribe goýmaklygy talap edýärdi. Bu basyşy ölçemek üçin hem örän duýgur abzallar gerekdi.

*Ikinjiden*, *konweksion akymlary we radiometrik effekti* ýok etmelidi. Sebäbi pes wakuumda konweksion akymlar we radiometrik efektler ýüze çykýardy.

Diskleriň ýagty düşýän tarapynda temperatura, onuň düşmeýän tarapy bilen deňeşdirilende ýokary bolýar. Bu bolsa diskiň ýagtylanan tarapyndan gazyň molekullary garaňky tarap bilen deňeşdirilende, uly tizlik bilen diskden iteklenmegine getirer. Netijede, ýagtylyk basyşynyň ugruna ondan hem uly bolýan goşmaça itekleýji güýç ýüze çykýar (Kruksyň we Bartoliwiň tejribelerinde  $10^3$  esse uly güýç döredi). Ýagny wakuumy pes bolan seýreklendirilen gazda ýagtylanan we ýagtylanmadyk üstleriň gyzmagy netijesinde temperaturalaryň tapawudy döreýär we radiometrik effekt ýüze çykýar. Bu bolsa ýagtylyk basyşyny takyk ölçemäge mümkinçilik bermeýär.

Lebedew ýagtylygyň basyşyny ölçemeklige бүтін ömrüni bagyş etdi. Ol 1899-njy ýylda ýagtylygyň gaty jisimiň üstüne basyş edýändigini tejribede tassyklady. Ol bu ýerdäki meseleler we kynçylyklar bilen gowy tanyşdy. Ol tejribe geçirende Makswelliň görkezen ýönekeý usulyny saýlap aldy. Lebedew çuň wakuumda konweksion akymlar we radiometrik efektler hökman kemelmeli diýlen netijä geldi. Şeýle hem Kruksyň ilkinji işlerinden soňky ýigrimi ýylyň dowamynda tejribe tehnikasynda düýpli ösüşler bolup geçipdi. Elektrik dugaly çyralar görnüşindäki kuwwatly ýagtylyk çeşmeleri,  $10^{-3}\text{ atm}$ . basyşyny alyp bolýan simaply wakuum nasoslar (sorujylar) döredipdi. Bularyň hemmesi ýagtylygyň gaty jisimleriň üstüne edýän basyşyny ölçemeklige umyt döredýärdi.

Eger şöhle düşýän üst ýagtylygy doly serpikdirýän bolsa, onda basyş, ýagtylygy doly ýuwudýan ýagdaý bilen deňeşdirilende iki esse uly bolar, radiometrik täsir kiçi bolar. Eger üst ýagtylygy doly ýuwudýan bolsa, onda basyş, ýagtylygy doly serpikdirýän ýagdaý bilen deňeşdirilende iki esse kiçi bolar, radiometrik güýçler bolsa uly bolar.

Lebedew, hakykatdan hem, towlanma terezileriň serpikdirýän ganatjyklary ýagtylandyrylanda ýagtylyk basyşynyň, ýuwudýan (gara) ganatjyklaryň ýagtylanasy bilen deňeşdirilende iki esse artýandygyny gördi. Munuň özi radiometrik täsiriň aýrylandygyny subut edýär.



Lebedewiň tejribesinde radiometrik güýçleri aýyrmaklyk şeýle amala aşyryldy. Ol örän uly ussatlyk bilen bu kynçylyklary ýeňip geçýär:

- Platinadan ýasalan ganatjyklaryň galyňlygyny  $0,1 - 0,02 \text{ mm}$  etdi. Bu bolsa diskiň iki tarapynda hem temperaturanyň deňleşmegine getirdi;
- Ähli abzaly, basyşy  $10^{-4} \text{ mm simap sütüniniň beýikligi}$  bolan wakuumda ýerleşdirdi.

Lebedewiň ulanan towlanma terezisinde inçe maýyşgak sapakdan asylan «egin ağaclar» ulanyldy (75-nji surat). Suratda 1-8 sanlar bilen diametri  $5 \text{ mm}$  bolan, dürli materiallardan ýasalan zerkal we garaldylan ganatjyklar görkezilendir.

Ýagtylygyň  $E$  energiýasynyň akymyny kalorimetr usuly we ýagtylygyň ýapraýjklardan  $\rho$  serpilme koeffisiýentini ýörite gurnalan fotometri ulanmak bilen ölçäp Lebedew Makswell–Bartoliwiň formulasyňy barlady:

$$p = (1 + \rho) \cdot \frac{E}{c},$$

bu ýerde  $p$  – ýagtylygyň ýapraýjga täsir edýän ölçelýän basyş güýji;  $\rho$  – ýagtylygyň ýapraýjkdan serpilme koeffisiýenti  $E$  – ýapraýjga düşýän ýagtylygyň energiýasynyň akymy;  $c$  – ýagtylygyň tizligi.

P.N. Lebedewiň «Saýlanan eserlerinde» (M.SSSR Ylymlar akademiýasynyň neşirýaty, 1963 ý.) getirilen maglumatlara görä ýapraýjgyň üstüne düşýän ýagtylygyň basyş güýji  $F = 3 \cdot 10^{-5} \text{ dina}$ , ýagtylygyň basyşy:

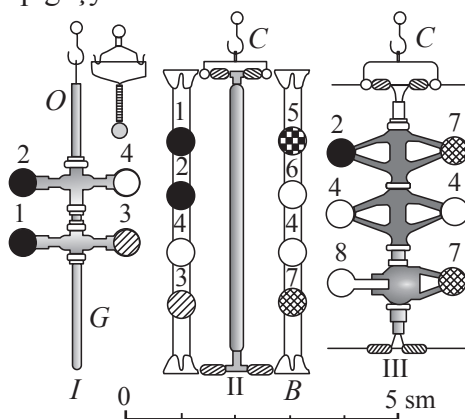
$$p = \frac{F}{S} = \frac{3 \cdot 10^{-5} \text{ dina}}{0,19 \text{ sm}^2} = 1,57 \cdot 10^{-6} \frac{\text{dina}}{\text{sm}^2}$$

ýa-da birlikleriň Halkara ulgamynda:  $p = \frac{F}{S} = 0,157 \cdot 10^{-6} \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ .

Lebedew alan netijelerini şeýle beýan edýär:

- Düşýän ýagtylyk dessesi ýuwudýan, şeýle hem serpikdirýän üstlere basyş edýär;
- Ýagtylygyň basyş güýji düşýän şöhläniň energiýasyna göni baglydyr.

Gözegçiligiň nätaklyklyk çäginde ýagtylygyň basyş güýji, ýagtylyk energiýasynyň basyşynyň makswell-bartoliew güýçlerine mukdar taýdan deňdir.



75-nji surat. Towlanma terezisiniň dürli görnüşli «egin ağaclarý»

Şeýle inçe tejribe geçirilende hem, Lebedew ýagtylygyň gaty jisime edýän basyşyny 20% takyklyk bilen ölçäp bildi. Ol şeýle ýazýar: «*Men bu barlagy şeýle takyklyk bilen ölçemek bilen çäklendim, sebäbi bu netije ýagtylygyň basyşy baradaky esasy soragy çözmek üçin ýeterlidir. Has takyk netijeleri almak üçin uly tejribe kynçylyklaryny ýeňmek gerek bolýar*». Hatda ýokarky netijeleri almak üçin ol birnäçe ýyl işlemeli boldy.

Lebedew bu işiniň netijeleri barada 1900-nji ýylda fizikleriň Bütindünýä kongresinde çykyş edýär we 1901-nji ýylda nemesleriň «*Annalen der Physik*» žurnalynyda «*Ýagtylyk basyşynyň tejribe derňewleri*» makalasynda çap edýär. Bu Makswelliň nazaryýetini tassyklaýan täze tejribe boldy.

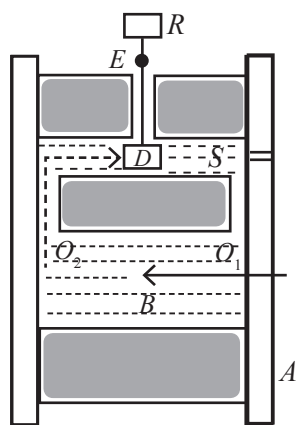
Ýagtylygyň basyşy baradaky tejribeler Lebedewe şöhrat getirdi. U. Tomson: «*Men bütin ömrümde Makswelliň ýagtylygyň basyşy baradaky garaýşyny kabul etmän göreşdim. Emma Lebedewiň tejribeleriniň önünde men başymy egýärin*» diýip ýazýar.

Lebedewiň tejribesini 1923-nji ýylda Gerlah güýçli wakuum döredip, gaýtalandy. Onuň alan netijeleri nazaryýetde alnan netije bilen 2% takyklykda ýerine ýetirildi.

1900-nji ýylda Lebedew magistr dissertasiýasyny goranda oňa ylmylaryň doktory derejesi berilýär (ylymda örän seýrek ýagdaý).

Lebedew ýagtylygyň gazlara edýän basyşyny hem öwrendi. Ýagtylygyň gazlara edýän basyşyna degişli tejribeler geçirilende hem, ol uly kynçylyklara sezewar bolýar (1900 ý.). Sebäbi, ýagtylygyň gazlara edýän basyşy, ähli amatly şertlerde, gaty jisimiň üstüne düşýän ýagtylygyň basyşynyň 1 %-ine barabardy. Diýmek, bu iş has inçe tejribe geçirmekligi talap edýärdi.

1900-nji ýylda çenli ýagtylygyň gazlara edýän basyşyny kesgitlemek boýunça ähli taýýarlyk işleri ýerine ýetirilýär. Ol irginsiz zähmet çekýär we 1909-njy ýylda netije alanlygy barada ilkinji habaryny berýär. 10 ýylyň dowamynda ol 20 sany



76-njy surat. Lebedewiň tejribesiniň çyzgysy

abzal ýasaýar, uly kynçylyklar çekýär, tejribeleriň netije bermeýänligi sebäpli bu işleri bes etmek hem isleýär.

76-njy suratda ýagtylygyň gazlara edýän basyşyny ölçemek üçin desganyň shemasy getirilen. Ýagtylygyň gazlara edýän basyşyny ölçemek üçin Lebedew örän inçe akylllyk we oýlap tapyjylyk ussatlygyny görkezdi.

Ýagtylyk şöhleleri  $A$  flýunoritden ýasalan kwars aýnadan  $B$  kamera düşýär.  $B$  kamera gaz bilen doldurylan. Ak ýagtylyk şöhleleri gaz gatlagyndan geçende gazyň molekulalaryna basyş edip, molekulalary şöhleleriň düşýän ugruna tarap hereket etmäge mejbur edýär. Ýagtylyk basyşynyň täsiri netijesinde gaz  $B$  kameradan  $O_1$  we  $O_2$  kanallaryň içi bilen  $S$  kanala geçýär. Netijede,  $O_1$  we

$O_2$  penjireleriň arasynda gazyň basyşynyň tapawudy döreýär. Bu tapawut ýagtylyk düşmeýän  $S$  kanaldaky gazyň basyşy bilen deňagramlaşmaga ymtylýar.  $S$  kanalda kwars sapakdan asylan ýeňil  $D$  porşen ýerleşdirilen.  $D$  porşen duýgur towlanma tereziniň  $R$  egnine berkidilen. Porşeniň üstünde gazyň basyşynyň käbir tapawudy dörende, sapak towlanýar. Sapagyň towlanma burçy (ýagtylyk şöhesiniň gaza edýän basyşyna bagly bolan) sapaga berkidilen  $E$  aýna düşýän ýagtylyk şöhesiniň gyşarma burçy bilen ölçelýär.

Düşýän şöhläniň umumy energiýasyny kalorimetr, gazyň ýagtylygy ýuwutma koeffisiýentini iki sany termoelement bilen ölçäp bolýar. Porşeniň diametrini, kwars sapagyň uzynlygyny, egin agajyň egniniň uzynlygyny, şkalanyň aýna çenli uzaklygyny bilip, gazyň basyşynyň tapawudyny (şkalanyň bir kesimine degişli bolan) ölçäp bolýar. Şeýlelikde, Lebedew Fitsžeraldanyň ýagtylygyň gazlara edýän basyşyny aňladýan kanunyny barlady:

$$P = \alpha \frac{E}{g},$$

bu ýerde  $\alpha$  – ýuwutma koeffisiýenti,  $E$  – 1 sekuntda gaz gatlagyna düşýän ýagtylyk energiýasy,  $g$  – ýagtylygyň tizligi.

Bu iş ýerine ýetirilende Lebedew aşakdaky kynçylyklara duş geldi:

- Ýagtylyk şöhleleri bilen gaz deňölçeqli gyzmaýardy. Gazyň temperaturasy kameranyň ähli ýerinde birmeňzeş bolar ýaly, şöhleleri kamera örän parallel düşürmelidi, sebäbi parallel däl bolsa konweksion akymalar döreýärdi. Örän parallel şöhleleri almak bolsa örän kyn meseledi. Ol örän akylyly çözüliş tapýar: gazyň içine uly ýylylyk geçirijiligi bolan birazrak wodorod goýberýär. Netijede, temperaturalaryň tapawudy çalt deňleşýär.
- Radiometrik effekti ýok etmek üçin tejribede iki kanally kamera ulanyldy.

*Lebedewiň alan ylmy netijeleri:*

- Ýagtylygyň gaza bolan basyşy tejribe üsti bilen tassyklanyldy.
- Bu basyşyň ululygy ýagtylyk dessesiniň energiýasyna we gazyň ýuwutmak koeffisiýentine baglydyr.
- Fitsžeraldnyň deňlemesi alnan netijäni mukdar taýdan kanagatlandyrýar.

Şeýlelikde, Kepler tarapyndan 300 ýyl öň aýdylan, ýagtylygyň gazlara edýän basyşy baradaky çaklama nazary we tejribe üsti bilen tassyklanyldy.

Ýagtylygyň gazlara edýän basyşy baradaky bu iş ylym dünýäsini haýran etdi. Ylmy dünýä onuň tejribe geçirmek boýunça ussatlygyna uly baha berýär. *Angliýanyň Korollyk instituty* Lebedewi özüniň hormatly agzasy edip saýlaýar. Bu işiň netijeleri 1910-njy ýylda «*Annalen der Physik*» žurnalynda çap edilýär.

*Ýagtylyk basyşynyň barlygy baradaky subutnamanyň uly filosofiki we ylmy ähmiýeti bardyr. Elektromagnit tolkunlarynyň basyşy baradaky maglumatdan*

*örän wajyp netije gelip çykýar: elektromagnit tolkunlary mehaniki impulsa, diýmek massa hem eýedirler. Onda elektromagnit meýdan impulsa we massa eýedir, ýagny ol materialdyr; diýmek, materiýa diňe bir madda görnüşde bolman, ol meýdan görnüşde hem bolup bilýär.*

Lebedewiň ýagtylygyň basyşy baradaky tejribeleri ýagtylyk kwantlarynyň mehaniki impulsynyň bardygyny tassyklan ilkinji tejribedir.

Ýagtylygyň mehaniki impulsa eýedigini we netijede ýuwudýan üste basyş edýändigini baradaky maglumat Eýnşteýniň  $E = mc^2$  deňlemesiniň dogrudygyny subut edýär.

Eýnşteýn 1905-nji ýylda «*Jisimiň inersiyasy jisimdäki energiýa baglymy?*» atly ylmy işinde: «*Jisimiň massasy, bu jisimdäki saklanýan energiýanyň ölçegidir. Eger energiýa  $L$  ululyga üýtgeşe, onda massa, degişlilikde  $\frac{L}{9 \cdot 10^{20}}$  ululykça üýtgeýär; bu ýerde energiýa erg-de, massa gramda ölçenýär. Eger nazaryýet tejribe bilen gabat gelse, onda şöhlelenme, şöhlelenýän we ýuwudýan jisimleriň arasynda inersiyany äkidýär*» diýip ýazýar.

Eýnşteýniň belleýşine görä, bu netije impulsyň saklanma, şöhlelenmäniň basyş we ýagtylygyň abberasiýa (*şekiliň ýoýulmasy*) kanunlaryna esaslanandyr.

S.I.Wawilow 1922-nji ýylyň 18-nji martynda Lebedewe bagyşlanan ýygnakda «*Ýagtylygyň basyşy, massa, energiýa*» atly çykyşynda Lebedewiň alan  $P = \frac{E}{c}$  formulasyndan  $E = mc^2$  formulany, ýagny energiýa bilen massanyň arasyndaky baglanyşyk formulasyny alyp bolýandygy barada aýdýar.

Şeýlelikde, P.N.Lebedewiň ýagtylygyň basyşyny ölçemek boýunça tejribeleri Eýnşteýniň kanunyny tassyklaýan ilkinji tejribe boldy. Emma, Lebedew  $E = mc^2$  formulany bilmeýärdi, hatda Eýnşteýn hem bu baglanyşygy diňe bir ýol bilen, ýagny radioaktiw dargamalarda tejribede (meselem, Kaufmanyň geçiren parallel elektrik we magnit meýdanlarynda  $\beta$  - bölejikleriň gysarmasyny tassyklaýan tejribesinde) subut edip bolar diýýärdi. Şeýlelikde, Lebedewiň geçiren tejribeleriniň ähmiýeti örän uludyr. *Lebedewiň tejribeleri diňe bir Makswelliň ýagtylygyň elektromagnit nazaryýetini tassyklamam, ol ýagtylygyň kwant nazaryýetini we görälik nazaryýetiň esasy meseleleriniň birini çözdü.*

Lebedew fizikleriň mekdebini döretdi (P.P.Lazarew, B.K.Arkadýew, S.I.Wawilow, A.K.Timirýazew onuň okuwçylarydyr). Ozalky sowet fizikasynyň üstünlikleri köp babatda Lebedewe minnetdar bolmalydyr. Ol örän ökde tejribeçi we guraмачыdy, köp taraply alymdy.

1911-nji ýylda Lebedew iki gezek Stokgolmdaky Nobel institutynyň barlaghanasynyň direktory wezipesine çagyryş alýar we oňa köp pul hödürleýärler. Oňa Nobel baýragyny bermek baradaky sorag galdyrylýar. Emma Lebedew bu çagyryşlary kabul etmän öz watanynda galýar.

## 11-nji bab. XVII-XX ASYRLARDA OPTIKANYŇ ÖSÜŞI

### 11.1. XVII-XVIII asyrlarda optikanyň ösüşi

Adamlar gadymyýetden bäri optiki derňewleri geçirip gelipdirler. Munuň esasy sebäbi, adam maglumatyň köp bölegini göreji bilen alýar.

Optika boýunça ilkinji işler antik alymlary (Ýewklid, Arhimed, Aristotel we beýlekiler) tarapyndan edildi. Olar, esasan, geometrik optikany öwrenipdirler. Şunlukda, gözden çykýan şöhleler nazaryýetinden, gözi optiki gural hökmünde seredýän taglymata ýuwaş-ýuwaşdan geçip başladylar. Bu taglymata görä, ýagtylyga gönüçyzykly ýaýraýan şöhleler hökmünde seredilýär. Bu işleriň netijesinde ýagtylygyň gönüçyzykly ýaýraýşy we serpikmesi açyldy, ýönekeý optiki abzallaryň işleýişleri (tekiz, egri aýnalaryň, linzalaryň we ş.m.) düşündirildi.

Orta asyr alymlary, umuman, antik döwrüniň işlerini gaýtaladylar. Olar, aýratyn-da, arap alymy Abu-Ali-Ibn-Haýsam (Alhazen) döwülme kanunyny açmaklyga golaý geldiler. Diňe XVII asyrdan optika ösüşe eýe bolup başlady. Bu ýerde I. Kepleriň hyzmaty uludyr. Ol beýik astronom bolmak bilen çäklenmän, belli optikdi. Orta asyr alymlarynyň aýdan optiki pikirlerini umumylaşdyryp, ol häzirki zaman optikasynyň esasy, aýratyn-da optiki abzallary döretmekligiň nazaryýetiniň we amalyýetiniň (*Kepleriň turbasy*) esasy goýdy. Bu ugurda Keplere çenli Galileý hem işläpdi. Ýöne, olaryň ikisi hem ýagtylygyň döwülme kanunyny bilmeýärdiler.

Ýagtylygyň döwülme kanunyny 1621-nji ýylda golland matematigi Willebrod Snellius (1580-1626 ý.) döretdi, ýöne ol bu açyşyny çap etmändi.

R. Dekart özüniň «*Dioptrika*» kitabynda ikinji gezek ýagtylygyň döwülme kanunyny beýan etdi. Dekart bu kanuny bölekleriň bir gurşawdan beýleki gurşawa geçişini çaklaýan modeliniň esasynda düşündirdi. Şeýle hem, ol älemgoşaryň tebigatyny düşündirdi.

Galileýiň okuwçysy, matematik Bonawentura Kawalýeri (1598–1647 ý.) ilkinji gezek *linzanyň formulasyny* hödürledi. Ýöne bu formula döwülme görkezijisi  $n = 1,5$  bolan materialdan ýasalan linzalar üçin dogrudy. 1693-nji ýylda Edmund Galleý tarapyndan *linzanyň formulasy* alyndy.

XVII asyrdan optikanyň ösmekliginde aýratyn hyzmatlar H. Gýuýgense degişlidir. 1690-njy ýylda onuň fransuz diline terjime edilen «*Ýagtylyk barada traktata*» kitaby çykdy (bu kitap öň latyn dilinde çap edilipdi). Bu kitapda *Gýuýgensiniň prinsipi* diýlip atlandyrylan, *ýagtylyk tolkunlarynyň ýaýrama prinsipi* beýan edildi. Onuň prinsipine görä, *tolkun fronty ikilenji elementar tolkunlaryň kömegi bilen gurulýar*.

Bu prinsipiň kömegi bilen ýagtylygyň döwülme we serpikme kanunlary getirip çykaryldy we şöhläniň ikileýin döwülme nazaryýeti ösdürildi. *Gýuýgensiniň prinsipi*niň esasynda ýagtylyk tolkunlarynyň ýaýramak tizligi kristalyň dürli ugurlary



boýunça dürlüdir diýen garaýyş ýatyr. Bu netije alymyň ajaýyp üstünligidir. Gýuýgens fizikleriniň arasynda ilkinji bolup, *ýagtylygyň polýarizasiýasyny* hem kesgitledi.

Ilkibaşda Gýuýgensiniň nazaryýetini şol döwrüň alymlary goldamadylar.

Sebäbi *Gýuýgensiniň prinsipi* bilen ýagtylygyň gönüçyzykly ýaýraýşyny subut edip bolmaýardy. Emma muňa garamazdan käbir belli alymlar (Eýler, Lomonosow) *Gýuýgensiniň prinsipini* goldadylar. Şeýle hem, Gýuýgens öz işinde difraksiýany we reňkleriniň nazaryýetini düşündirmeýärdi. Ol diňe ýagtylygyň döwürleşmesini we serpikmesini (şol sanda ikileýin döwürleşmesini) derňeýärdi. Kitabyň şeýle gurluşy Gýuýgensiniň döwürdeşlerinde «*hödürleşýän nazaryýetiň mümkinçiligi çäkli*» diýen garaýyşlary döretdi. *Gýuýgensiniň prinsipiniň* mümkinçiliginiň uludygyny Frenel subut etdi. Diňe XIX asyrdan Ogyýusten Frenel ikilenji tolkunlaryň *kogerentligi* baradaky düşüňjani girizenenden soň *Gýuýgensiniň prinsipini* kabul etdiler. *Gýuýgensiniň - Freneliň prinsipi* häzirki döwürde radiofizikada we beýleki amaly ylmlarda ulanylýar (Freneliň işleri barada 11.2-nji baba seret).

Beýik alym Nýuton optika uly goşant goşdy. Biz onuň ýagtylygyň difraksiýasy, teleskop-reflektor we beýleki işlerini bilýäris. Nýuton ýagtylygyň tebigaty baradaky (tolkun ýa-da korpuskulýar) jedelleriň merkezinde boldy. Şol döwrüň alymlarynyň köpüsi ýagtylygyň tolkun nazaryýetiniň tarapdarlarydy. Nýuton ozüniň öňden görüjiligi bilen olardan tapawutlanýardy. Bilşimiz ýaly, Nýuton *korpuskulýar-tolkun dualizminiň* tarapdarydy. Bu bolsa şol döwrüň garaýyşlaryndan has öňe gitmekligi aňladýardy.

Gýuýgensiniň tolkun optikasy bilen Nýutonyň optikasy (esasan, korpuskulýar) biri-birlerinden tapawutlanýan hem bolsalar, olaryň bir umumylygy bardy. Olaryň ikisi hem optiki hadysalary mehaniki nukdaý nazarynda düşündirýärdiler. Iki alym hem ýagtylyk hadysalaryny mehaniki hadysalara getirjek bolýardylar. Emma Nýutondan soňky fizika kem-kemden mehanikadan çykyp başlady. Bu köp babatda optika degişli işlere degişlidir.

XVIII asyryň alym-fizikleri *ýagtylygyň korpuskulýar «maddalaşan»* tebigatyny ykrar etdiler. Şol döwürde ýagtylygyň häsiýetleriniň mukdar ölçegleri uly ähmiýete eýe bolup başlady. Fotometriýany fransuz alymy Pýer Buger (1698–1758 ý.) we nemes alymy Iogann Genrih Lambert (1728–1777 ý.) esaslandyrdylar. P.Bugeriň optika degişli işleri 1729-njy ýylda «*Ýagtylygyň gradasiýasy barada tejribe*» we 1760-njy ýylda (ol aradan çykandan soň) çap edilen «*Ýagtylygyň gradasiýasy barada optiki traktata*» kitabynda getirildi. P.Buger häzirki wagtda hem ulanylýan *fotometriki birlikleri* (*ýitilik, ýagtylyk güýji, ýagtylandyryş we ş.m.*) girizdi. Buger dürli çeşmeler tarapyndan döredilýän ýagtylanmanyň deňlemelerine esaslanan ýönekeý *fotometri* döretti. Ol şeýle abzallarda işlemek usulyny döretti we köpsanly amaly fotometrik ölçegleri geçirdi. Şeýle hem häzirki wagtda bu alymlaryň optika ylmynda goşan goşantlaryny *Bugeriň - Lambertiň kanuny* görnüşinde hem bilýäris: *Ýagtylyk akymynyň intensiwligi ýuwudýan gatlagyň*

*galyňlygyna baglylykda eksponensial kanun boýunça kemelýär, ýagny  $I = I_0 e^{-\mu d}$ , bu ýerde  $I_0$  – tekiz ýagtylyk tolkunynyň ýuwudylmazdan öňki intensiwligi;  $I$  – ýagtylygyň  $d$  galyňlykly maddadan geçenden soňky intensiwligi;  $\mu = \frac{1}{d} \ln \frac{I_0}{I}$  – ýagtylygyň çyzykly ýuwutma koeffisiýenti.*

I.G.Lambert «*Fotometriýa*» kitabynda (1760 ý.) köp fotometrik düşüňjeleri takyklady we ýokarky kanunyna çeşmäniň ýagtylandyryşynyň ýagtylygyň goýberilýän burçuna baglylygy baradaky kanuny hem goşdy.

XVIII asyryň optikasy barada aýdylanda 1725-nji ýylda Jeýms Bradleýiň *ýagtylygyň abberasiýasyny (şekiliň ýoýulmasyny)* açandygyny ýatlamam geçmek bolmaz. Bu açyş ýagtylygyň tizligini ölçemekligiň täze usullarynyň döremekligine mümkinçilik berdi we şeýle hem, hereket edýän gurşawlaryň optikasynyň ösmekliginde uly ähmiýete eýe boldy.

## 11.2. XIX asyrdaky optikanyň ösüşi

XVIII asyryň derňewleri XIX asyrdaky optikanyň ösüşiniň has-da pajarlap ösmegine getirdi. Bu ösüşler ilkinji nobatda T.Ýunguň we O.J. Freneliň atlary bilen baglanyşyklydyr. Bularyň döredijiligi netijesinde ýagtylygyň tolkun nazaryýeti uly ösüşlere eýe boldy.

**Tomas Ýung (1773–1829 ý.)** – köp taraply iňlis alymy (77-nji surat): fizik (ýagtylygyň tolkun nazaryýetini döredijileriň biri, mehaniki energiýa düşüňjesini we maýyşgaklyk moduly baradaky garaýşy girizdi), mehanik, botanik, astronom, filolog, geofizik, gämi gurujy, lukman (astigmatizm hadysasyny beýan etdi), gündogary öwreniji («hindiýewropa dilleri» düşüňjesini girizdi), gadymy müsür iýeroglifikasynyň şriftini açyýy. T. Ýung iki ýaşynda okamagy öwrenýär, dokuz ýaşynda latyn we grek dillerini bilipdir, on dört ýaşynda on sany we jemi on üç sany dili bilipdir! Uniwersitetde T. Ýung lukmançylygy öwrenipdir. Talyp döwründe onuň fiziologiki optika boýunça, ýagny gözüň akkomodasiýasy baradaky nazaryýeti çap edilýär.

T. Ýung ylmyň dürli ugurlary boýunça belli britan ensiklopediýasy üçin ellä golaý makala ýazypdyr. T. Ýung şol döwürde belli bolan ähli saz gurallarynda saz çalyşyp bilipdir, haýwanlary gowy tanapdyr, hat-da, sirk artisti – çapyksuwar we ýüpde ýörelýän hem bolupdyr. Dünýägarayşynyň giňligi we ylma goşan düýpli goşandy üçin biografiýaýy Endrýu Robinson T.Ýungy «*Ähli zady bilýän soňky adam*» diýip häsiýetlendiripdir.



77-nji surat. Tomas Ýung

*T. Ýunguň döreden tolkun nazaryýeti* birnäçe çaklamalara esaslanýar:

*Birinji çaklama:* maýyşgak we seýreklenen ýagtylyk efiri bütün Älemi dolurýar; *Ikinji çaklama:* jisim ýagtylanyp başlanda, efirde tolkun görnüşli hereketler oýandyrylýarlar; *Üçünji çaklama* efirde yrgyldylaryň ýygylgy bilen bagly bolan dürli reňkleri duýmaklygy kesgitleýär. Bu çaklamalary jemläp T.Ýung şeýle

kesgitlemäni aýtdy: «Şöhlelenýän ýagtylyk ýagtylyk äkidiji efiriň tolkun şekilli hereketlerinden ybaratdyr».

T. Ýunguň açan fiziki açyşlarynyň içinde has möhümi, onuň 1800-nji ýylda açan tolkunlaryň *superpozisiýa prinsipidir*: «Dürli çeşmeler tarapyndan doredilýän efiriň yrgyldylary, efirde biri-birine bagly bolmazdan ýaýraýarlar». Ol bu principiň esasynda ýagtylygyň interferensiýa hadysasyny düşündirdi. «*Interferensiýa*» adalgany hem T. Ýung girizdi.

Superpozisiýa prinsipiniň açylmaklygy T. Ýunga 1801-nji ýylda interferensiýa prinsipini döretmeklige mümkinçilik berdi. *Interferensiýa prinsipini T. Ýung şeýle beýan etdi*: «Niredede şol bir ýagtylygyň iki bölegi dürli ugurlar boýunça, ýollarynyň tapawudy «*käbir uzynlygyň*» bitin sanyna kratnyý bolup göze düşýän bolsalar, şol ýerde ýagtylyk güýçlenýär we interferirlenýän bölekleriň aralyk ýagdaýlarynda has-da gowşaýar. Dürli reňkli ýagtylyk üçin bu «uzynlyk» dürlüdür».

Bu prinsip T. Ýung tarapyndan tejribede tassyklandy. Görünýän irterferensiýon zolaklaryň inini ölçäp T. Ýung öz kanunyndaky şol «*käbir uzynlygy*» kesgitlep bildi. Bu fizikanyň taryhynda ilkinji gezek ýagtylygyň ölçenen *tolkun uzynlygy* boldy. Tolkun uzynlygynyň dörtten bir bölegini Nýuton hem ölçäpdi, emma ol tolkun uzynlygy diýlen düşüňjani ulanmandy. T. Ýung bolsa tejribelerinde ýagtylygyň tolkun uzynlygyny düşüňip kesgitledi we *spektrometriýanyň* esasyны goýdy. T. Ýung *Nýutonyň halkalaryny*, Nýutondan hem gowy derňedi we ultramelewşe şöhleleriň spektroskopiýasyny öwrendi.

T. Ýunguň nazary garaýyşlaryny onuň döwürdeşleri goldamadylar. E. Malýusyň açyşyndan soň Ýungy tankytlamak, has-da, güýjedi.



78-nji surat. Etýen Lui Malýus

**Fransuz alymy Etýen Lui Malýus (1775–1812 ý.)** mekdebi gutaran badyna harby gulluga, gämi portlarynyň gurluşyk işlerine çagyrylýar (78-nji surat). Inženerçilik talanty ony Politehniki mekdebe getirýär. Bu mekdebi ol 1796-njy ýylda tamamlap we soňra ýene-de harby gullukda bolýar. Napoleonyň Müsüre bolan harby ýörişlerine gatnaşýar. 1810-njy ýylda ol akademiklige saýlanýar. 1812-nji ýylyň başynda inçeselden aradan çykýar.

1808-nji ýylda Malýus ýagtylygyň käbir kesgitli düşme burçlarynda, ikileýin döwýän kristalda (island şpatynyda) görünýän şekilleriň biriniň ýityändigini gördi. Şeýlelikde, Malýus ýagtylyk şöhlesinde, bölekleriň polýarizasiýa häsiýetlerine meňzeşlikde, *assimetriýany* açdy.

Nýutonyň korpuskullaryň polýarizasiýa häsiýetleri baradaky pikirini goldap, Malýus optika «*ýagtylygyň polýarizasiýasy*» diýen adalgany girizdi. *Malýus serpikdirýän üste käbir burç bilen düşende ýagtylygyň polýarlanýandygyny kesgitledi*. 1815-nji ýylda şotland fizigi Dewid Brýuster (1781–1868 ý.) bu doly polýarlan-

ma burçuny, häzirki wagtda onuň adyny göterýän, *Brýusteriň kanuny* diýlip atlandyrylýan kanun boýunça kesgitledi, ýagny *düşme burçunyň tangensi, serpikmäniň bolup geçýän gurşawynyň otnositel döwürme görkezijisine deň bolanda serpigýän şöhle doly polýarlanan bolýar*:

$$tgi = n,$$

bu ýerde  $n$  – ýagtylygy serpiýan maddanyň otnositel döwürme görkezijisi;  $i$  - Brýusteriň burçy.

Ýagtylyk *Brýusteriň burçy* bilen düşende serpigýän we döwürlýän şöhleler göni burç emele getirýärler. Brýusteriň kanuny diňe dielektriklerden serpigýän şöhleler üçin dogrudyr, metallardan serpigýän şöhleler üçin ulanarly dälir.

Ýagtylygyň polýarizasiýasyna degişli açyşlar dowam etdi: 1810-njy ýylda Malýus polýarlanan şöhläniň analizatordan geçende intensiwliginiň üýtgemek kanunyny açdy: *Analizatordan geçýän ýagtylygyň intensiwligi analizatoryň we polýarizatoryň baş kesikleriniň arasyndaky  $\varphi$  burçuň kosinusynyň kwadratyna proporsionaldyr, ýagny  $I = I_0 \cos^2 \varphi$* . Häzirki wagtda bu kanuna *Malýusyň kanuny* diýilýär.

D.F.Arago (1786–1853 ý.) 1811-nji ýylda birokly kristallarda ýagtylygyň *hromatiki polýarizasiýasyny* we kwarsda *polýarizasiýa tekizliginiň aýlanmasyny* açdy. J.B.Bio (1774–1862 ý.) hem birokly kristallarda hromatiki polýarizasiýany we 1815-nji ýylda polýarizasiýa tekizliginiň aýlanmasyny açdy.

Bu derňewler ýagtylygyň korpuskulýar nazaryýetiniň tarapdarlaryny höweslendirdi. P.S.Laplas birokly kristallarda *ýagtylygyň ikileýin döwürme nazaryýetini* döretdi. Bu nazaryýetiň esasynda kristalyň molekulalarynyň ýagtylyk korpuskullary bilen özara täsiriniň hasaplary ýatyrdy. Bio bu nazaryýeti ikiokly kristallar üçin hem umumlaşdyrdy.

Optikada edilýän açyşlar köpeldi. Bu dürli hadysalary düşündirip biläýjek bütewi nazaryýeti döretmeklik zerurlygy döredi. Şeýle nazaryýet duýdansyz döredi. Duýdansyz diýilmeginiň sebäbi, Malýusyň we onuň egindeşleriniň eden açyşlaryndan soň nädogry diýlip hasap edilen tolkun nazaryýetiniň dikeldilmegidi. Bu bütewi nazaryýeti normandiýaly inžener O.Ž. Frenel döretdi.

**Ogýusten Žan Frenel (1785–1827 ý.)** – fransuz fizigi (79-njy surat), ýagtylygyň tolkun nazaryýetini döredijileriň biri. Ol Normandiýada binagäriň maşgalasynda doguldy Saglygynyň gowşaklygyna garamazdan, ol 16 ýaşynda Politehniki mekdebe okuwa girýär. Ol fizika, filosofiýa, teologiýa, himiýa we tehnika bilen gyzyklanypdyr. 1823-nji ýylda ol akademiklige saýlandy. Doly däl 9 ýylyň dowamynda ol ýagtylyk baradaky ylymda doly öwrülişik etdi.



79-njy surat. Ogýusten Žan Frenel

Freneliň optikada eden işleri Nýutonyň mehanikada, Makswelliň elektrodinamikada eden işleri ýaly uly ähmiýete eýedir. Freneliň ylmy işlerine häzirki zaman fizikasy nukdaý nazaryndan seredip derňäliň.

Frenel özüniň işiniň birinji böleginde (1815 ý.) ýagtylygyň korpuskulýar tebigatyny düşündirmäge synanyşýan Nýutony hem tankytlaýar. Frenel öz işinde: «*Ýagtylyk hadysalaryny düşündirmek üçin Nýutonyň nazaryýetinden yrgyldylar nazaryýeti has-da amatlydyr*» diýip belleýär.

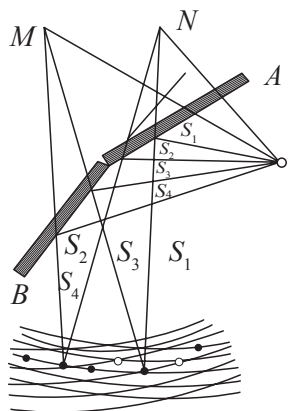
Ýagtylygyň tolkun nazaryýetini goldaýan hem bolsa, Frenel ony edil korpuskulýar nazaryýetini derňeýşi ýaly, çuň we ählitaraplaýyn derňeýär. Tolkun nazaryýetiniň in gowşak yeri hökmünde Frenel bu nazaryýetiň, ýagtylygyň gönüçyzykly ýaýraýşyny düşündirip bilmeýänliginde, diýip hasaplaýardy.

Muny düşündirmek üçin Frenel örän ussatlyk bilen ýerine ýetirilen difraksiýa barlaglaryny geçirmek gerek boldy. Bu tejribelerde ol tolkunlaryň superpozisiýa we interferensiýa prinsipleriniň çäklerinde düşündirip bolýan optiki hadysalara gözegçilik etdi. Bu tejribeleriň netijesinde Frenel difraksiýa tejribesindeki interferensiýa meýdanynyň suratyny çekmegi başardy we interferensiýa prinsipleriniň kömegi bilen diňe bir difraksiýa hadysalaryny düşündirmän, ýagtylygyň serpinkme we döwürleme kanunlaryny hem düşündirmekligi başardy. Ol serpinkme we döwürleme kanunlaryny kanagatlandyryan ugurlardan başga ähli ugurlarda ýagtylyk tolkunlary biri-birini söndürýärler diýip tassyklady.

1816-njy ýylda ýazan işiniň ikinji böleginde Frenel *Nýutonyň halkalary* bilen geçirilen tejribäni tolkun nukdaý nazarynda düşündirýär. Bu ýerde ol tekiz parallel plastinkalarda interferension şöhleleriň ýollarynyň tapawudy üçin formulany hem hödürleýär:

$$d = 2x \cos i,$$

bu ýerde  $x$  – plastinanyň galyňlygy,  $i$  – döwürleme burçy. Bu işde *Freneliň aýnalary* diýlip atlandyrylýan nusgawy tejribe hem beýan edildi (80-nji surat).



80-nji surat. Freneliň aýnalary

Fizikanyň taryhy üçin Freneliň şol işiniň gyzykly taprynyň biri, ol şol döwürde Gýuýgensiniň ýatdan çykarylan prinsipine alymlaryň ünsüni çekýär. Frenel bu işinde *Gýuýgensiniň prinsipini* ikilenji çeşmeleriň şöhleleriniň interferensiýa ideýasy bilen üstüni ýetirýär. Şunlukda, Frenel bu prinsipi geometrik prinsipden fiziki principe öwürdi.

Netijede, optika köpsanly meseleleri çözmek üçin örän kuwwatly gurala eýe boldy. Bu usulyň ähmiýeti wagtyň geçmegi bilen kemelmeýär-de, diňe artýar. Bu usul XX asyrdaky mikrotolkun antennalarynyň, radiofiziki, optiki gurallaryň we hatda *Wawilow-Çerenkow hadysalarynyň*



hasaplamalary üçin hem esasy usul boldy. Freneliň özi hem täze prinsipi ulanyp, ilkinji hasaplamalary ýerine ýetirdi.

Öň belläp geçişimiz ýaly, Ýung interferensiýa prinsipini açypdy. Frenel onuň eden işlerini bilmän, özbaşdak bu prinsipi açdy. Soňra Arago oňa Ýunguň işleri barada habar berdi.

1816-njy ýylda Frenel: «*Diňe polýarizasiýa hadysasy tolkun nazaryýeti bilen düşündirilip bilinmedi. Ýagtylyk barada garaýyşlary üýtgetmek zerurdyr. Bu üýtgeşiklik ýagtylyk tolkunlarynyň kese tolkunlygydyr*» diýip belledi.

Ýagtylyk tolkunlarynyň keseligi baradaky pikir maýyşgak suwuklyklardaky yrgyldylaryň tebigaty baradaky bar bolan garaýyşlara ters gelýärdi. Özi ynansa hem Frenel bu pikiri aýtmaga gyssanmaýardy. 1817-nji ýylyň 12-nji ýanwarynda Ýung bu çaklamany ilkinji bolup aýtdy. Emma Frenel Arago bilen bilelikdäki öz çaklamasyny, *iki özara perpendikulýar ugurlarda polýarlanan ýagtylygyň interferensiýa hadysasyny ýüze çykarmaýandygyna* göz ýetirenden soň, aýtdy.

Freneliň pikirine görä: «*Tebigy ýagtylyk, bu tolkunlaryň dürli ugurlar boýunça polýarlanan ulgamlarynyň birleşmesidir ýa-da has takygy çalt yzygiderligidir*». Şunlukda, *polýarizasiýa, munuň özi kese hereketleriň iki özara perpedikulýar ugurlar boýunça dargamasydyr*. Bu pikiri şelýe bir «ynanarlykly däl»di, hatda Freneliň wepaly egindeşi Arago hem ony goldamady.

Freneliň nazarýyeti efir meselesini düýbünden başga äheňde goýdy: *Onuň ylaşmaýan häsiýetlerini nähili ylalaşdyrmaly? Näme üçin efiriň maýyşgaklygy onuň diňe süýşme deformasiýasynda ýüze çykýar, emma onuň gysylma we ýaýrama deformasiýalarynda ýüze çykmaýar? Näme üçin, özüniň häsiýeti boýunça gaty jisimiň häsiýetine meňzeş bolan efir, asman jisimleriniň hereketine garşylyk görkezmeýär?* Frenel bu soraglara jogap berip bilmedi. Emma efiriň ýokdugy, ýagtylyk tolkunlarynyň bolsa, bir wagtlar ýagtylyk tolkunlaryna meňzeş edilip alnan, howadaky akustik tolkunlaryna meňzeş dälidigi häzirki wagt ylymda bellidir.

Muňa garamazdan, ýagtylyk tolkunlarynyň keseligi baradaky pikiri we polýarlanan ýagtylyga interferensiýa prinsipini ulanyp O. Frenel beýleki köpsanly optiki hadysalary düşündirip bildi. Hususan-da, ol 1821-nji ýylda *tegelek we elliptik polýarizasiýa* düşüňjesini girizdi, polýarlanan tolkunlary derňemekligiň usullaryny (meselem, *Freneliň parallelepiped*) hödürledi.

1823-nji ýylda Frenel *ýagtylygyň serpişme formulalaryny (Freneliň formulalary)* esaslandyrdy. Häzirki wagtda bu formulalar passiw we aktiw distansion zondirlemegiň kömegi bilen Ýer we dünýä ummanynyň üstlerini distansion usul bilen öwrenmekde uly ähmiýete eýedir.

Frenel *kristalloptikada* hem uly işleri etdi. Gýuýgensiniň bu ugur boýunça pikirlerini ulanyp we kämilleşdirip, Frenel ajaýyp gurluşy – *kristalyň ellipsoid maýyşgaklygy* atly gurluşy girizdi. Onuň kömegi bilen anizotrop kristallik gurşawda ýagtylyk tolkunlarynyň ýaýraýyş tizlikleriniň üýtgeýşini hasaplap bolýar.

Freneliň pikirlerini ösdürip, 1832-nji ýylda Gamilton ikiokly kristallarda inçe effektiň – *koniki refraksiýanyň* bardygy barada netijä geldi. *Koniki refraksiýany* 1832-nji ýylda irländ fizigi Hemfri Lloýd (1800–1881 ý.) ýüze çykardy. Bu bolsa ýagtylygyň tolkun nazaryýetiniň örän uly üstünligi boldy. Soňra fransuz matematigi Ogýusten Koşi (1789–1857 ý.) ýagtylygyň dispersiýa hadysasyny tolkun nazaryýeti bilen düşündirip bolýandygyny açdy.

Örän gysga wagtyň içinde Frenel tarapyndan çözülen meseleleriň geriminiň ululygy hemmelerde oňa bolan hormaty artdyrdy. Ýokarda aýdylanlaryň üstüne onuň Ýeriň hereketiniň optiki hadysalara täsiri baradaky pikiri geljekde uly ähmiýete eýe boldy we relýatiwistik hadysalara bolan gyzyklanmany dörettdi. Şeýle hem ol, ajaýyp inženerdi. Frenel tarapyndan ýörite basgançakly linzanyň esasynda, maýaklar üçin gurnalan optiki ulgam ony ýene-de bir gezek бүтін dünýä meşhur etdi.



81-nji surat.  
Ýosef Fraungofer

XIX asyryň alym-optikleriniň biri **Ýosef Fraungofer (1787–1826 ý.)** Germaniýada garyp aýna ýasaýjynyň maşgalasynda doguldy (81-nji surat). 14 ýaşyna çenli Fraungofer düýbünden sowatsyzdy. Onuň maşgalasy ähli ýaşajylary heläk bolan, ýykylan jaýyň aşagynda galýar we ol 12 ýaşynda ýetim galýar. Bu heläkçiligiň şaýady bankir Utssneýder çaga howandarlyk edýär. Utssneýderiň kömegi bilen Fraungofer ökde hünärmen-optik bolup ýetişýär. 1806-njy ýylda ol Utssneýderiň kärhanasyna degişli bolan Optika-mehaniki instituta okuwa girýär.

Ussatlygy, talanty we zähmetsöýerligi Fraungoferi gulluk wezipesi boýunça çalt ösmekligine we täjirçilikde üstünlik gazanmagyna getirdi. 1811-nji ýylda ol бүтін bawar optiki senagatyň ýolbaşçysy bolýar, olaryň döreden «*Utssneýder we Fraungofer*» kärhanasy dünýäde iň gowy optiki gurallary öndürýän kärhanalaryň biri bolýar. Şelelikde, ol sowatsyz ýetimlikden professorlyga we akademiklige, dünýä belli kärhananyň eýesi derejelerine ýetmegi başardy.

I. Fraungofer optikada iki sany esasy açyş etdi. *Birinji açyşy*, «*fraungofer çyzyklarydyr*» – Gün şöhleleriniň Günüň atmosferasynda ýuwudylmagy netijesinde döreýän, Güniň spektrindäki garaňky zolaklar. Bu çyzyklary ilkinji gezek Uilýam Haýd Wollaston (1766–1828 ý.) 1802-nji ýylda görüpdi. Emma ol olaryň tebigatyna düşünmedi we doly derňemedi. Diňe Fraungofer 1814–1815-nji ýyllarda bu hadysany içgin öwrendi we ony 1817-nji ýylda beýan etdi. *Ikinji açyşy*, Fraungoferiň *difraksiýa gözenegini* döredenligidir. 1785-nji ýylda difraksiýa gözeneginiň prinsipi amerikaly Dewid Rittenhausen tarapyndan aýdylan hem bolsa, diňe Fraungofer difraksiýa gözenegini ýasady we ony durmuşa ornaşdyrdy. Bu edilen iş spektroskopıýanyň ösmeginde Nýutondan soň möhüm ädim boldy. Fraungofer aradan çykandan 9 ýyldan soň Magnus Şwerdiň (1792–1871 ý.) monografiýasynda difraksiýa gözeneginiň doly nazaryýetiniň getirilendigini bellemek gerek.

**Arman Ippolit Lui Fizo (1819–1896 ý.)** (82-nji surat) – fransuz fizigi, Pariž ylmlar Akademiýasynyň agzasy (1860 ý.). Ol Parižde eneden doguldy.



82-nji surat. Arman Ippolit Lui Fizo

Optikanyň taryhyny öwrenip ýagtylygyň tizligini ölçemek baradaky meselä seretmezlik mümkin däl. XIX asyryň ortalarynda bu mesele bir wagtyň özünde Arman Ippolit Lui Fizo (82-nji surat) we Žan Bernar Leon Fuko (83-nji surat) tarapyndan çözüldi (16.1-nji baba seret). Fizonyň we Fukonyň ölçeg desgalary gurluş prinsipleri boýunça meňzeş bolup, biri-birinden tapawutlanýarlar. Olaryň tejribeleri ýagtylyk şöhlesiniň kesilmegine we ýagtylyk tolkunlarynyň *sugunyň* kesgitli aralygy geçendäki wagtyňy ölçemeklige esaslandy. Fizo 1849-njy ýylda geçiren tejribesinde, ýagtylygyň howadaky tizligi üçin  $313\,300 \pm 500 \text{ km/s}$  bahany aldy. Fuko ýagtylygyň tizligini howada we suwda deňeşdirmäge mümkinçilik berýän desgany dörettdi. 1850-nji ýylda geçirilen gözegçilikler ýagtylygyň suwda, howadaky bilen deňeşdirilende, haýal ýaýraýandygyny görkezdi. XIX asyryň ortalarynda bu netije tolkun nazaryýetiniň peýdasyna bolan aýgytlaýjy netijedi. Şondan soň ýagtylygyň korpuskulýar nazaryýetden ýüz öwürdiler. Ýagtylygyň korpuskulýar nazaryýeti ýarym asyrdan soň, täze, nusgawy däl fizika döränden soň, aýaga galdy. Nusgawy optika bolsa tolkun nazaryýetiniň ajaýyp ýeňşi bilen tamamlandy.



83-nji surat. Žan Bernar Leon Fuko

**Žan Bernar Leon Fuko (1819–1868 ý.)** (83-nji surat) – fransuz fizigi, mehanigi we astronomy. Ol Parižde eneden doguldy. Pariž Ylmlar akademiýasynyň agzasy (1865 ý.), Berlin Ylmlar akademiýasynyň agzasy, Peterburg Ylmlar akademiýasynyň habarçy-agzasy (1860 ý.), Londonyň Korollyk jemgyýetiniň daşary ýurtly agzasy (1864 ý.) boldy.

### 11.3. XX asyrdaky optikanyň ösüşi

Indi, optikanyň XX asyrdaky gazanan üstünliklerine seredeliň. Bu üstünlikler ilki bilen optiki gurallaryň nazaryýetine we olary amalyýetde, şeýle hem optiki usullaryň elektromagnit tolkunlaryň goňşy çäklerinde (*diapazonlarynda*) ulanyşyna degişlidir.

XX asyrdaky optikler we inženerler tarapyndan öň görülmedik teleskoplar döredildi. Ýagny teleskoplaryň çözüjiliginin artmagynyň esasy şerti bolup olaryň *aperturasynyň* (ýagtylygyň ýygnaýjylygynyň) artmagydyr, uly diametrli aýnalaryň

döredilmegidir. Şeýle teleskoplaryň biri, Kawkaz dagynyň eteginde oturdylan, aýnasynyň diametri  $6\text{ m}$  bolan Russiýanyň *BTA* teleskopydyr.

XX asyryň optikasynyň düýpli meselesi bolup ylmyň bu pudagyndaky çyzykly däl hadysalary nazary taýdan öwrenmeklikdir. XX asyryň ikinji ýarymynda dörän *çyzykly däl optikanyň* döremeginde rus alymlary Rem Wiktorowiç Hohlow (1926–1977 ý.) we Sergeý Aleksandrowiç Ahmanow (1929–1991 ý.) uly işler bitirdiler.



84-nji surat. Sergeý Iwanow iç Wawilow

**Sergeý Iwanow iç Wawilow (1891–1951 ý.)** – öňki sowet fizigi. Ol Moskwa şäherinde doguldy (84-nji surat). Öňki SSSR-de fiziki optikanyň ylmy mekdebiniň esasy goýdy, SSSR Ylymlar akademiýasynyň hakyky agzasy (1932 ý.) we prezidenti (1945–1951 ý.).

*Çyzykly däl optikanyň esasy* Sergeý Iwanow iç Wawilow goýdy. Ol çyzykly däl hadysalaryň sebäbini ýagtylygy ýuwutmaga ukyply molekulalaryň ýa-da atomlaryň sanynyň üýtgemegi, ýagny atomlaryň we molekulalaryň oýandyrylan hallara geçmekligi we olaryň bu hallarda bolmaklary netijesinde ýüze çykyan üýtgeşmeleri bilen düşündirdi.

Çyzykly däl optiki hadysalary giňişleýin öwrenmeklik *lazerler* döredilenden soň, has-da, ýaýbaňlandy. 1961-nji ýylda amerikan fizigi Piter Franken (1928–1999 ý.) işgärleri bilen bilelikde kristallarda ýagtylygyň ýygylgynyň 2 *esse artma effektini* – ýagtylygyň *ikinci garmonikasynyň generirlenmegini* açdy. 1962-nji ýylda *üçeldilen ýygylk* – ýagtylygyň *üçünji garmonikasynyň generasiýasy* açyldy. 1961–1963-nji ýyllarda öňki SSSR-de we ABŞ-da çyzykly däl optikanyň esasy goýan, çyzykly däl optiki hadysalaryň nazaryýetine degişli düýpli netijeler alyndy.

1965-nji ýylda *öz-özünden fokusirlenmek hadysasy* açyldy: gursawda ýaýraýan kuwwatly ýagtylyk akymy, köp ýagdaýlarda, adatça bolşy ýaly difraksiýa ýaýramaklygyna sezewar bolman, eýsem, tersine, öz-özünden gysylýar. Şol ýyl, çyzykly däl optiki hadysalary kogerent optiki şöhlelenmäni generirlemek üçin ulanyan *ýagtylygyň parametrik generatorlary* döredildi.

Häzirki wagtda çyzykly däl optikanyň usullary optikanyň beýleki bölümlerine hem aralaşýar we onuň täze ugurlarynyň döremekligine getirdi (polýarizasiýa tekizliginiň çyzykly däl aýlanmasy; çyzykly däl pytrama; çyzykly däl difraksiýa; çyzykly däl magnitooptika we ş.m.).

## **12-nji bab. IDEAL GAZYŇ MOLEKULÝAR-KINETIK NAZARYÝETINIŇ DÖREMEGI**

### **12.1. Ýylylyk hadysalarynda atomizm garaýşy. Teplorod düşünjesi. M.W.Lomonosow we onuň ýylylyk nazaryýetine goşan goşandy**

Ýylylyk hadysalaryny beýan edýän molekulýar-kinetik nazaryýetiň taryhy gadymyýetden gaýdýar. Bilşimiz ýaly, maddanyň atom düzümi baradaky ilkinji düşüňjeler antik alymlary Demokritiň-Epikuryň ylmy garaýyşlarynda aýdylypdy. Fizikanyň ösüşiniň бүтін dowamynda atomizm düşüňjesi öz ähmiýetini ýitirmedi.

XV asyrdaky tapylan Lukresiý Karyň «*Zatlaryň tebigaty*» barada poemasy durşuna atomistik ideýa ýugrulandy. Tebigaty öwrenijileriň arasynda örän meşhur bolan bu kitap atomizmiň hemmeler tarapyndan ykrar edilen taglymat bolmagyna ýardam etdi. Şunlukda, diskretlik tebigatyň uniwersal häsiýeti hasap edildi.

Atomizmi wagyz etmekde fransuz filosofy we alymy Pýer Gassendi (1592–1655 ý.) köp işleri etdi. Ol Dina uniwersitetinde teologiyadan, Ekse uniwersitetinde filosofiyadan we Pariž uniwersitetinde matematikadan professor wezipelerinde işledi. P. Gassendiniň fizika degişli barlaglary atomistika, ýylylyga, optika, akustika degişlidir. Ol ýagtylygyň korpuskulýar nazaryýetini esaslandyryjylaryň biridir. Epikuryň atomizm baradaky antik garaýyşlaryny wagyz ediji hökmünde P. Gassendi ähli zatlar atomlardan ybaratdyr, bu atomlar hereket etmäge tebigy ymtylyşa eýedirler diýip hasaplapdyr. Şeýle hem oňa görä, tebigatda atomlar hereket eder ýaly giňişlik bardyr. Giňişlik tükeniksizdir, gaýtadan döredilmeýär we ýok bolmaýar diýipdir. Teologiyanyň professorynyň şeýle garaýyşlara eýe bolanlygy örän geň zat!

*Ýylylyk hereketiň görnüşidir* diýlen ideýa fizikada ir wagtlardan bäri duş gelinýär. XVII asyrdaky Frensis Bekon özüniň «*Täze organon*» («*Täze usul*») işinde şeýle ýazýar: «*Ýylylyk kiçi böleklerde kynlyk bilen bolup geçýän hereketiň ýaýramagydyr*». R. Dekart hem edil şeýle pikirde bolupdyr. R. Guk, H. Gýuýgens we I. Nýuton hem atomizmiň tarapdary bolupdyrlar. Ýylylyga bölejikleriň hereketleriniň görnüşi hökmünde seretmek baradaky çaklama olar tarapyndan kabul edilipdi. Emma bu garaýyşlar hil häsiýetlidi we XVII asyrdaky fizikasynyň az sanly tejribe materiallaryna daýanýardy.

Atomizm örän şowly däl aýratynlyga eýedi. Atomlarda aňsat ýüze çykarylýan fiziki häsiýetler ýokdy. Şoňa görä-de, atomizm nazaryýetiniň şol döwürdäki derejesinde bu nazaryýetiň kömegi bilen haýsy bolsa-da bir täze effekti önünden aýdyp bolmady. Himiýada bolsa atomizmiň şeýle häsiýetleri bardy. Şoňa görä-de, fizika bilen deňeşdirilende ol himiýada oňat ornaşdy.



XVII asyryň fizikasynda bolsa empirik (tejribe) usuly agdyklyk edýärdi. Şol döwürde jisimiň dürli häsiýetleri (ýylylyk, elektrik, magnit, ýagtylyk we ş.m.) jisim-de bar bolan dürli substansiýalar tarapyndan ýüze çykýarlar diýip düşünişdiler.

Ýylylyk nazaryýetinde *teplorod* düşüňjesi höküm sürýärdi. *Teplorod mukdary berlen jisimiň ýylylyk häsiýetlerini kesgitleýän, agramsyz ýylylyk suwuklygydyr*. Häzirki wagtda bu ýagdaýy hyýaly (fantastika) diýip hasaplaýarys, emma şol döwürde bu düşüňje alymlary doly kanagatlandyryýardy.

XVII asyrdaky ýylylyk baradaky ylymda dörän şeýle ýagdaýy nähili düşündirmek bolar? Onuň sebäbi, XVII asyrdaky elektrik, ýylylyk we beýleki hadysalar üçin ölçeg birlikleri tapylypdy. Bu hadysalary ölçäp bilýärdiler. Bu bolsa hyýaly agramsyz suwuklyklary adaty suwuklyklar bilen baglanyşdyrýardy. Munuň özi adaty suwuklyklaryň häsiýetlerini kesgilemek boýunça materiallary hyýaly (fantastik) suwuklyklaryň häsiýetlerini beýan etmeklige ulanmaga mümkinçilik berdi. Agramsyz suwuklyk (*teplorod*) konsepsiýasy takyk tejribäniň ösüşinde zerur döwür boldy. XVIII asyrdaky ýylylyk effektleri baradaky bilim ösdi we *teplorod* nazaryýeti atomistik garaýyşlardan has-da ileri tutuldy. Atomistik düşüňje alymlary kanagatlandyrmady. Ýöne, bu hemme alymlara degişli däl. Bu ýerde fizik-atomçy M.W. Lomonosow barada, onuň ýylylyk nazaryýetine we rus ylmyna goşan goşandy barada gürrüň etmek ýerlikli bolar.

**Mihail Wasilýewiç Lomonosow (1711–1765 ý.)** Russiýanyň Arhangelsk guberniýasynyň Holmogor şäheriniň golaýyndaky Denisowka obasynda, balykçy daýhan maşgalasynda 1711-nji ýylyň 20-nji noýabrynda eneden dogulýar (85-nji surat). Ol ýaşlygynda Meletiya Smotriskiniň «*Grammatika*» we Leontriya Magniskiniň «*Arifmetikasyny*» öwrenýär. 1731-nji ýylda ol şol döwrüň ýokary okuw mekdebine – Zaikonospasskiý dini akademiýa (Moskwa ş.) okuwa girýär. 1736-njy ýylda M.W. Lomonosow, Winogradow we Reýler daşary ýurda (Germaniýa) dag işlerini öwrenmek üçin ugradylýarlar. Lomonosow daşary ýurtta 5 ýyl bolýar. Ol 1741-nji ýylda Russiýa dolanyp gelýär. Şol wagtdan başlap ömrüniň soňky gününe çenli ol Russiýada ylmy ösdürmek üçin köp işleri etdi. Onuň ylma goşan şahsy goşandy ägirt uludyr.

M.W. Lomonosow 1745-nji ýylda Peterburg Ylymlar akademiýasynyň akademikligine saýlandy. Ol himýadan ilkinji rus professorydyr (1745 ý.), ilkinji rus himiki barlaghanany döredijidir (1748 ý.), dünýäde ilkinji fiziki himiýa kursunyň awtorydyr.



85-nji surat. Mihail Wasilýewiç Lomonosow

M.W. Lomonosow himiýanyň, himiki tehnologiýanyň, mineralogiýanyň, geologiýanyň, astronomiýanyň, geografiýanyň, metallurgiýanyň, tehnikanyň, dil biliminiň ösmekligine örän uly goşant goşdy. Lomonosow görnükli şahyr, goşgy düzmekligiň häzirki zaman rus ulgamyny esaslandyryjy, suratkeş, filosof, taryh-

çy, ykdysadyýetçi, döwlet işgäri. Russiýada reňkli aýnalary öndürýän fabrigi esaslandyrdy. Ol ylymda, edebiýatda we sungatda yz galdyran köptaraplaýyn alymdyr. 1741-nji ýylda Lomonosowyň «*Ritorika*» we «*Grammatika*» işleri we goşgulary çap edilýär. A.S. Puşkin M.W. Lomonosowyň ylymda we beýleki ugurlarda gazanan üstünliklerine ýokary baha berip, ony «*Ilkinji rus uniwersiteti*» diýip atlandyrdy.

Lomonosowyň ylmy döredijiliginiň esasy döwürlerine seredeliň. Bu döwürleri öwrenmeklik diňe bir Lomonosowyň işleri bilen tanyşman, eýsem, XVIII asyryň birinji ýarymynda ylmyň ýüze çykyan meseleleri bilen tanyşmaga mümkinçilik berýär.

1734-nji ýylda matematikanyň we filosofiýanyň talyby Lomonosow Peterburg Ylymlar akademiýasyna «*Korpuskularyň birleşmesinden ybarat bolan garyşyk jisimleriň tapawudy barada*» atly tema boýunça ýazan dissertasiýasyny hödürledi. Ol Marburgda «*Matematiki himiýanyň elementleri*» atly ýygynyň üstünde işleýär, ýöne bu iş ýazylyp gutarylmaýdy. Umuman, Lomonosowyň fizika we himiýa boýunça gutarylman galan işleri örän köp.

Lomonosowyň «*Ýagtylygyň gelip çykyşy barada söz*» işinde üç element: simap, duz we kükürt barada aýdylýar. Lomonosowyň döwründe diňe iki sany gaz: howa we kömürturşy gazy bellidi. Wodorod, kislorod we azot ol aradan çykandan soň açyldy. Bu şertlerde ýanmagyň dogry nazaryýetini döretmek mümkin däl. Emma ol şol döwrüň himiýa ylmyndaky ýetmezçiligi gördi we dogry çözgütleri tapdy.

Lomonosowa görä ylymda nazaryýet we amalyýet aýrylmaz baglanyşyklydyr. Onuň pikiriçe nazary himiýa mehanikanyň we matematikanyň kanunlaryna esaslanmalydyr. Häzirki zaman nazary himiýa kwant mehanikasyna esaslanýar. Oňa düşünmek üçin bolsa matematikany çuňňur bilmek gerek. Munuň özi Lomonosowyň maksatnamasynyň dogrulygyny tassyklaýar.

Lomonosow fizikada gazlaryň kinetiki we ýylylyk nazaryýetlerine, optika, elektrik, grawitasiýa hem-de atmosferanyň fizikasyna degişli ylmy işleri ýazdy.

Lomonosow ýylylygyň we gazlaryň kinetik nazaryýetini esaslandyryjylaryň biridir, materiýanyň we hereketiň saklanma kanunynyň awtorydyr. Ol atomistika we ýylylygyň kinetik nazaryýetine degişli işlerinde, öz döwründen öňe gidip, şol döwürde dogry hasaplanýan teplorod nazaryýetini kabul etmedi we «*ýylylyk bölejikleriň içki hereketleri bilen baglanyşyklydyr*» diýdi. Onuň çaklamasyna görä «*ýylylyk duýgusyz bölejikleriň hereketidir*», umuman, bu hereketiň görnüşi aýlanmaly (pyrlanýan), öňe bolan we yrgyldyly bolmaly. Häziki zaman fizikasynyň nukdaý nazaryna görä, ýylylyk bölejikleriň öňe bolan hereketi netijesinde döreýär. Lomonosow bolsa ýylylygy aýlanmaly (pyrlanýan) hereket bilen baglanyşdyrýar. Bu ýerden şeýle netije gelip çykýar:

- duýgusyz bölejikler (korpuskullar) şar görnüşli bolmaly;
- bölejikler näçe çalt pyrlansalar, ýylylyk, şonça-da, köp bolmaly;

- gyzgyn jisimlerde bölejikler, sowuk jisimler bilen deňeşdirilende, çalt pyrlanýarlar;
- gyzgyn jisimler sowuk jisimler bilen galtaşanlarynda sowaýarlar we tersine.

Lomonosowyň «ýylylyk geçirijiligi bolup geçýär» diýip bellemekligi örän uly many berýär we käbir alymlar Lomonosowy termodinamikanyň ikinji başlangyjyny açyjylaryň biri hasaplaýarlar. Emma bu beýle däl. Şeýle-de bolsa, Lomonosowyň «Ýylylygyň we sowugyň sebäpleri barada pikirlenmeler» (1750 ý.) işi geljekki ylym bolan termodinamikanyň ilkinji nusgalaryny özünde saklaýar. Meselem, Lomonosow sürtülmede döreyän ýylylygy düşündirdi. Köp ýyldan soň Joulyň geçiren nusgawy tejribeleri Lomonosowyň ideýasynyň dogrulygyny subut etdi.

Näme üçin, Lomonosow atomlaryň öňe bolan hereketini ýylylyk çeşmesi hökmünde seretmän, özüniň nazaryýetini gowşadýan, aýlanmaly (pyrlanýan) hereketi saýlap alypdyr? Bu Lomonosowyň ýakyndan täsir ideýasynyň tarapdary bolanlygy bilen baglanyşyklydyr. Ol gaty jisimde bölejikleriň ulgamyny we olaryň maýyşgaklygyny we giňelmesini başgaça düşündirip bilmeýärdi. Aýlanýan «būdūr-sūdūr» üstli atomlaryň bolmaklygy bu meseleleri olaryň momentleriniň özara täsiri bilen düşündirilmekligine getirýärdi. XVII asyrdan bolsa mehanika, bilşimiz ýaly, aýlanmaly hereketleri beýan etmekde uly ustünliklere eýe bolupdy. Şoňa görä-de ýylylyk hadysalaryny mehanikanyň kanunlary bilen düşündirmäge bolan synanyşyk ýöne ýere däl.

Termodinamikanyň ösüşinde Lomonosowyň döwürdeşleri onuň ýoly bilen gitmediler. Onuň pikiri öz döwründen öňe gidipdi. Öň belleýşimiz ýaly, ýylylyk baradaky ylymda teplotod nazaryýeti agalyk sürýärdi. Teplotod nazaryýeti nädogry hem bolsa, ol tebigatyň has düýpli kanunlarynyň birini *energiýanyň saklanma kanunynyň* açylmagyna ýardam etdi. Bu nazaryýete laýyklykda teplotod elmydama bardy, häzir hem bar we bolar: tebigatda onuň gutarnykly mukdary bar. Bu tassyklamadan energiýanyň saklanma kanunyna çenli diňe bir ädim bar.

Lomonosow bölejikleriň tizlikleriniň ýokary çägi ýok bolsa, onda temperaturanyň hem ýokary çägi ýok diýip hasaplaýar. Ol, şeýle hem, dünýä efriniň üsti bilen ýaýraýan ýylylyk şöhlelenmesi bar diýip hasaplaýar.

Lomonosow ilkinji gezek absolýut nol temperaturanyň bardygyny öňünden aýtdy, kinetik energiýanyň kömegi bilen *Boýluň kanunyny* düşündirdi.

Lomonosow *astronomiýa* degişli işleri hem etdi, Weneranyň atmosferasynyň bardygyny açdy. Ol dünýäniň geliosentrik ulgamynyň tarapdarydy. Ýagtylygyň tolkun nazaryýetini goldap, Lomonosow optiki abzallary döretmek boýunça köp işleri etdi. Ol ilkinji gezek elektrik we ýagtylyk hadysalarynyň baglanyşygy baradaky pikiri, Demirgazyk şapagynyň elektrik tebigaty barada aýtdy.

Lomonosow özünden soň örän köpsanly pikirleri galdyrdy. Bu pikirler alym aradan çykandan soň 100-150 ýylyň dowamynda amala aşyryldy. Meselem, Lomonosow gözegçiligiň netijesi boýunça depderinde «*elektriklenen terezi jamlary*

*demir plita dartylýarlar»* diýip galdyran ýazgylary boýunça şeýle netije çykarýar: *«Tereziler boýunça elektrik toguny ölçemek bolar»*. Bu pikir U.Tomson tarapyndan *absolýut elektrometrde* amala aşyryldy. Lomonosow elektrik bilen gyzyklananda şeýle bellik etdi: *«Ýagtylyk şöhesi elektriklenen aýnada we suwda başgaça döwölüp bilermi? diýen tejribe geçirmek gerek»*. Şeýle tejribe 1875-nji ýylda Kerr tarapyn-dan geçirildi we elektrik meýdanynda *şöhläniň ikileýin döwülmesi* açyldy.

Lomonosowyň täze pikirleri tötänleýin çaklamalar däl. Olar onuň yzygiderli ylmy materialistik dünýägaraýşynyň netijeleridir. Lomonosow köptaraply filosofdy. Ol organiki we organiki däl tebigatyň ähli hadysalaryny bir nukdaýnazardan düşündirýän, tebigatyň ägirt uly *korpuskulýar filosofiýasyny* ýazmaklygy arzuw etýärdi. Özüniň dünýägaraýşy boýunça ol nýutonians hem däl, kartezians hem däl. Lomonosow Dekart we Nýuton bilen deňeşdirilende, has yzygider materialistdi. Ol: *«Tebigat özüniň kanunlaryna ähli ýerde birmeňzeş berk ýapyşýar»* diýen pikirden ugur aldy.

Lomonosow özüniň derňewlerinde materiýanyň we hereketiň saklanma kanunyny giňden ulandy. Lomonosowa görä tebigat *«täsirde we ters täsirde ybaratdyr»*. Bu dialektikanyň ajaýyp nusgasydyr. Özüniň garaýyşlary bilen Lomonosow metafizikany ýeňmäge we ilkinji nobatda materiýany hereketden aýyrmaga synanyşdy. Ol hereket diýip diňe mehaniki herekete sereden hem bolsa, onuň *«jisimler hereketsiz öz aralarynda hem we garşylykly täsir hem edişip bilmezler; jisimleriň tebigaty hereketde ybaratdyr, netijede, jisimler hereket bilen kesgitleýärler»* diýen garaýyşlary Lomonosowyň bu soragda örän beýikde durandygyna şaýatlyk edýär.

## 12.2. Termometriýanyň ösüşi.

### Ýylylyk geçirijilik nazaryýetiniň döremegi.

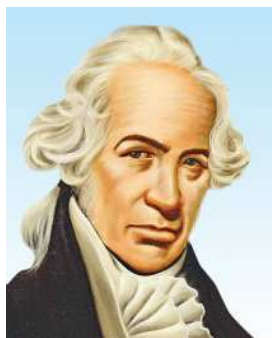
#### S.Karnonyň ýylylyk baradaky taglymatyň ösüşine goşan goşandy

Köp kalorimetrik düşüňjeleri şotland alymy Jozef Blek (1728–1799 ý.) döretti. Ol G.Rihman tarapyndan alnan formulany ulanyp *«ýylylyk sygymy»*, *«udel ýylylyk sygymy»*, *«gizlin ereme ýylylygy»* diýlen adalgalary girizdi. J.Blek özüniň alan netijelerini düýbünden çap etmändir we onuň golýazmalary ol 1803-nji ýylda aradan çykandan soň çap edildi.

Teplorod we onuň tarapdarlary ýylylygy mukdar taýdan ölçemekligi mümkin etdiler. 1777-nji ýylda Antuan Lopan Lawuazýe (1743–1794 ý.) we P.S.Laplas buz kalorimetri dörediler we birnäçe maddalaryň udel ýylylyk sygymyny, ýylylyk döredijilik ukybyny, birnäçe jisimleriň faza geçişleriniň ýylylygyny kesgitlediler, ýagny ýylylyk tejribede öwrenilýän zada öwrüldi.

Şeýlelikde, XVIII asyryň ortalarynda esasy kalorimetrik düşüňjeler döredildi. Emma ýylylygyň öz birliги – *kaloriýa* J. Blekden 100 ýyldan soň, 1852-nji ýylda hödürlendi.

Molekulýar-kinetik nazaryýetiň esasynda atomizm bilen bilelikde ýylylyk baradaky taglymat hem bardy. Ýylylyk barada aýdanymyzda, ýagny XVIII asyryda, molekulýar-kinetik nazaryýet ilkinji ädimlerini ädýän döwründe, «ýylylyk» we «*temperatura*» adalgalarynyň biri-birinden tapawutlandyrylmadygyny ýatdan çykarmaly dälidir. Şol döwürde «ýylylyk *derejesi*» we «ýylylyk *gradusy*» adalgalary adaty sözlerdi. Bu adalgalary tapawutlandyrmaklygyň zerurlygy barada I.G. Lambert aýtdy, emma oňa üns berilmedi. Umuman, XVIII asyryň birinji çärýeginde termometriýa alymlaryň esasy üns merkezinde boldy.



86-njy surat. Daniel Gabriel Farangeýt

1703-nji ýylda nemes fizigi, aýna bejeriji we telekeçi Daniel Gabriel Farangeýt (1686–1736 ý.) (86-njy surat) spirt, 1714-nji ýylda bolsa simap termometrlerini ýasady. Olary kalibrowka etmek (kesimlere bölmek) üçin ol iki daýanç (reper) nokatlaryny – suwuň gaýnama  $t = 212^{\circ}$  temperaturasy we suwuň doňma  $t = 32^{\circ}$  temperaturasy, nol nokat hökmünde bolsa suwuň, buzuň we naşatyryň garyndylarynyň doňma nokadyny saýlap aldy. Häzirki wagta çenli ABŞ-da we Angliýada temperaturany Farangeýtiň graduslarynda ( $^{\circ}F$ ) ölçäýärler.

1731-nji ýylda fransuz zoology we metallurgy Rene Antuan Reomýur (1683–1757 ý.) suwuň doňma nokady nol diýip hasap edilýän termometri hödürlendi. Işçi jisim hökmünde 80 %-li spirti, soňra simaby ulanyp, ol ikinji reper nokady hökmünde suwuň gaýnama ( $80^{\circ}$ ) nokadyny aldy.



87-nji surat. Anders Selsiý

1742-nji ýylda şwed astronomy we meteorology Anders Selsiý (1701–1744 ý.) (87-nji surat). Reomýuryň alan netijelerini barlady. Ol suwuň gaýnama temperaturasyň basyşa baglylygyny açdy. Şoňa görä-de, ol  $0^{\circ}$  nokady suwuň gaýnama nokady, doňma nokady bolsa  $100^{\circ}$ -a deň diýip kabul etdi. Belli şwed alymy-biology Karl Linney (1707–1778 ý.) Selsiniň termometrini ulandy, ýöne ol onuň çäkleriniň «ýerini üýtgetdi», ýagny ol suwuň gaýnama nokadyny  $100^{\circ}$ , onuň doňma nokadyny  $0^{\circ}$  diýip kabul etdi. Şkalanyň daýanç (reper) nokatlary diýlip atlandyrylýan bu iki nokadyň 100 sany deň bölege bölünen aralyklaryna, temperaturanyň graduslary diýilýär (latyn sözi *gradus* – «ädim, basgançak» manyny aňladýar). Şeýlelikde, Selsiniň termometri, umuman, Linneyiň termometri bolmaly.

Farangeýtiň şkalasy boýunça ölçelen temperaturanyň Selsiý şkalasy boýunça ölçelen temperatura bilen baglanyşygy aşakdaky formulalar bilen aňladylýar:



- a) Selsiý şkaladan Farangeýt şkalasyna geçmek:  $t_F = t_S \cdot \frac{9}{5} + 32$ ,  
 b) Farangeýt şkaladan Selsiý şkalasyna geçmek:  $t_S = (t_F - 32) \cdot \frac{5}{9}$ .

Adamyň bedeniniň kadaly temperaturasy Selsiý şkalasy boýunça  $36.6^\circ\text{C}$ , Farangeýt şkalasy boýunça  $98,2^\circ\text{F}$  deň.

Başga-da, temperatura şkalalary, meselem, fransuz astronomy Josef Nikalýa Deliliň (1688–1768 ý.) şkalasy (reper nokatlary  $150^\circ$  we  $0^\circ$ ) boldy.

Durmuşda ulanylýan Selsiniň, şeýle hem Farangeýtiň temperatura şkalalary absolýut (üýtgeşsiz) dälirler. Şol sebäpli olary tejribelerde ulanmak oňaýsyzdyr. Temperaturany ölçemekligiň bütewüligi diňe ýüz ýyldan soň inlis fizigi U. Tomsonyň (lord Kelwin) (1824–1907 ý.) tagallasy bilen mümkin boldy. Ol fizikanyň taryhyna «*temperaturanyň absolýut şkalasyny*» (başgaça aýdanymyzda *Kelwin şkalasyny*) dörediji hökmünde girdi.

Gaz termometri haýsy gaz bilen doldurylandygyna garamazdan (wodorod, kislorod, howa ýa-da başga gaz) temperaturanyň şol bir bahasyny görkezýär. Şol sebäpli gaz termometri şertli nusgawy (etalon) hasaplanýar. Gündelik durmuşda ulanylýan Selsiý şkalasy şeýle guralan, ýagny nol temperatura hökmünde buzun eremek temperaturasy, suwuň gaýnama temperaturasy hökmünde  $100^\circ\text{C}$  kabul edilen.  $0^\circ\text{C}$  –dan aşaky temperaturalar «–» (otrisatel temperaturalar) alamatda alynan.

1954-nji ýylda ölçegler we agramlar boýunça X Baş maslahat temperaturanyň termodinamiki şkalasyny ulanyşa girizdi. Bu şkalada nol temperatura hökmünde molekulanyň öňe bolan (ýylylyk) hereketiniň togtamaly temperaturasy kabul edilen. Bu temperaturany absolýut nol temperatura diýip atlandyrdylar. Bu temperaturada jisimiň içki energiýasy nazary mümkin bolan minimal baha eýe bolýar. Eger absolýut nol temperaturada molekulanyň öňe bolan (ýylylyk) hereketi togtayan bolsa (kesgitlemä görä), onda bu temperatura ähli mümkin bolan temperaturalaryň in pesi bolmaly. Şol sebäpli temperaturanyň absolýut şkalasynda otrisatel temperaturalar ýok.

Absolýut nol temperatura ýetmek mümkin däl, oňa diňe golaýlaşyp bolar. Häzirki wagtda Ýer şertlerinde in pes temperatura (Kelwinde, K)  $\approx 10^{-9}\text{ K}$ -a deň (ýadro spinleriniň magnitsizlenmegi), in ýokary temperatura  $\approx 10^8\text{ K}$  – TOKAMAK desgasyndaky plazmanyň temperaturasydyr.

Termodinamiki şkalada ikinji reper (daýanç) nokady hökmünde suwuň bir wagtda üç halda (gaty, suwuk, bug) bolýan temperaturasy kabul edilen. Bu haly *üçleýin nokat* diýip atlandyrdylar.

Halkara termodinamiki şkala boýunça suwuň üçleýin nokadynyň temperaturasy  $273,16^\circ\text{ K}$  -e, Selsiý şkalasy boýunça  $0,01^\circ\text{C}$ -a deň. Onda temperaturalaryň arasyndaky baglanyşyk  $T - t = 273,15$  görnüşe eýe bolar. Bu ýerden:  $T = (273,15 + t)\text{ K}$  ýa-da  $t = (T - 273,15)^\circ\text{C}$ .

Absolýut nol  $0\text{ K}$  deň diýip kesgitlenen we takyk  $-273,15^\circ\text{C}$  deň.

Lomonosowyň döwründe simabyň doňma temperaturasy iň pes temperatura hasaplanýardy. Ýokary temperaturalar ýörite taýýarlanylýan linzalaryň kömegi bilen, ýagny iki sany güberçek-oýuk linzalaryň arasyna spirt guýlup (Lawuazýeniň tejribesinde 130 litr spirt guýuldy) alnypdyr. Bu linzanyň kömegi bilen Lawuazýe Gün şöhlelerini fokusirläp, almazy ýakyp bilipdir, misi, sinki, altyny eredipdir. Şunlukda, temperatura ölçelmändir.

Jisimleriň ýylylyk giňelmesine degişli ilkinji tejribeler Lawuazýe we Laplas tarapyndan ýerine ýetirildi. Olar 1782-nji ýylda dürli materiallaryň: aýnalaryň, metallaryň we ş.m. ýylylyk giňelme koeffisiýentlerini kesgitlediler.

Umuman, XVIII asyrdaky fizikada empirizm agalyk eden bolsa, XIX asyrdaky ýygdaý üýtgedi. Fizikanyň, ýylylyk baradaky bölümlerinden başga ähli bölümlerinde nazary fizika has-da ösüpdi. Ýylylyk baradaky ylymda maglumatlary toplamak, ol ýa-da beýleki ululyklary kesgitlemek usullary, meselem, giňelmek, ýylylyk geçirijilik koeffisiýentleri we ş.m. gözlenilýärdi. Bu ilkinji nobatda tehnikaýyň talaby bilen baglanyşyklydy.

«Bug» ähli fabriklerde we zawodlarda, deňizde we demir ýollarda işleýärdi. Bug maşyny XIX asyrdaky kapitalistik jemgyýetiniň ösüşiniň hereketlendirijisi bolupdy.



88-nji surat. Jan Batist Jozef Furýe

**Jan Batist Jozef Furýe** (1768–1830 ý.) – fransuz matematigi we fizigi (88-nji surat). Ol Oser şäherinde doguldy, harby mekdebi tamamlady. 1798-nji ýylda Furýe, beýleki alymlar bilen bilelikde, Napoleonýň Müsüre bolan ýörişlerine gatnaşdy. 1808-nji ýylda ol baron derejesini aldy we Hormatly legion ordeni bilen sylaglandy. 1817-nji ýylda Furýe Pariž Ylymlar akademiýasynyň agzalygyna, 1822-nji ýylda akademiýanyň sekretarlygyna saýlanýar.

J.Furýeniň «Ýylylygyň analitik nazaryýeti» (1822 ý.) işi häzirki zaman matematiki fizikanyň esasy boldy. Bu işde ýylylyk geçirijiligiň nazaryýeti beýan edildi we ýylylyk geçirijiligiň differensial deňlemesi getirilip çykarylady. Bu iş häzirki wagtda onuň adyny göterýän *Furýe usuly* bilen, berlen gyrakly şertlerde ikinji derejeli hususy önümlü deňlemeleri integrirlemeklige degişlidir. Umuman, bu iş ýylylyk akymynyň gurşawda ýaýraýşyna bagyşlanan. Onuň garaýşyna görä bu effekt ýylylyk sygymy, ýylylyk geçirijilik (Furýe görä içki ýylylyk geçirijilik), ýylylyk beriş koeffisiýenti (Furýe görä daşky ýylylyk geçirijilik) diýen üç sany hemişelik bilen häsiýetlendirilýär. Furýe görä daşky ýylylyk beriş şöhle goýbermekden we daşky gurşawa ýylylyk geçirmekden ybaratdyr.

*Furýe usuly* funksiýalary trigonometrik hatarlar (*Furýe hatarlary*) görnüşinde beýan etmegi aňladýar we bu usul fizikanyň we matematikanyň dürli bölümlerinde öz ulanyşyny tapdy. *Furýe hatarlary* häzirki zaman yrgyldylar nazaryýetiniň mate-

matiki esaslarynyň biridir. 1823-nji ýylda Furýe H.Erstede bagly bolmazdan *termo-elektrik effekti* açdy. Furýe teplotod nazaryýetiniň tarapdarydy.

Fransuz alymlary Pýer Lui Dýulong (1785–1838 ý.) we Aleksis Terez Pti (1791–1820 ý.) daşky ýylylyk bermekligiň ýokarda görkezilen iki düzüjisini kesgitlediler. Derňewleriň netijesinde olar 1819-njy ýylda *ýylylyk sygymynyň saklanma kanunyny* (Dýulongyň-Ptiniň kanuny) açdylar. Bu kanuna görä, *örän pes bolmadyk temperaturalarda ähli himiki ýönekeý gaty jisimleriň gram-atom (molýar) ýylylyk sygymy, takmynan  $3R = 25 \cdot 10^3 \text{ K/kg atom} \cdot \text{grad} = 6 \text{ kall/g atom} \cdot \text{grad}$  deňdir.*

XIX asyryň birinji ýarymynda bug maşynynyň işleýşini gowulandyrmak maksady bilen ýylylygy derňemek boýunça wajyp derňewler geçirildi. S.Karno bu amaly meseläni çözmäge synanyşdy.

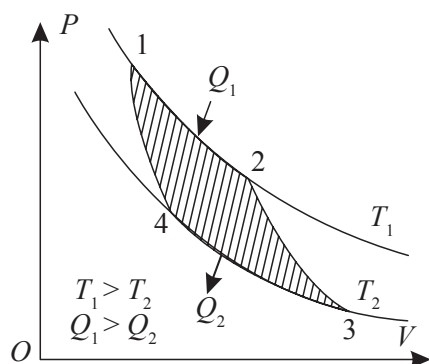
**Nikola Leonard Sadi Karno** (1796–1832 ý.) – görnükli fransuz fizigi we matematigi (89-njy surat), harby inžener. Ol Parižde, belli matematik we general bolan Lazar Karnonyň maşgalasynda doguldy (74-njy surat). Ol 18 ýaşynda Aragonyň, Puassonyň, Geý-Lýussagyň, Amperiň okan Politehniki mekdebini tamamlady. 1824-nji ýylda onuň «*Oduň hereketlendiriji güýji barada pikirlenmeler*» atly kitaby çap edildi. Karno 1832-nji ýylda mergi keselinden aradan çykýar. Şol döwürde kabul edilen düzgüne görä, onuň ähli zatlary, şol sanda golýazmalary, otda ýakylady.



89-njy surat. Sadi Karno

S.Karno 1824-nji ýylda öz serişdeleriniň hasabyna çap eden «*Oduň hereketlendiriji güýji barada pikirlenmeler*» atly kitabynda, ýylylyk has gyzgyn jisimden has az gyzdyrylan jisime geçende, peýdaly işi alyp boljakdygyny ilkinji gezek görkezdi. Bu, hakykatda, *termodinamikanyň ikinji başlangyjydy*. Ol bu kitabynda hyýaly tejribäniň kömegi bilen aşakdakylary subut etdi: Eger baky hereketlendirijini gurup bolmaýan bolsa, onda işi döretmek üçin temperaturalary dürli bolan iki jisim almaly. Şunlukda, teplotod temperaturasy ýokary bolan jisimden temperaturasy pes bolan jisime geçmeli. Teplotody suwa, temperaturalaryň tapawudyny – suwuň derejeleriniň tapawudyna meňzedip, Karno şeýle netijä gelýär: *suw aşak akanda edilýän iş suwuň agramyny derejeleriň tapawudyna köpeltmek hasyly bilen kesgitlenilişi ýaly, bug maşynynda edilýän iş hem işçi jisimiň (suw, spirt we ş.m) tebigatyna bagly bolmazdan, teplotodyň mukdarynyň temperaturalaryň tapawudyna köpeltmek hasyly bilen ölçelýär.* Başgaça aýdanymyzda, ýylylyk maşynynyň peýdasy gyzdyryjynyň we sowadyjynyň temperaturalarynyň bahalary bilen çäklenendir. Karnonyň belleýşi ýaly, sowadyjy edil gazan ýaly zerur elementdir, şunlukda, eger maşynda ýörite sowadyjy element ýok bolsa, onda onuň wezipesini daşky gurşaw ýerine ýetirer. Bularyň hemmesi «*Karno prinsipiniň*» ýa-da *termodinamikanyň ikinji başlangyjynyň* manysyny berýär. Karnonyň öňe süren pikirleri teplotod nazaryýetine esaslanýardy.

Bu işi çap edilenden soň Karno teplotod nazaryýetinden ýüz öwürýär we ýylylygyň mehaniki nazaryýetini (atomizmi) goldaýar. Şeýlelikde, ol ýokarky işine goşmaçalary çap edýär: «Ýylylyk – bu hereketlendiriji güýçden başga zat däl ýa-da has takygy, ýylylyk öz görnüşini üýtgeden hereketdir. Ýylylyk jisimiň bölekleriniň hereketidir. Ähli ýerde, nirede hereketlendiriji güýç ýok bolýan bolsa, şol bir wagtyň öziünde, ýok bolan hereketlendiriji güýjüň mukdaryna proporsional bolan mukdarda ýylylyk döreýär. Tersine, elmydama ýylylyk ýok bolanda hereketlendiriji güýç döreýär. Şeýlelik bilen umumy düzgüni aýtmak bolar: tebigatda hereketlendiriji güýç üýtgeşsiz mukdarda bardyr; ol hiç wagt döredilmeýär; hiç wagt ýok bolmaýar; hakykatda ol görnüşini üýtgedýär, ýagny hereketiň bir ýa-da başga görnüşini döredýär, ýöne hiç wagt ýitmeýär».



90-njy surat. Karno sikli

Eger «hereketlendiriji güýç» sözünü «energiýa» bilen çalyşsak, onda energiýanyň saklanma kanunynyň gutarnykly görnüşini alarys. Ol bu işinde ýylylygyň mehaniki ekwiwalentini hasaplaýar we 1kkal ýylylyga deň bolan 370 kG · m bahany alýar. Karnonyň işi termodinamikanyň başlangyjy boldy. Karno termodinamika sikl usulyny girizdi.

Karno aradan çykandan 10 ýyldan soň fransuz akademigi we inženeri Benua Pol Emil Klapeýron (1799–1864 ý.) ylmy jemgyýetçiligiň ünsüni Karnonyň işlerine çekdi. B.Klapeýron Karnonyň pikirlerini ösdürdi we olara matematiki görnüş berdi. B.Klapeýron 1834-nji ýylda Karnonyň hödürlän ilkinji siklini *iki izotermadan we iki adiabatadan ybarat bolan sikl* bilen çalyşdy hem-de ony häzirki ulanylýan görnüşinde döretdi we aňlatdy. 90-njy suratda aýlawly prosesde basyşyň göwrüme baglylygy getirilen. Bu suratda 1-2 – izotermiki giňelmäni, 2-3 – adiabatik giňelmäni, 3-4 – izotermiki gysylmany, 4-1 – adiabatik gysylmany aňladýar. 1-2 prosesde işçi jisim gyzdyryjydan  $Q_1$  ýylylyk mukdaryny alýar, 3-4 prosesde bolsa işçi jisim sowadyja  $Q_2$  ýylylyk mukdaryny berýär.

Okuw kitaplarynyň ählisinde bu sikl *Karno sikli* diýlip atlandyrylsa-da, okuw kitaplarynda *Karno siklini* beýan edýän prosesiniň diagrammasy we ideal gaz üçin edilen hasaplamalar getirilse-de, prosesiniň diagrammasy we hasaplamalar Karno tarapyndan ýerine ýetirilmändi, olar Klapeýron tarapyndan ýerine ýetirildi. Şularyň esasynda Klapeýron gazyň berlen massasynda, basyşy, göwrümi we temperaturany baglanyşdyrýan gaz halynyň deňlemesini ( $PV = RT$ ) getirip çykardy. Bu deňleme Boýl-Mariottýň ( $T = \text{const}$ ,  $PV = \text{const}$ ), Geý-Lýussagyň ( $P = \text{const}$ ,  $\frac{V}{T} = \text{const}$ ) we Şarlyň ( $V = \text{const}$ ,  $\frac{P}{T} = \text{const}$ ) kanunlaryny birleşdirýär.

1856-njy ýylda R.K. Klauzis ilkinji gezek bug maşynynyň peýdaly täsir koeffisiýentiniň gyzdryjynyň we sowadyjynyň temperaturalary bilen aňladylyşyny berdi (Edil şeýle kesgitlemäni U. Rankin (1820–1872 ý.) we U. Tomson (lord Kelwin) hem berdiler). Karnonyň alan umumy netijesi häzirkä döwürde aşakdaky ýaly aňladylyr: *ideal ýylylyk maşynynyň η peýdaly täsir koeffisiýenti işçi jisime bagly däl, ol diňe gyzdryjynyň  $T_1$  we sowadyjynyň  $T_2$  temperaturasyyna bagly:*

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

Bu netije termodinamikada *fundamental prinsip* hasaplanýar. Bu kitapda şol döwürdäki bug maşynlary derňeldi we peýdaly täsir koeffisiýentiniň (PTK) maksimal bahasyny alyp bolýan şertler getirilip çykaryldy (şol döwrüň bug maşynlarynda PTK 2%-den köp däl (häzirkä wagtda bug maşynlarynyň PTK-sy 50 %-den az)). *Karno teoremasy* boýunça diňe temperaturalaryň tapawudy ýylylyk hereketlendirijileriň peýdaly täsir koeffisiýentini kesgitleýär ekeni, işçi jisimi bolsa, hiç hili rol oýnamaýar.

S. Karno şu döwre çenli ulanylýan «*ideal ýylylyk maşyny*», «*ideal sikl*», «*prosesiň öwrülişigi*» we ş.m. adalgalary ulanyşa girizdi.

Klapeýron tarapyndan beýan edilen we 1843-nji ýylda «*Annalen der Physik*» žurnalynda çap edilen Karnonyň işi bolsa, termodinamikanyň ikinji başlangyjynyň açylmagyna getirip, U. Tomsonyň, R. Klauziusyň we beýleki alymlaryň ylmy işleriniň başlangyjy boldy.

## 13-nji bab. TERMODINAMIKANYŇ KANUNLARYNYŇ AÇYLYŞ TARYHY

### 13.1. Termodinamikanyň birinji başlangyjy

Sürtülmede ýylylyk bölünip çykýandygy daş asyrdaky adamlara hem belli eken. Emma diňe XIX asyryň alymlarynyň derňewleri ony mukdar taýdan düşündirmeklige mümkinçilik berdi. Bu ugurda ilkinji işi amerikaly Benjamin Tompson (graf fon Rumford) (1753–1814 ý.) (91-nji surat) ýerine ýetirdi. Ol *ýylylygyň suwuklyk däl-de*, mehaniki energiýanyň kömegi bilen islendik mukdarda alyp bolýan käbir zatdygyny ilkinji gezek tejribede subut etdi.

Rumford artilleriýa toplarynyň nilleri buraw bilen burowlananda ýylylyk bölünip çykýandygyna üns berdi. Şol



91-nji surat. Benjamin Tompson (graf fon Rumford)



döwürdäki garaýşa görä, eger gyzgyn jisim sowuk jisim bilen galtaşanda, teplorod gyzgyn jisimden sowuk jisime geçmeli. Teplorodyň geçmekligi gyzgyn jisimiň sowamagyna, sowuk jisimiň gyzmagyna getirmeli. Teplorodyň tarapdarlary, buraw niliň içindäki metaly ownadýar we teplotod, edil döwlen küýzedən suwuň akysy ýaly, jisimden çykmaýy diýip tassyklaýarlar. Rumfor şeýle düşündiriş bilen ylaşmady. Ol tejribelerinde sowadýan suwuň gaýnaýandygyny gördi. Şunça suwuň gyzdyrylmazdan gaýnamagy, akyla sygjak zat däl. Rumfort tejribeden şeýle netije çykardy: *hiç hili teplotod ýok, ýylylygyň döremeginiň sebäbi hereketdedir* diýdi. Rumforda görä, *ýylylyk suwuklyk hem däl, gaz hem däl, ol metaly düzýän ownuk bölejikleriň hereket formasy*. Rumfordyň tejribelerine 50 ýyllap üns bermediler. Ol birnäçe tejribeleri geçirdi we olaryň esasynda, *ýylylyk – bu hereketiň aýratyn görnüşi* diýen netijä geldi.



92-nji surat.  
Gemfri Dewi

1799-njy ýylda inlis fizigi, himigi we geology, elektro-himiýany esaslandyryjylaryň biri, köp himiki elementleri açan Gemfri Dewi (1778–1829 ý.) (92-nji surat) teplotod nazaryýetini inkär edýän tejribäni geçirdi. Onuň tejribeleri Rumfordyň tejribelerinden tapawutlanýardy. Ol şeýle tejribe geçirdi: içinden howasy sorulan aýna gabyň içine, temperaturalary  $0^{\circ}\text{C}$  bolan iki sany buz bölegini ýerleşdirdi. Ýörite sagat mehanizmi bilen buz bölekleri biri-birine sürtüldi. Sürtülme netijesinde buzlar erediler, şunlukda alnan suwuň temperaturasy noldan ep-esli ýokary boldy. Teplotod nazaryýeti bilen bu tejribäni düşündirip bolmaýar, sebäbi buzuň udel ýylylyk sygymy suwuňkydan kiçi. Bu tejribeden Dewi *ýylylyk diňe hereket netjesinde döräp biler* diýlen netije çykardy. Farmakologiýanyň professory Fridrih Mor (1806–1889 ý.) hem şeýle pikirleri aýtdy, ýöne çap etmändi. Rumfordyň we Dewiniň tejribeleri teplotod nazaryýetine güýçli urgý etdi.

Rumford we Dewi öz tejribelerinde mehaniki iş edip ýylylyk alyp boljakdygyny kesgitlediler. Bu tejribeler ýylylyk we mehaniki energiýalaryň şol bir zatdygyny görkezdiler. Diýmek, *ýylylygyň mehaniki ekwiwalentini, ýagny ýylylyk birligindäki ýylylyk mukdaryna ekwiwalent bolan mehaniki birligindäki işiň mukdaryny* tejribede kesgitlemek bolar.

Nýutonyň döwründe «energiýa» sözi adaty däl (öwrenişilmedik) sözdi. Häzirki ulanylýan «energiýa» adalgasyna derek, şol döwürde «güýç» sözi, ýagny energiýa üçin Nýuton tarapyndan girizilen «*janly güýç*» adalgasy ulanylýardy. Bu «*janly güýçler*» iki sanydy. Olaryň birinjisi, tejribäniň görkezişine görä, güýç dynçlykda duran jisim tarapyndan, meselem, gysylan puržin, daýanja täsir edýän güýç bilen we ş.m. döredilýär. Bu statiki ýagdaýdaky güýje «*jansyz güýç*» diýilýärdi.

İkinji tarapdan, täsir güýji hereket edýän jisim tarapyndan döredilip bilner. Bu ýagdaýda, bu güýjüň herekete, üýtgemeklige degişlidigini aýratyn bellemek üçin ony «*janly güýç*» diýip atlandyrdylar.

İňlis alymy Tomas Ýung (1771–1829 ý.) «*janly güýç*» düşünjesiniň ýerine «*energiýa*» adalgany girizdi.

Energiýa hem birnäçe görnüşlere eýe bolup, onuň görnüşleriniň biri käbir güýjüň (meselem, sürtülme) täsirini ýeňmek üçin jisim hereket edende edilýän işdir.

Žan Wiktor Ponsele (1788-1867 ý.) 1826-njy ýylda «*iş*» düşünjesini girizdi we ony güýjüň goýlan nokadynyň geçýän ýoluna köpeltmek hasyly görnüşde aňlatdy. Mysal hökmünde nasosyň kömegi bilen suwy diňň ýokarsyna çykarmaklygy görkezmek bolar. Hakykatdan hem, ýeriň üstünden käbir beýiklige galdyrylan bir zadyň massasy, erkin ýagdaýynda iş edip biler, meselem, bir zady weýran edip biler.

Taryhyň täsinlikleriniň biri hem, energiýanyň saklanmagy baradaky pikir fiziklerde döremedi-de, pikirleniş häsiýetleri olardan tapawutlanýan adamlarda döredi. Energiýanyň saklanma we öwrülme kanunynyň (*termodinamikanyň birinji başlangyjynyň*) açylamgynda nemes lukmany R. Maýer, Angliýada doglan piwo ýasayjy J.P. Joul, nemes fiziology we lukmany F. Gelmgols uly iş bitirdiler.



93-nji surat. Ýulius Robert fon Maýer

---

**Ýulius Robert fon Maýer (1814–1878 ý.)** – nemes lukmany we tebigaty öwreniji (93-nji surat). Ol Heýlbronn şäherinde (Germaniýa) dermanhanaçynyň maşgalasynda doguldy. R. Maýer Týubingensk uniwersitetinde ýokary lukmançylyk bilimini aldy. Onuň ylmy iş tejribeliğinde golland gämisinde gämi lukmany hökmünde işlemegi kesgitli orun eýeledi. Şol gämide R. Maýer energiýanyň saklanma kanunynyň açylmagyna getiren ylmy derňewleri geçirdi. Täsin ýeri, adaty lukmançylyk barlaglary wagtynda bedene gan goýberilende ganyň reňkiniň üýtgemekligi ony bu açýşa iterdi. Arterial gan damaryndan akýan ganyň reňki kislorodyň sarp edilişine we bedende bolup geçýän okislenme prosesleriniň intensiwligine baglydyr.

---

Maýeriň döwründe tebigaty öwrenijileriň aňlarynda *witalizm* düşünjesi höküm sürýärdi. Janly organizmler özlerinde käbir «*ýaşaýyş güýjüniň*» bardygy sebäpli, fizikanyň we himiýanyň kanunlaryna boýun egmeýärler diýip hasap edilýärdi. Özüniň gözegçilikleri bilen Maýer munuň beýle däldigini, ýagny fizikanyň we himiýanyň kanunlarynyň janly organizmlerde hem täsiriniň bardygyny görkezdi.

Bu barlaglardan soň Robert Maýer «*Güýçleriň mukdar we hil taýdan kesgitlenişi*» diýen makalasyny ýazdy. 1841-nji ýylda ol ony «*Annalen der Physik*» žurnalyna iberdi. Žurnalyň baş redaktory J.K. Pogtendorf bu makalany çap etdirmedi. Dogry, redaktoryň bu makalany çap etmezliginiň käbir esaslary hem bardy, makala gowy ýazylmandy, käbir düşnüksiz we ýalňyş pikirleri saklaýardy. Emma, makalada örän oňat pikir hem bardy, ony Pogtendorfyň görmezligi mümkin däldi.

Dekartyň we Lomonosowyň kän bir düşnükli aýtmadyk zatlary bu makalada anyk, mysal üçin, «*emele gelyän ýylylyk ýok bolýan herekete baglydyr*» diýip doly aýdyňlyk bilen aýdylýardy (gürrüň bu ýerde maýyşgak däl çaknyşma barada gidýär).

Pogtendorfdan jogaba garaşman Maýer «*Jansyz tebigatdaky güýçler baradaky bellikler*» (1842 ý.) atly ikinji makalasyny ýazýar. Ol köp okalmaýan himiýa-farmasewtik žurnalda çap edilýär. Makalada diňe bir energiýanyň saklanma kanunynyň takyk kesgitlemesi däl-de, eýsem Rumfordyň, Dewiniň we awtoryň özüniň tejribelerde alan maglumatlarynyň doly derňewi beýan edilýär. Tejribeleriniň netijelerini derňäp, Maýer olary düşündürmekligiň nazary esasy hökmünde teplotrod düşüňjesini ulanmakdan ýüz öwürýär. Şol makalada ýylylygyň mehaniki ekwiwalentini kesgitlemek boýunça tejribäniň manysyny hödürleýär. Şeýle tejribäni, Maýeriň işlerinden habarsyz, 1847-nji ýylda J. Joul amala aşyrdy.

Häzirki zaman adalgalaryny ulanyp, şeýle gysga netije çykarmak bolar: Maýer ýylylyk bilen işiň arasynda mukdar gatnaşygy getirip çykardy we şol döwürdäki takyklyk bilen ýylylygyň mehaniki ekwiwalentini hasaplady. Şol döwürde belli bolan energiýalaryň görnüşleriniň öwrülişini derňedi we *energiýanyň saklanma we öwrülme kanunyny* döretti. Öň belleýşimiz ýaly, «*energiýa*» sözi şol döwürde ulanylmaýardy. Bu kanuny esaslandyryjylar P. Maýer, J. Joul we G. Gelmgols öz işlerinde «*güýçleriň öwrülişigi*» barada we «*güýçleriň saklanmagy*» barada ýazýardylar. Şunlukda, olar «*güýç*» sözüne *energiýa* diýip düşüňýärdiler. Meselem, ýerden ýokary galdyrylan jisimiň energiýasyny Maýer «*gaçma güýji*» diýip atlandyrdy. Aşak gaçma güýjüniň hereket güýjüne (häzirki zaman fizikasy dilinde aýdanymyzda, potensial energiýanyň kinetik energiýa) geçişini seredip Maýer «*janly güýçleriň*» saklanma kanunyna gelýär: «*Biz aşak gaçmanyň soňunda hereketiň «ýok bolýandygyny» görýän hem bolsak, bu prinsipiň esasynda biz ol ýitmeyär, ol başga görnüşe geçýär diýip netije çykarýarys*».

1841-nji ýylda Maýer *energiýanyň saklanma kanunyny şeýle kesgitledi*: «*Ähli himiki we fiziki proseslerde berlen güýç hemişelik ululygynda galýar*». Bu ýerdäki berlen «*güýç*» adalgasy seredilýän ulgamda bar bolan energiýanyň goruny aňladýar. Maýer «*Gaçma güýjüniň käbir jisimiň agramyna deň bolan agyrlykdaky suwy 0°-dan 1°-a çenli gyzdyrmaga gerek bolan ýylylyk mukdaryna ekwiwalent bolmagy üçin, ýüki ýeriň üstünden näçe beýiklige galdyrmak gerekdigini kesgitlemeli*» diýdi. Gazlaryň hemişelik basyşdaky we hemişelik göwrümdäki ýylylyk sygymynyň bahalaryny ulanyp, Maýer ýylylygyň mehaniki ekwiwalentini nazary hasaplady (365 kG·m/kkal, ≈85% takyklyk). Şeýlelikde, Maýer aşakdaky deňlemäni hödürledi (Maýeriň deňlemesi):

$$C_p - C_v = R,$$

bu ýerde  $C_p$  – hemişelik basyşdaky molýar ýylylyk sygymy;  $C_v$  – hemişelik göwrümdäki molýar ýylylyk sygymy;  $R$  – uniwersal gaz hemişeligi.

Gün Ýerdäki esasy energiýa çeşmesidir diýip hasap edip, Maýer Ýerdäki we Älemdäki şol döwürde belli bolan ähli energiýalaryň özara öwürlişigine seredýär. Bu ýerde ol: «*ösümlükler Gün energiýasyny himiki energiýa öwürýän örän çylşyrymly himiki barlaghanadyr*» diýen örän ähmiýetli pikiri aýtdy. *Fotosintez*niň bu meselesini rus alymy K.A.Timirýazew üstünlikli çözdü.

Maýeriň işlerine alymlar üns bermediler. Energiýanyň saklanma we öwürülme kanunyna Joulyň we Gelmgolsyň işlerinden soň üns berip başladylar. Energiýanyň saklanma we öwürülme kanunyny ilkinji kim açdy diýlen sorag jedelli boldy. Maýeri, hatda nemes ylmy jemgyýeti hem goldamady. Agyr nerw dartgynlygy sebäpli, Maýer 1850-nji ýylda öz janyna kast etmäge synanyşýar. Maýeriň garyndaşlary ony ruhy kesellileriň hassahanasynda ýerleşdirýärler. 1855-nji ýylda Maýer hassahanadan ruhy we fiziki taýdan gowşak halda çykýar. Şeýle bolsa-da, Maýeriň işleri kem-kemden ykrar edilip başlandy. 1860-njy ýyllarda alymlar Maýeriň energiýanyň saklanma we öwürülme kanunyny ilkinji bolup açandygyny ykrar edip başladylar. Şweýsariýada Maýeri Tebigaty öwrenijileriň jemgyýetiniň hormatly agzalygyna saýlaýarlar. Londonyň Korollyk jemgyýeti Maýeri medal bilen sylaglaýar. Fransiýada ony Pariž Ylymlar akademiýasynyň agzalygyna saýlaýarlar. 1874-nji ýylda Maýeriň ylmy işleriniň ýygyndysy «*Ýylylygyň mehanikasy*» ady bilen çap edilýär.

Energiýanyň saklanma kanunynyň açylmagy fizikleri ýylylyga bölejikleriň hereketiniň görnüşi hökmünde seredýän garaýşa gaýdyp gelmäge mejbur etdi. Bu barada energiýanyň saklanma kanunynyň açylmagyndan 100 ýyl öň M.W.Lomonosow hem aýdypdy.

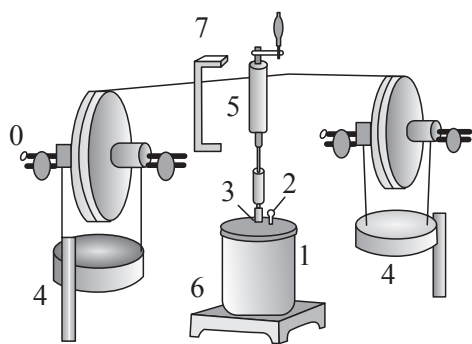
Mehaniki energiýanyň hasabyna ýylylyk energiýasyny almak baradaky tejribeler dowam etdirildi. Şeýle tejribeleriň köpsanlysyny J.P.Joul geçirdi.



**Jeýms Preskott Joul (1818–1889 ý.)** Angliýada, Mançester şäherinde doguldy (94-nji surat). Hünäri boýunça piwo ýasaýjy.

Joul ýaşlygynda elektrik tejribeleri bilen gyzyklanyndy we 1841-nji ýylda elektrik togunyň ýylylyk effekti barada makalasyny çap etdi. Ýöne rus alymy Emil Hristianowiç Lens (1804–1865 ý.) bu işleri soň içgin öwrendi. Elektrik togy geçende ýylylyk bölünip çykma kanunyna *Joul-Lensiň kanuny* diýilýär. 1854-nji ýylda Joul kakasyndan miras galan zawody satýar we özüni ylma bagyş edýär. Ol irginsiz zähmet çekýär we mehaniki iş bilen ýylylyk energiýasynyň arasyndaky baglanyşygy gözledi we ony tapdy. Şeýlelikde, ol öz adyny ylymda ebedileşdirdi. 1843-nji ýylda Joul fundamental tejribäni ýerine ýetirdi (95-nji surat).

94-nji surat.  
Jeýms Preskott Joul



95-nji surat.

J. P. Joulyň tejribe desgasy

Tejribe üçin ulanylan desga 1 mis gapdan (kalorimetrden) ybarat. Kalorimetriň jebis ýapylan gapagynda iki sany turba ýerleşdirilen. Bu turbalaryň birine 2 termometr, ikinji turba bolsa, aşaky ujunda pilçeler bolan 3 agaç steržen oturdyldy. 4 ýükler inçe ýüp bilen, oklary hereketsiz diregde ýerleşen blokdan asylan. Blok bolsa inçe ýüp bilen 5 merkezi oka birikdirilen. Pilçeleriň aýlanyşy şeýle amala aşyryldy: 4 ýükler aşak hereket edende blogy aýlaýarlar, blok bolsa, 4 ýükler pola ýetýänçä

5 merkezi oky aýlaýar. Ok bolsa ujunda pilçeler bolan 3 agaç sterženi aýlaýar. Energiýanyň ýitgisini azaltmak üçin 1 mis gaby 6 agaçdan ýasalan esasyda ýerleşdirdiler.

Tejribe şeýle geçirildi: 1 gap suwdan doldurylýar. 4 ýükler 7 çarçuwanyň (ramanyň) kömegi bilen asylygy ýagdaýynda bolýarlar. Ýükleriň ýerden galdyrylyş beýikligi kesgitlenýär (tejribede bu beýiklik 63 dýuma (1,6 m) deň boldy). Soňra ýükleri, barlaghananyň poluna ýetýänçä aşak goýberýärler. Ýük doly aşak gaçanda Joule ony ýene ýokaryk galdyrdy. Ýükleriň aşak gaçma döwründe 3 sterženiň pilçeleriniň aýlanmagy netijesinde 1 mis gapdaky suw gyzýar. Suwy gyzdyrmak üçin tejribäni 20 gezek gaýtalamaly boldy. Suwuň temperaturasyny her tejribäniň başynda, ortasynda we ahyrynda ölçediler. Bir sagat işlenenden soň suwuň temperaturasy takmynan  $0,5^{\circ}\text{C}$  artdy.

Ýuwaşlyk bilen aşak gaçyp, her gezek ýükler aşak gaçanlarynda potensial energiýany ýitirýärler we aşak gaçmany jaýyň poluna berilýän uly bolmadyk kinetik energiýa (jisimiň tizliginiň barlygy bilen döreýän energiýa) bilen gutarýarlar. Joule potensial energiýanyň ýitgisi bilen döreýän bu kinetik energiýany örän içgin ölçeyär, emma ony ölçenilýän ýylylyk mukdaryna goşant edip goşmaýar. Ol şeýle hem gabyň temperaturasyny içgin ölçeyär, ýagny ol suw garylanda ýylylygyň ýitgisiniň hasabyny ölçäp bilipdir.

Joule ýükler hereketlenende edilen işi we gabyň, gapdaky suwuň, pilçeleriň we beýlekileriň alan ýylylyk mukdaryny hasapladý. Edilen  $A$  işiň  $Q$  ýylylyk mukdaryna bolan gatnaşygy, ýagny ýylylygyň mehaniki ekwiwalenti  $A/Q$  4,27 J deň boldy (häzirki zaman birliklerde). *Ýylylygyň mehaniki ekwiwalentiniň häzirki zaman bahasy 1 kaloriýa üçin 4,184 J deň (4,19 J/kal).*

Joule bu tejribäni gaba simap, kitiň ýagyny guýup hem gaýtalady we şol bir netijäni aldy. Joulyň belleýşine görä: «*Bu tejribelerden örän anyk netije gelip çykyar, ýagny ýylylyk we mehaniki güýç biri-birine öwrülişikli we netijede ýylylyk ýa-da janly güýç, ýa-da janly güýji döretmäge ukyply dartýşmanyň ýa-da itekleşmäniň käbir haly*».



Joul gazlaryň kinetik nazaryýetini esaslandyryjylaryň biridir we onuň ösüşine uly goşant goşdy. Ol U. Tomson (Lord Kelwin) bilen bilelikde gaz giňelende onuň temperaturasynyň üýtgemek effektini açdy (*Joul-Tomsonyň effekti*). Ýylylygyň tebigaty baradaky garaýyşlarynda Joul ýylylygyň kinetik nazaryýetini gaýduwsyz goldady. Joulyň işlerinden, *ýylylyk madda däl, ol bölejikleriň hereketi bilen döreýär* diýen netije gelip çykýar.

Maýer bilen bir wagtda we ondan habarsyz nemes lukmany G. Gelmgols hem energiýanyň saklanma we öwrülme kanunyna geldi.

**Lýudwig Ferdinand Gelmgols (1821–1894 ý.)** – nemes fizigi (96-njy surat), lukmany, fiziologi, psihologi, akustigi. Ol Potsdam şäherinde doguldy. Onuň kakasy gimnaziýanyň mugallymy bolupdyr. 1838-nji ýylda ol Potsdam gimnaziýasyny tamamlady we Berlinde birwagtda iki fakultetde okady. Ol oftalmoskopy – gözüň düýbünü derňemek üçin abzaly oýlap tapdy. Russiýanyň baş göz instituty Gelmgolsyň adyny göterýär.



96-njy surat. Lýudwig Ferdinand Gelmgols

Talyp ýyllaryndan başlap ony fiziologiýa, ýagny güýjüň manysy baradaky sorag we fizika gyzyklandyrypdyr. Gelmgolsyň döredijiliginde fiziologiýa bilen fizika garyşyk gelýär. Gelmgols fiziologiki optika we akustika, nerw impulslarynyň geçiriliş tizliklerine, eşidişiň rezonans nazaryýetine, gözüň akkomodasiýasynyň (gözüň dürli aralyklarda ýerleşen predmetleri görmeklige uýgunlaşmasynyň) nazaryýetine degişli derňewleri geçirdi.

Fizikada Gelmgols elektrigiň meseleleri, yrgyldylar nazaryýeti, gidrodinamika, meteorologiýa, fiziologiki optika bilen gyzyklandy.

1847-nji ýylda onuň «*Janly güýjüň saklanmagy barada*» işi aýratyn kitapça bolup çykdy, sebäbi «*Annalen der Physik*» žurnalynyň redaktory Pogtendorf onuň makalasyny çap etmekden boýun gaçyrdy. Bu işinde ol saklanma prinsipiniň esasynda dürli hadysalary derňeýär, ýagny jisimleriň aşak gaçmagy, mehaniki hereketiň ýylylyga öwrülişi, galtaşma potensiallar tapawudy, galwaniki elementleriň işleýşi beýan edilýär. Saklanma kanunynyň esasynda Gelmgols induksiýanyň *EHG*-sini hasaplady. Bu oňa uly abraý getirdi.

Gelmgols bu işinde energiýanyň saklanma kanunyny baky hereketlendirijini döretmegiň mümkin dældigi bilen baglanyşdyrýar. Gelmgols *energiýanyň saklanma kanunyna* nazary seretdi.

Gelmgolsyň pikirine görä dünýä, merkezi güýçler arkaly biri-biri bilen öзара täsir edişýän material nokatlaryň birleşmesidir. Şunlukda, Gelmgols esasy zat edip *janly güýjüň saklanma prinsipini* goýýar. Munuň özi, geçişin usulyna, ýoluna we tizligine bagly bolmazdan, käbir birinji haldan ikinji hala geçilende edilen işiň mukdary, ikinji haldan birinjä geçilendäki ýaly bolmagyny talap edýär. Hakykat-

da, Gelmgols bu ýerde «*janly güýç*» we «*dartgynly güýçleriň jemi*» diýip atlandyryp, *kinetik* we *potensial energiýalar* düşünjelerini girizdi. Şeýlelik bilen janly güýçleriň saklanma kanuny, mehaniki, şeýle hem mehaniki däl hadysalara ulanyp bolýan umumylaşdyrylan «*saklanma kanuny*» görnüşe eýe bolýar. Maýerden tapawutlylykda Gelmgols bu işinde esasy ünsüni fizika berýär, biologik hadysalar barada bolsa az aýdýar. Muňa seretmezden, diňe bu işi üçin Gelmgolsy Kenigsberg uniwersitetiniň fiziologiýa kafedrasyna müdir edip belleýärler.

Şeýlelikde, Maýer, Joul we Gelmgols dürli ýollar bilen energiýanyň saklanma kanunyna geldiler. Ylym bolsa olaryň irginsiz zähmetleri we göreşleri bilen beýik kanuny aldy. Bularyň hemmesi energiýanyň saklanma we öwrülme kanunynyň tas-syklamagyna we ykrar edilmegine, ylmyň XIX asyrdan gazanan beýik üstünligine getirdi.

Energiýanyň saklanma we öwrülme kanuny häzirki zaman tebigy bilimleriniň in möhüm kanunlarynyň biridir. Bu kanun şeýle kesgitlenýär: *Izolirlenen ulgamyň ähli energiýalarynyň jemi hemişelik ululykdyr*. Gadymy grekler saklanma pikirini şeýle aňladypdyrlar: «*Hiç zatdan hiç zat döremeyär. Bar zat ýok bolmaýar*». Bu beýik pikir ösdi we kem-kemden özüniň täsir ediş çäginde giňeltdi. Tebigy bilimleriniň ösmegi bilen massanyň, elektrik zarýadynyň, hereket mukdarynyň saklanma kanunlary, XIX asyryň ortalarynda bolsa energiýanyň saklanma we öwrülme kanuny açyldy.

Energiýanyň saklanma we öwrülme kanunynyň ylym üçin uly ähmiýeti bardyr. Saklanma kanunyň esasynda, hususan-da, energiýanyň saklanma we öwrülme kanununda, ylymda we tehnika-da dürli hasaplamalar geçirilýär, täze efektler we hadysalar önünden aýdylýar. Meselem, täze tehnika ýa-da täze desganyň taslamasy energiýanyň saklanma we öwrülme kanunyna garşy bolmasa, onda olar önümçilikde ýa-da durmuşda ulanmaga rugsat edilýär. Fizikanyň taryhy dürli awtorlar tarypyndan hödürlenen, baky hereketlendiriji hökmünde ulanylmagy teklip edilen ýüzlerçe dürli görnüşli, örän akyllý maşynlaryň şaýadydyr.

*Baky hereketlendiriji baradaky sorag fizikanyň taryhynyň aýratyn pudagydyr*. Taryhda belli ilkinji mehaniki baky hereketlendirijiniň taslamasyny 1245-nji ýylda Willar de Onnekur hödürledi. 500 ýyldan gowrak wagtyň dowamynda, 1775-nji ýylda Pariž Ylymlar akademiýasy baky hereketlendirijiler baradaky taslamalary sekretmekden ýüz öwürýänçä, şuna meňzeş taslamalar adamlaryň aňyny tolgundyryp geldi. Olaryň işläp bilmejekdikleri bu gün belli, sebäbi olaryň döredilişi energiýanyň saklanma we öwrülme kanunyna garşy gelýärdi. Emma häzirki wagtda hem, wagtal-wagtal şeýle taslamalar hödürlenýär.

XX asyryň 30-njy ýyllarynda fizikler  $\beta$ -*dargamanyň* derňewlerinde kynçylyklara sezewar boldular. Bu ýagdaýy saklanma kanunynyň esasynda derňänlerinde çylşyrymly ýagdaý döredi, ýagny başlangyç ýadronyň energiýasy, impulsy, impuls

momenti täze emele gelen ýadronyň we elektronyň energiýalarynyň, impulslarynyň, impuls momentleriniň jemine deň bolmady. Bu gapma-garşylygy düşündirmek üçin dürli çaklamalar aýdyldy, şol sanda  $\beta$ -dargamada saklanma kanunyň bozulýandygy baradaky çaklama hem hödürlenildi (N.Bor, 1930 ý).

Heniz neýtrino açylmanka  $\beta$ -dargama, ýadronyň daşynda elektronyň döremegi bilen neýtronyň protona öwürülmesidir diýip düşünişdirler:  $n \rightarrow p + e^-$ . Eger  $\beta$ -dargama şeýle yzygiderlikde bolup geçýän bolsa, onda energiýanyň saklanma kanuny ýerine ýetmeýär. Munuň şeýledigini neýtronyň, protonyň we elektronyň massalarynyň energetik birliklerdäki ( $m_n \cong 939,6 \text{ MeW}$ ,  $m_p \cong 938,3 \text{ MeW}$  we  $m_e \cong 0,51 \text{ MeW}$ ) bahalaryny ulanyp, bu reaksiýada energiýanyň saklanma kanunynyň ýerine ýetmeýänligini görmek bolýar ( $939,6 \text{ MeW} \neq 938,3 \text{ MeW} + 0,51 \text{ MeW}$ ). Sag tarapda massanyň käbir ýetmezçiligi bu dargamada ýene-de bir bölejigiň bolmalydygyna şaýatlyk edýär.

Eger  $\beta$ -dargamada neýtron diňe protona we elektrona dargaýan bolsa, onda impulsyň momentiniň (spiniň) saklanma kanuny hem ýerine ýetmeýär, ýagny  $n_{\frac{1}{2}} \neq p_{\frac{1}{2}} + e_{\frac{1}{2}}$ . Eger protonyň we elektronyň spinleri parallel bolsalar, onda  $\frac{1}{2} \neq 1$ , eger protonyň we elektronyň spinleri antiparallel bolsalar, onda  $\frac{1}{2} \neq 0$  bolar. Ýagny, şeýle görnüşli dargama impulsyň momentiniň (spiniň) saklanma kanunyna ters gelýär (Soňky derňewler  $n \rightarrow p + e^-$  dargamada lepton zarýadynyň saklanma kanunynyň hem ýerine ýetmeýändigini görkezdi).

Energiýanyň we impuls momentiniň (spiniň) saklanma kanunynyň ýerine ýetmeýänligi Pauliniň çaklamasy bilen aradan aýryldy. 1932-nji ýylda B.Pauli bu hadysany düşündirmek üçin şeýle çaklamany hödürledi:  $\beta$ -dargamada elektrondan başga-da, energiýany äkidýän ýene-de bir bölejik uçup çykmalı. E.Fermi bu çaklamanyň esasynda  $\beta$ -dargamanyň nazaryýetini hödürledi we bu täze bölejigi *neýtrino* (italýança «*kiçijik neýtron*» diýmek) diýip atlandyrdy:

$$n \rightarrow p + e^- + \nu.$$

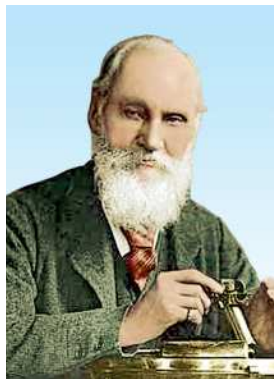
Neýtrino bitarap bölejik bolup, dynçlyk massasy nola golaý, spini 1/2 deňdir.

Soňky derňewler bu reaksiýada neýtrino däl-de, elektron anineýtrinonyň  $\bar{\nu}_e$  döreýändigini tassyklady, ýagny  $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ . Bu reaksiýada energiýanyň saklanma kanuny hem, spiniň saklanma kanuny hem we lepton zarýadynyň saklanma kanuny hem ýerine ýetýär.

Fizikanyň ösüşi Fermi nazaryýetini tassyklady. Ine, şonuň üçin häzirki wagtda energiýanyň saklanma we öwürülme kanunynyň uly ylmy usulyýet (metodologik) ähmiýetiniň bardygy barada aýdylýar. Ol derňemekligeniň ýoluny we usulyny görkezýär, ol täzeligi öňünden aýtmaga mümkinçilik berýär.

## 13.2. Termodinamikanyň ikinji başlangyjy

XIX asyrdaky ýylylyk tehnika güýçli depginler bilen ösdi. Bu bolsa öz gezeğinde ylmy barlaglaryň güýçlenmegine itergi berdi. Bu ýerde U. Tomsonyň we P. Klauziusyň işleri uly ähmiýete eýe boldy.



97-nji surat. Uilýam Tomson (Lord Kelvin)

**Uilýam Tomson (Lord Kelvin) (1824–1907 ý.),** inlis fizigi we mehanigi (97-nji surat). Ol Belfast şäherinde, matematika mugallymyň maşgalasynda doguldy. Soňra olaryň maşgalasy Şotlandiýa göçýär (Glazgo ş.) we şol ýerde U. Tomson bütin ömrüni geçirýär. Ol 10 ýaşynda Glazgo uniwersitetine okuwa girýär we talyp döwründe ýylylyk geçirijiligiň nazaryýeti boýunça ilkinji ylmy işini çap edýär. U. Tomson 22 ýaşynda professor bolýar we 1899-njy ýyla çenli (53 ýyl) kafedranynyň müdiri bolup işleýär.

U. Tomson Atlantik ummanyndan sim geçirmek işlerine işjeň gatnaşýar we bu ägirt uly işe degişli ylmy we tehniki meseleleri çözüýär. 1882-nji ýylda uly ylmy hyzmatlary üçin U. Tomsona lord Kelvin derejesi berilýär (Glazgo şäherinde uniwersitetiň golaýyndan geçýän Kelvin derýasynyň adyna görä).

U. Tomson amaly we nazary fizika degişli köp işleri ýazdy. Ol köpsanly tehniki oýlap tapyşlaryň we fiziki abzallaryň konstruktorydyr. U. Tomsonyň absolýut we kwadrat elektrometri giňden bellidir. U. Tomsonyň ylmy işi, esasan, termodinamika bilen baglanyşyklydyr. Ol temperaturanyň absolýut şkalasyny döretdi, termodinamikanyň II başlangyjynyň awtory we «*Älemiň ýylylyk ölümi*» nazaryýetiniň «*atasydyr*». U. Tomson möhüm termodinamiki effekti (*Joul-Tomson effekti*) açdy. Ol magnetizme we yrgyldylaryň fizikasyna degişli işleri hem ýerine ýetirdi.

Onuň termodinamikanyň ikinji başlangyjyny döretmekde goşan goşandyna seredeliň.

1848-nji ýylda U. Tomson energiýanyň saklanma kanunyna ynamsyz garapdy, sebäbi ýylylyk maşynlarynda ýylylyk dolulygyna işe öwürülmeýärdi (muny Karno hem belläpdi). S. Karnonyň işleri U. Tomsona termometrik jisime bagly bolmadyk temperatura şkalasyny, ýagny *temperaturanyň absolýut şkalasyny* girizmek baradaky möhüm pikiri salgy berdi. Häzirki döwürde *Kelwiniň şkalasy* diýip atlandyrylýan bu skala, absolýut häsiýeti bolan *Karnonyň sikline* esaslanandyr.

1851–1853-nji ýyllarda U. Tomson «*ýylylyk hereketlendiriji güýjüň nazaryýetini*» döretdi. Bu nazaryýet iki sany düzgüne esaslanýar.

Olaryň *birinjisi* Joulyň işlerinden gelip çykýar we *termodinamikanyň birinji başlangyjy* diýilýär: «*Ähli ýagdaýlarda, işiň käbir mukdary nähili usul bilen bolsa hem ýylylygyň hasabyna alnan bolsa ýa-da ýylylyk täsirini almaklyga harçlanan bolsa, ýylylygyň şol mukdary ýitirilýär ýa-da eýe bolunýar*».

Karnonyň we Klauziusyň işleri bilen bagly bolan *ikinji düzgün*, bu – *termodynamikanyň ikinji başlangyjydyr*. U. Tomson ony şeýle häsiýetlendirýär: «*Jansyz material güýjüň kömegi arkaly käbir massa eýe bolan jisimi, ony gurşap alan predmetleriň iň sowugynyň temperaturasyndan pes temperatura çenli sowatmak bilen mehaniki işi alyp bolmaz*». Tomsonyň bu häsiýetlendirmesi häzirki wagtda şeýle okalýar: «*Ikinji jynsly baky hereketlendirijini gurmak mümkin däl*».

1852-nji ýylda U. Tomson «*Mehaniki energiýanyň dargamaklygyna umumy ymtlyşyň ýüze çykmagy barada*» makalasynda «*älemiň ýylylyk ölümi*» konsepsiýany hödürledi. U. Tomsona görä *älemiň energiýalarynyň ähli görnüşleri ahyr soňunda älemiň maddasy boýunça deňölçegli paýlanjak ýylylyk hereketiniň energiýasyna öwrülerler. Ondan soň Älemde ähli makroskopik prosesler togtarlar*.

U. Tomson bu ýerde «*hereketlendiriji güýç*» adalgasyny, 1853-nji ýylda Şotlandiýaly inžener Uilyam Jon Makuori Rankin (1820–1872 ý.) tarapyndan hödürlenen «*energiýa*» adalgasy bilen çalyşdy. U. J. M. Rankin «*Energiýanyň öwrülmesiniň umumy kanuny barada*» makalada *energiýanyň saklanma kanunyny* şeýle görnüşde häsiýetlendirdi: «*Ähli energiýalaryň (potensial we kinetik) jemi älemde üýtgemän galýar*». Şol döwürden başlap «*energiýa*» adalgasy we *energiýanyň saklanma kanuny* umumy ulanyşa girdi.

**Rudolf Ýulius Emmanuel Klauzius (1822–1888 ý.)** – görnükli nemes fizigi, mehanigi, matematigi (*98-nji surat*). Ol Keslin şäherinde (häzirki Koşalin ş., Polşa) dindaryň maşgalasynda doguldy. Ýokary bilimi ol Berlinde aldy. Fizik ýa-da taryhçy bolmalymy diýip köp ýaýdandy. 1850-nji ýylda onuň termodinamika bagyşlanan ilkinji işi çap edildi. Bu makalada «*bug-suwuklyk*» we «*suwuklyk-gaty jisim*» faza geçişleri beýan edýän deňlemeleriň umumylaşmasy getirildi (*Klapeýronyň-Klauziusyň deňlemesi*). 1869-njy ýyldan başlap Klauzius Bonn uniwersitetiniň rektory bolýar. Bu ýerde ol dielektrigiň polýarizasiýasyny derňedi (*Klauzius-Mossotiniň deňlemesi*).



98-nji surat. Rudolf  
Ýulius Emmanuel  
Klauzius

Klauziusyň termodinamika bagyşlanan işleriniň ählisi onuň «*Ýylylygyň mehaniki nazaryýeti barada ýygyndylar*» atly iki jiltlik işinde beýan edildi. Bu işde termodinamikanyň birinji başlangyjy üçin analitik aňlatma we «*içki energiýa*» diýlen fundamental düşünje getirildi.

Jisim tükeniksiz kiçi  $dQ$  ýylylyk mukdaryny alýar we özünde bar bolan ýylylyk mukdaryny  $dH$  ululyga üýtgedýär. Şeýlelikde, jisim  $dL$  iş edip öz halyny üýtgedýär:

$$dQ = dH + dL. \quad (1)$$

Klauzius  $dL$  işi içki  $dI$  we daşky  $dW$  işlere bölýär, ýagny:

$$dL = dI + dW,$$



onda (1) deňleme aşakdaky görnüşe eýe bolýar:

$$dQ = dH + dl + dW \quad (2)$$

Içki iş ýoluň görnüşine bagly däl, daşky iş bolsa bir haldan beýlekä geçilende dürli baha eýe bolup bilýär.

Klauzius jisimde bar bolan ýylylyk we içki iş «*şol bir wezipäni ýerine ýetirýärler*» diýip hasap etdi we içki güýçleri bilmeýändigini sebäpli,  $H$  we  $I$  ululyklary  $U$  funksiýa bilen çalyşdy, ýagny

$$U = H + I,$$

bu ýerde  $U$  – içki energiýa.

Şeýlelikde, Klauzius *termodinamikanyň birinji başlangyjy* üçin aşakdaky deňlemäni aldy:

$$dQ = dU + dW.$$

Klauzius 1850-nji ýylda çap eden makalasynda S.Karnonyň işlerine esaslanyp *termodinamikanyň ikinji kanunyny*: «*Ýylylyk öz-özünden has sowuk jisimden has gyzgyn jisime geçip bilmez*» diýen görnüşde kesgitledi.

«*Öz-özünden*» sözünüň nämäni aňladýandygyny düşündirmek üçin ol soňra täze kesgitleme berýär: «*Ýylylygyň has sowuk jisimden has ýyly jisime geçmekligi öwezini dolmazdan amala aşyrylyp bilinmez*».

1865-nji ýylda Klauzius *termodinamikanyň* soňky ösüşinde fundamental ähmiýete eýe bolan täze fiziki düşünjäni - *entropiýany* girizdi. Entropiýa «*trope*» grek sözi bolup, *öwrülme* diýmekligi aňladýar. Klauzius entropiýanyň absolýut bahasynyň kesgitsizdigini, onuň diňe termiki goralan ulgamlarda üýtgemesiniň kesgitlenendigini görkezdi. Öwrülişikli hadysalaryň ideal ýagdaýynda entropiýa hemişelik bolup galýar. Entropiýa temperaturanyň funksiýasy hökmünde aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$dS = \frac{dQ}{\tau}.$$

Şeýlelikde, öwrülişikli hadysa üçin:  $\oint \frac{dQ}{\tau} = 0$ .

Öwrülişikli däl hadysa üçin:  $\oint \frac{dQ}{\tau} \neq 0$ .

Şunlukda, *Klauzius entropiýanyň üýtgemekligi* hadysanyň *geçýän ugruny kesgitleýändigini görkezdi*. Klauziusa görä, soňky aňlatma *termodinamikanyň ikinji başlangyjynyň* matematiki aňladylyşydyr.

Şeýlelikde, entropiýanyň «*Ýapyk ulgamda entropiýa kemelmeýär*» diýen möhüm häsiýeti açyldy. Indi, *termodinamikanyň ikinji kanuny* şeýle formulirlendi:

*Älemiň entropiýasy maksimuma ymtylýar*». Netijede, U.Tomsondan 20 ýyldan soň (1865 ý.) Klauzius hem «*Älemiň ýylylyk ölümüne*» geldi.

Bu ýagdaýda Älemde deňagramlyk ýagdaýy döreýär: ähli energiýa ýylylyga öwrülýär we ýylylygyň deňagramlyk haly döreýär. Hakykatdan hem, termodinamikanyň ikinji başlangyjyna görä, beýleki ulgamlar bilen energiýa çalşygyny etmeýän islendik fiziki ulgam (bütün Älem üçin şeýle çalşygyň bolup bilmejekdigi anyk) has ähtimal deňagramlyk halyna, entropiýasy maksimum bolan hala ymtylýar. Şeýle ýagdaý Älemiň ýylylyk ölümüne laýyk gelerdi. Başgaça aýdanymyzda, ýylylyk ölümünde energiýanyň ugrukdyrylan çalşygy bolmaz, sebäbi energiýanyň ähli görnüşleri ýylylyk energiýa öwürülerler. Bolsman «*Gazlaryň nazaryýeti boýunça leksiýalar*» işinde *fluktuasiýa çaklamasyny* hödürledi. Bu ylmy iş termodinamikanyň ikinji başlangyjyny ähli Älem üçin ulanyp bolmaýandygyny ýalana çykardy we Älemiň ýylylyk ölümü nazaryýetini inkär etdi.

Älemiň ýylylyk ölümü baradaky ideýa alymlaryň arasynda düýpli närazylygy döretdi. Şeýle närazylyklaryň biri, 1870-nji ýylda Makswell tarapyndan aýdylan, «*Makswelliň demony*» ady bilen belli bolan hyýaly tejribedir. Makswelle görä termodinamikanyň ikinji başlangyjynyň ulanyş çägi çäklidir. Onuň pikiriçe, mikrodünýäde prosesler termodinamikanyň ikinji başlangyjynyň görkezýän ugurlaryna ters bolan ugurlarda amala aşyrylyp bilinýärler. Hususan-da, molekulýar – kinetik nazaryýetiň çäklerinde *mikroskopik jandar (demon)* çalt we haýal molekulalary bölýär diýip göz önüne getirmek bolar. Demon energiýany sarp etmän gabyň bir böleginde temperaturany peseldýär we beýleki böleginde bolsa ýokarlandyrýar.

«*Makswelliň demony*» termodinamikanyň ikinji başlangyjyna statistik nukdaý-nazardan düşünmeklige bolan ilkinji ädimdi. Bu alymlaryň arasynda uly jeddeleri döretdi we olar mikrodünýäniň kanunlary Makswelliň tejribesini amala aşyrmaga mümkinçilik bermeýär diýlen netijä geldiler. Şol bir wagtyň özünde bu tejribe termodinamikanyň ikinji başlangyjynyň statistiki häsiýetine düşünmäge bolan ýolda möhüm ädim boldy.

XX asyrdan entropiýa nazaryýeti ýene-de bir esas goýujy fiziki garaýyş bilen baýlaşdy. 1906-njy ýylda W.Nernst termodinamikanyň birinji we ikinji başlangyjyna bagly bolmadyk täze garaýyş – *termodinamikanyň üçünji başlangyjyny (kanunyny)* kesgitledi. Termodinamikanyň ikinji başlangyjyna görä,  $dS$  differensial bilen kesgitlenýän  $S$  entropiýanyň barlygy we üýtgemesi tassyklanýar. Şoňa görä-de, entropiýa integrirleme hemişeligindäki takyklyk bilen kesgitlenýär. Entropiýanyň üýtgemesi getirilen meseleleri çözmek üçin ýeterlidir. Emma käbir meseleleri çözmek üçin entropiýanyň absolýut bahasyny bilmek gerek. Nernst termodinamika käbir absolýut bahalary, hususan-da, entropiýanyň absolýut bahasyny girizdi.



99-njy surat. Walter  
Fridrih German Nernst

**Walter Fridrih German Nernst (1864–1941 ý.)** – nemes fizigi we himigi (99-njy surat), fiziki-himiýany esaslandyryjylaryň biri. 1891–1902-nji ýyllarda Gettingen uniwersitetiniň professory boldy. Nernst ol ýerde fiziki-himiýa we elektrohimiýa institutyny dörettdi. Şeýle hem Nernst fotohimiýa we himiki kinetika bilen hem gyzyklandy. 1920-nji ýylda ol «*termodinamikada eden işleri üçin*» himiýa boýunça Nobel baýragynyň eýesi boldy.

Dürli ýurtlaryň alymlary bilen birlikde ol polýarizasiýa, dielektrik hemişelikler we himiki deňagramlylyk meselelerini öwrendi. Nernst özüniň açan termodinamikanyň üçünji başlangyjy netijesinde döran kosmologik, aýratyn hem «*Älemiň ýylylyk ölümi*» diýip atlandyrylýan meseläni öwrendi. Ol «*Älemiň ýylylyk ölümi*» nazaryýetine garşydy.

Nernst ulgamyň entropiýasy aşakdaky integral bilen aňladylyp bilner diýen pikirden ugur aldy:

$$S = \int \frac{dQ}{T} + S_0,$$

bu ýerde  $Q$  – seredilýän prosesiniň täsir edýän wagtyň dowamynda ulgamyň alýan ýa-da ýitirýän ýylylyk mukdary;  $T$  – absolýut temperatura;  $S_0$  – temperatura bagly bolmadyk integrirleme hemişeligi.

1912-nji ýylda Nernst öz döreden ýylylyk kanunynyň kömegi bilen absolýut nol temperaturany alyp bolmaýandygyny subut etdi. Nernste görä: «*Maddasynyň temperaturasy absolýut nola çenli peseldilen ýylylyk maşynyny gurmak mümkin däl*». Nernstiniň çaklamasyna görä, temperatura absolýut nola golaýlaşdygyça, maddanyň fiziki işjeňligi ýok bolmaga ymtylýar. Pes temperaturaly hadysalary öwrenip, Nernst absolýut nol temperaturanyň töwereginde entropiýanyň üýtgemesiniň örän az bolýandygyny kesgitledi. Ol şeýle çaklamany aýtdy:

«*Temperatura absolýut nola ymtylanda entropiýa hemişelik  $S_0$  baha ymtylýar*».  $S_0$  baha ulgamyň parametrlrine we halyna bagly däl.  $S_0$  konstantany entropiýanyň nol bahasy hökmünde kabul etmek bolar.

Termodinamikanyň üçünji başlangyjyndan temperatura absolýut nola ymtylanda ýylylyk sygymynyň nola ymtylmagy, absolýut nol temperatura ýetip bolmaýanlygy ýaly wajyp netijeleri alyp bolýar. Termodinamikanyň üçünji başlangyjy pes temperaturalar fizikasy we gaty jisimiň fizikasy üçin möhüm ähmiýete eýedir.

## 14-nji *bap.* STATISTIK FIZIKANYŇ WE DEŇAGRAMSYZ TERMODINAMIKANYŇ DÖREÝIŞ TARYHY

Statistiki fizikanyň döreýiş taryhyna gaz hallarynyň kanunlarynyň derňeliş taryhyny bilmän düşünmek mümkin däldir. Olaryň ösüş taryhynyň esasy döwürlerine seredeliň.

XIX asyryň başynda fizikada atom düşüňjesi giňden meşhur dälidi. Emma himiýada atom düşüňjesi derňewleriň esasy serişdesidi. Ol özüniň güýçli tassyklanmasyny fransuz himigi Žozef Lui Prust (1784–1826 ý.) tarapyndan 1801-nji ýylda açylan *düzümiň hemişelik kanunyny*nda tapdy.

Oba dokmaçynyň ogly Jon Dalton bu kanunyň esasynda, her madda mahsus bolan kiçijik bölejikleriň bardygy baradaky pikiri aýtdy. 1802-nji ýylda ol L. Geý-Lýussakdan habarsyz *gazlaryň ýylylyk giňelme kanunyny* açdy. 1802-nji ýylda gazlaryň ýylylyk giňelme kanunyny Žosef Lui Geý-Lýussak hem açypdy. 1811-nji ýylda Amedeo Awagadro atom-molekulýar nazaryýetini ösdürip, häzirki wagtda onuň adyny göterýän kanuny açdy.



100-nji surat.  
Jon Dalton

**Jon Dalton (1776–1844 ý.)** – iňlis himigi we fizigi (100-nji surat). Bilimi özbaşdak aldy. Mançestrde matematika mugallymy bolup işledi. Daltonyň esasy eden işi himiýada atomistik garaýyşlary ösdürmekdi. Ol ylma atom agramy düşüňjesini girizdi we elementleriň atom agramlarynyň ilkinji tablisasyny düzdi. Ol gaz kanunlaryna degişli köp işleri etdi, hususan-da, Dalton 1801-nji ýylda gazlaryň parşial basyşlarynyň kanunyny açdy (Daltonyň kanuny). 1794-nji ýylda ol görejiň ýetmezçiligini (defektini) – daltonizmi ilkinji beýan etdi. Ol gazlaryň ýylylykdan giňelme kanunyny (1802 ý.), gazlaryň suwuklyklara garylma kanunyny (Genri-Daltonyň kanuny), kratnyý gatnaşyklar kanunyny döretdi, polimerizasiýa hadysasyny ýüze çykardy. Fransuz Ylymlar akademiýasynyň daşary ýurtly agzasy (1816 ý.), Londonyň Korollyk jemgyýetiniň agzasy (1822 ý.), Edinburg Korollyk jemgyýetiniň agzasy (1835 ý.).



101-nji surat. Žosef Lui  
Geý-Lýussak

**Žosef Lui Geý-Lýussak (1778–1850 ý.)** – fransuz fizigi we himigi (101-nji surat), Politehniki mekdebi tamamlap bu mekdepde himiýanyň professory, soňra Sorbonda fizikanyň professory boldy. Alymyň esasy işleri gaz kanunlaryna degişlidir. Bu kanunlaryň biri onuň adyny göterýär. Birnäçe fiziki abzallary (gigrometr, termometr, spirtomer, nasos) döretti. Ol J. Daltona bagly bolmazdan gazlaryň ýylylykdan giňelme kanunyny (1802 ý.) açdy. Peterburg Ylymlar akademiýasynyň daşary ýurtly agzasy (1826 ý.).



102-nji surat.  
Amedeo Awagadro

**Amedeo Awagadro (1776–1856 ý.)** – italýan fizigi we himigi (102-nji surat). Ol Týurin şäherinde 1776-njy ýylda eneden doguldy.

Hukuk ugrundan bilim aldy, ýöne soň fizikany we matematikany özbaşdak öwrendi we 1803-nji ýylda elektrik boýunça ilkinji ylmy işi bilen çykyş etdi. 1834-nji ýyldan başlap, Týurin uniwersitetiniň professory boldy. Molekulýar fizika bagyslanan esasy ylmy işleri belli Awagadro kanunynyň açylmagyna getirdi. Taryhda ilkinji molekulýar fizika boýunça gollanmanyň awtorydyr. Týurin Ylymlar akademiýasynyň agzasy (1819 ý.).

Atomizmiň himiýadaky üstünlikleri bu düşünjäniň ýuwaş-ýuwaşdan fizikada ulanmaklygyna getirdi. Hususan-da, *ýylylyk hereketiň görnüsidir* diýlen çaklama täze mana eýe boldy. Bu pikir şol döwürde belli alym bolan Jeýms Preskott Joul (1818–1889 ý.) tarapyndan aýdylypdy. «*Gazyň bölejikleri (molekulalary) öňe hereket edýärler*» diýip hasap edip, ol energiýanyň saklanma kanuny boýunça olaryň tizligini kesgitledi. Şunlukda, Joul absolýut temperaturanyň, basyşyň we «*janly güýjüň*» (kinetik energiýanyň) biri-birine proporsionaldygyny aýtdy.

1857-nji ýylda P.Klauzius gazlaryň kinetik nazaryýetiniň esasy deňlemesini getirip çykardy. Bu deňlemä görä, gazyň  $P$  basyşy göwrüm birligindäki ähli molekulalaryň  $E$  orta kinetik energiýasynyň  $2/3$  bölegine deňdir:

$$P = \frac{2}{3} n \cdot E.$$

Ideal gaz düşünjesini, molekulýar garaýyşlary we atomistikany ulanyp, P. Klauzius nusgawy mehanikanyň esasynda özüniň nazaryýetini gurdy.

Görnükli fizik J.K. Makswell 1859-njy ýylda «*Gazlaryň dinamiki nazaryýetine düşündiriş*» atly temadan çykyş edýär. Ol bu çykyşynda molekulalaryň tizlikler boýunça paýlanyşyny beýan etdi. Bu paýlanyşdan J.K. Makswell molekulalaryň tizlikleriniň orta bahasyny, gazyň molekulalarynyň gabyň diwaryna edýän basyşyny, molekulalaryň erkin ýolunyň uzynlygyny, *Awagadro sanyny* we beýleki ululyklary hasaplaýar. Bu ululyklar öň diňe empirik ýol bilen alynýardy. Makswelliň özi *Awagadro sanynyň* tassyklanmagyna bu işiň esasy üstünligi hasaplaýar. Häzirki döwürde bu işiň esasy üstünligi – molekulalaryň tizlikler boýunça paýlanyşynyň tapylmagydyr diýip hasap edilýär. Bu ýerde, Makswell tarapyndan ösdürilen nazaryýetiň nýuton mehanikasyna esaslanandygyny bellemek gerek.

Bu ýerde fizikanyň we tebigaty öwreniş filosofiýasynyň çatrygynda duran soraglara seretmek gerek. Termodinamiki derňewler alymlary Älemiň gurluşy bütewi we islendik maddanyň molekulalary Ýerde we ondan birnäçe ýagtylyk ýyly uzaklykda ýerleşen planetalarda hem, absolýut birmeňzeş diýlen netijä getirdi. Makswelle bu birmeňzeşligi (bütewüligi) düşündirmek başartmady. Şeýle bolsa-da, ol bu ýerde hem özüniň akyldarlygyny görkezdi. Ol bu meseläniň nusgawy fizikanyň çäginde öz çözülişiniň tapmajakdygyna düşündi.

XIX asyryň alymlaryna her niçik-de bolsa dünýäniň bütewüligi bozulýan ýaly göründi. Bu döwrüň alymlary gazlary, diňe gaz fazasy bolan «*kämil maddalar*» hasaplaýardylar. Bu nukdaýnazara görä, gazlaryň we buglaryň arasynda düýpli ta-

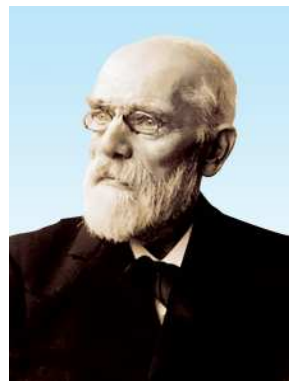


pawut bolmaly. Şunuň bilen baglanyşykda *gazlary suwuklandyrmagyň* taryhy örän gyzyklydyr.

XIX asyryň alymlary gazlary suwuk halage çirmegiň usullaryny tapdylar. 1822-nji ýylda Fransiýanyň İçeri işler ministrliginiň işgäri Şarl Kanýarde Latura (1777–1859 ý.) kesgitli şertlerde suwuklyk bilen gazyň arasyndaky tapawudyň ýitýändigini gördi. 1823-nji ýylda Faradeý hlory suwuklandyrdy, 1845-nji ýyly çenli bolsa ýene-de 15 sany gazy suwuklandyrdy. Bu tejribeleri görnükli rus alymy Dmitriý Iwanowiç Mendeleyew (1834–1907 ý.) düşündirdi. 1863-nji ýylda irländ fizigi we himigi Tomas Endrýus (1813–1885 ý.) kömürturşy gazynyň izotermalaryny aldy we ony suwuklandyrdy. Ol *kritiki temperatura* düşüňjesini hem girizdi.

Suwuk we gaz görnüşli halyň üznüksizligini Ý.D.Wan-der-Waals 1873-nji ýylda ýazan dissertasiýasynda, soňra 1899-njy ýylda çap eden monografiýasynda nazary derňedi.

**Ýohannes Diderik Wan-der-Waals (1837–1923 ý.)** – belli niderland fizigi-nazaryýetçisi (*103-nji surat*). Ol Leyden şäherinde doguldy. Leyden uniwersitetini tamamlady, 1877-nji ýyldan 1907-nji ýyly çenli Amsterdam uniwersitetiniň professory boldy. Ylmy işleri molekulýar fizika we pes temperaturaly hadysalary öwrenmeklige bagyşlanandyr. 1873-nji ýylda real gaz halynyň deňlemesini getirip çykardy. Bu deňleme häzir onuň öz adyny görterýär. Kritiki hadysalary we olaryň häsiýetlerini düşündirýän nazaryýeti teklipl etdi. 1910-njy ýylda Nobel baýragynyň eýesi boldy.



*103-nji surat.* Ýohannes Diderik Wan-der-Waals

*Wan-der-Waalsyň deňlemesi* gazyň molekulalarynyň ahyrky göwrümini we molekulalaryň özara täsirini göz önüne tutup, real gazyň halyny beýan edýär. Real gaz halynyň deňlemesi ähli maddalar üçin gaz we suwuk hallarynyň bardygyny nazary taýdan önünden aýdýar. Emma bu aýdylanlary ähli belli gazlary suwuklandyryp tassyklamak gerekdi.

Gazlary suwuklandyrmaklyk pes temperaturalary almak bilen berk baglanyşyklydyr. 1877-nji ýylda fransuz inženeri Lui Pol Kaýet (1832–1913 ý.) we şol bir wagtyň özünde şweýsariýaly Raul Pikme (1846–1929 ý.) kislorody suwuklandyrdylar. Nemes fizigi we inženeri Karl Linde (1842–1934 ý.) *Joul-Tomsonyň efektini* ulanyp, howany suwuklandyryan abzaly ýasady. 1898-nji ýylda iňlis fizigi we himigi Jeýms Dýuar (1842–1923 ý.) ilki suwuk, soňra gaty wodorody aldy. Suwuk we gaty wodorody R. Pikte hem, polýak fizikleri Sigermund Florentin Wrublewskiý (1845–1888 ý.) we Karol Olşewskiý (1846–1915 ý.) hem alyp bilmediler. Bu tejribeleriň birinde Z.F.Wrublewskiý heläk boldy. 1908-nji ýylda niderland fizigi H.Kamerling-Onnes ilkinji bolup suwuk gelini aldy. Bu açyş üçin oňa 1913-nji ýylda Nobel baýragy berildi. H.Kamerling-Onnesiň tejribesinden soň gazlar bilen

buglaryň arasynda hiç hili düýpli tapawudyň ýokdugy, Älemin ähli maddalarynyň gaz, suwuk we gaty hallarda bolup bilýändigleri belli boldy.

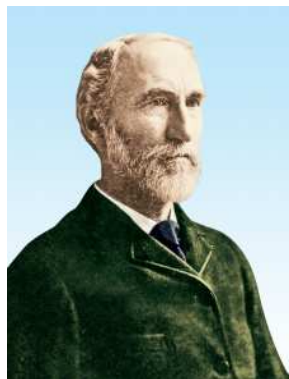


104-nji surat. Heýke  
Kamerling-Onnes

**Heýke Kamerling-Onnes (1853–1926 ý.)** – niderland fizigi, himigi. Ol Groningen şäherinde doguldy (104-nji surat). Groningen uniwersitetini tamamlady, soňra Leyden we Gettingen uniwersitetlerinde hünärini kämilleşdirdi. 1882-1923-nji ýyllarda Leyden uniwersitetinde professor, kriogen barlaghanasyny esaslandyrdy we ömrüniň ahryna çenli onuň direktory bolup işledi.

Alymyň ylmy işleri onuň öz döreden pes temperaturalar fizikasyna we aşageçirijilige degişlidir. Geliý temperaturalarynda metallaryň häsiýetlerini öwrenip, 1911-nji ýylda simapda, soňra galaýyda, gursunda, tallide we beýlekilerde aşageçirijilik hadysasyny açdy. Güýçli magnit meýdanlaryny almak üçin aşageçiriji materiallardan ýasalan tegekleri ulanmagy teklipt etdi.

Ýylylyk baradaky taglymatyň soňraky ösüşleri barada aýdylanda J.U. Gibbs we L. Bolsman ýaly görnükli alymlaryň atlaryny bellemek gerek.



105-nji surat. Jozaýýa  
Uillard Gibbs

**Jozaýýa Uillard Gibbs (1839–1903 ý.)** – amerikan fizigi (105-nji surat), fizikohimigi, matematigi, mehanigi. Ol ABŞ-nyň Konnektikut ştatynda, Ýelskiý uniwersitetiniň professorynyň maşgalasynda doguldy. Gibbs häzirki zaman takyk we tebigy ylmlaryň ösüşine düýpli täsir eden wektor derňewini, statistiki fizikany we termodinamikanyň nazaryýetini döredijileriň biridir. 1866-njy ýylda ol Ýewropa gidýär we ol ýerde Magnusyň, Kirhgofyň, Gelmgolsyň okuwçysy bolýar. 1869-njy ýylda Gibbs Nýu-Heýwen şäherine (ABŞ) gaýdyp gelýär we matematikanyň professory derejesini alýar. Gibbsiň faza düzgüni, Gibbsiň energiýasy, Gibbs-Gelmgolsyň deňlemesi, Gibbs-Dýuremanyň deňlemesi, Gibbsiň lemmasy, Gibbs-Rozebomanyň üçburçlугy, Gibbsiň paradoksy, Gibbsiň kanonik, mikrokanonik we uly kanonik paýlanyşlary, Gibbsiň adsorbsiýa deňlemesi we başgalar alymyň ady bilen baglanyşyklydyr. Şeýle hem ol, häzirki zaman görnüşdäki wektor hasaplama usulyny döredijileriň biridir.

J. Gibbsiň esasy ylmy işleri himiki termodinamika we statistiki mehanika bilen baglydyr. Ol statistiki mehanikany esaslandyryjylaryň biridir. J. Gibbs özüniň termodinamik garaýyşlaryny atomistik esasyda düşündirýän statistiki mehanika ulgamyny hem ösdürdi. Gibbs özüniň ilkinji işlerinde termodinamikada *grafiki usuly* ulandy. Ol diňe bir termodinamikada däl, eýsem onuň amaly ulanyşlarynda hem esasy ähmiýete eýe bolan *entropiýa diagrammalaryny* dörettdi. Hususan-da, «*entropiýa - temperatura*» ulgamyny beýan edýän *Karno sikliniň* gönüburçlukdygy

belli boldy. 1871–1873-nji ýyllarda Gibbs üçölçegli termodinamiki diagrammlary hödürledi we onuň kömegi bilen maddanyň ähli häsiýetlerini düşündirip bolýandygyny görkezdi. Sunlukda, *termodinamiki üst we göwrüm* diýlen düşüňjeler girizildi. Gibbse görä, termodinamiki üsti gurup bolýardy: onuň her bir nokadynyň koordinatasy termodinamiki ulgamyň halyny, onuň göwrümini, entropiýasyny we energiýasyny kesgitleýärdi. Bu usul Makswelli örän begendiripdir we gipsden suwuň termodinamiki üstüni ýasap, ony Gibbse sowgat hökmünde iberipdir.

1875–1878-nji ýyllarda Gibbs *termodinamiki funksiýalar usuly*ny dörettdi we ony işjeň ulandy. Ol häzirki zaman termodinamikasynda giňden ulanylýan *erkin energiýa*, *entalpiýa* we *Gibbsiň termodinamiki potensialy* diýlip atlandyrylýan düşüňjeleri girizdi. Özüniň ylmy işlerinde Gibbs *gomogen we geterogen ulgamlaryň deňagramlylyk şertlerini döretdi*, jisimleriň kesgitli düzümini we halyny häsiýetlendirýän «faza» adalgasyny girizdi. Gibbsiň bu işleri bolmasa häzirki zaman termodinamikasyny göz önüne getirip bolmazdy.

Gibbs daşary ýurt akademiýalarynyň köpüsiniň agzalygyna saýlandy, 1902-nji ýylda bolsa onuň «*Statistiki mehanikanyň esaslary*» atly düýpli işi çap edildi.

Gibbsden soň termodinamika *mehanistik* (hadysalary mehanikanyň kanunlary bilen düşündirmek) bolmakdan halas boldy. Termodinamika fizikanyň we himiýanyň dürli bölümlerinde birmeňzeş ulanylýan örän umumy nazary ulgama öwürüldi.

Termodinamikanyň ählumumylygy alymlara munuň düşündirişini tapmaga mejbur etdi. Şeýle düşündirişleriň biri fenomenologik häsiýete eýe we taryhda *energetizm* diýlip atlandyryldy. Onuň tarapdarlary Ernst Mah (1836–1916 ý.) we Wilgelm Fridrih Ostwald (1853–1932 ý.) boldular. Ikinji ugur – *atomistik ugur* boldy. Bu ugry R. Klausius, J.K. Makswell, L. Bolsman we beýleki alymlar goldadylar.

L. Bolsmanyň esasy hyzmaty statistiki mehanikany döredenligidir we termodinamikanyň ikinji kanunyny statistiki esaslandyrmagydyr. Ol entropiýa bilen ähtimallygyň arasyndaky baglanyşygy açdy we onuň adyny göterýän *paylanyş funksiýasyny* hödürledi. Ol bu işi 1866-njy ýylda başlady we 1905-nji ýylda tamamlady. Emma bu işiň esasy bölegini 1872–1876-njy ýyllarda ýerine ýetirdi. Onuň bu işleri fizikanyň geljekde has-da ösmegine uly täsir etdi.

---

**Lýudwig Bolsman (1844–1906 ý.)** – awstriýa fizigi. Ol Wena şäherinde doguldy (*106-njy surat*). Ol entek Wenada, Geýdelbergde we Berlinde okaýan wagty, ýagny talyp döwründe, ylmy işlerini çap edip başlady. 25 ýaşly talantly nazaryýetçi L. Bolsmany Gras uniwersitetiniň fizika professory wezipesine saýlaýarlar. Soňra ol Wenadaky, Grasdaky we Mýunhendäki uniwersitetlerde kafedra müdiri bolup işledi.

---



*106-njy surat.*  
Lýudwig Bolsman

Bolsmanyň ylmy iş tejribesi köp taraplydyr. Ol, esasan, gazlaryň kinetik nazaryýeti, termodinamika we ýylylyk şöhlenenmesine degişli köp möhüm işleri etdi. Bolsman ýylylyk sygymynyň kinetik nazaryýetini döretti. Oňa kinetiki energiýanyň erkinlik derejeler boýunça deňölçegli paýlanyşy baradaky belli teoremany subut etmek başartdy.

Bolsmana görä entropiýanyň artma kanuny özüniň ýönekeý düşündirişini tapdy: «*Ulgam has ähtimal hala ymtylýar*». Şeýlelikde, termodinamikanyň ikinji kanuny tebigatyň absolýut kanuny bolmakygyny bes etdi we ol statistik kanun boldy. Prosesler iki tarapa hem gidip biler, diýmek Älem üçin ýylylyk ölümi ýokdur.

Bolsmanyň filosofik garaýyşlary onuň atomistik düşüňjani goldandygyny tas-syklayar. L.Bolsman diňe bir termodinamika bilen gyzyklanmady. Ol matematika, mehanika, optika, gidrodinamika, maýyşgaklyk nazaryýetine, elektromagnit meý-dany nazaryýetine we ş.m. degişli köpsanly ylmy işleri ýerine ýetirdi. Düýpli fiziki hemişelikleriň biri ( $k$ ) Bolsmanyň adyny göterýär.

Bolsmanyň garaýyşlary onuň käbir döwürdeşleri tarapyndan güýçli tankyda sezewar bolýar. Şol bir wagtyň özünde görnükli alymlar J.K. Makswell, G.A. Lo-rens, M. Plank diňe bir onuň pikirini goldamak bilen çäklenmän, olary işjeň ösdür-diler. Mysal üçin, M. Plank entropiýa bilen ähtimallygyň arasyndaky gatnaşygyň ýönekeý we takyk deňlemesini hödürledi. Plankyň belgilemelerinde ol aşakdaky görnüşe eýedir:

$$S = k \cdot \ln W,$$

bu ýerde  $S$  – entropiýa;  $W$  – mikrohallyň ähtimallygy;  $k$  – Plank tarapyndan *Bols-manyň hemişeligi* diýip kabul edilen fundamental hemişelik.

Bolsmanyň we Gibbsiň işleri bilen termodinamikanyň we statistiki fizika-nyň ösüşiniň işjeň döwri tamamlandy. Fizikanyň ösmekligi netijesinde XX asyryň başynda, akyl ýetirişin täze kuwwatly usuly bilen ylmy ýaraglandyran, nazary fizi-kanyň möhüm ugry bolan *statistiki fizika* döredi.

XX asyrdaky termodinamikanyň nähili ösändigine seredeliň. Onuň ösüşiniň bi-rinji döwri Walter German Nernstiň (1864–1941 ý.) ýylylyk teoremasynyň döre-dilmegi bilen tamamlandy. Ondan soň *deňagramsyz prosesleri* özleşdirmek bi-len bagly bolan termodinamikanyň ösüşiniň täze döwri başlandy. Häzirki wagtda *deňagramsyz prosesleriň çyzykly nazaryýetiniň esaslary döredildi we şeýlelikde, çyzykly deňagramsyz termodinamikanyň döredilmegi tamamlandy*. Onuň geljekki ugurlarynyň biri – *deňagramsyz prosesleriň çyzykly däl fenomenologik nazaryýetini* döretmekdir.

*Deňagramly* termodinamikada deňagramlyk halynda bolan ulgamlara sere-dilýär we üznüksiz yzygider deňagramly hallardan geçýän, örän haýal (kwazistatik) hadysalar öwrenilýär. Bu şertlerde üýtgeýän ululyklar, meselem, basyş we tempera-tura, daşky güýçler ýok mahalynda giňişlik koordinatalaryna bagly däldirler.

*Deňagramsyz ulgamyň* mysalyna gaz akymlarynda duş gelýäris. Bu gaz akymynda bir nokatdan beýleki nokada gazyň dykzlygy, gidrodinamik tizligi we temperaturasy üýtgeýärler. Bu parametrleriň gradiýentleriniň bolmaklygy mas-sanyň, impulsyň we energiýanyň geçirilmegine getirýär. Döreyän geçiriliş proses-leri ulgamy deňagramly hala golaýlaşdyryp, dykzlygyň, tizligiň we temperturanyň paýlanyşyndaky birjynsly deňsizligi deňlemäge çalyşýarlar.

Geçiş hadysalary degişli *akymlar* bilen häsiýetlendirilýärler. Meselem, tem-pperaturanyň gradiýenti ýylylygyň akymyny, dykzlygyň gradiýenti massanyň akymyny we ş.m. döredýär. Ulgamda akymlaryň ýüze çykmagy, umuman aýdylan-da, statistiki deňagramlylygy bozýar. Meselem, ýylylygyň geçirilişine «gyzgyn» molekulalaryň diffuziýasy ýaly seretmek bolar, gyzgyn molekulalaryň gitmegi bolsa ulgamda deňagramlyk haly bozýar. Eger deňagramlylygy tolgundyryan ha-dysalar, olary döredýän hadysalardan az depginli (intensiwli) bolsa, onda kesgitli takyklyk derejesi bilen *çäklendirilen (lokal) deňagramlylyk*, ýagny fiziki tükeniksiz kiçi göwrümdäki deňagramlylyk barada aýtmak bolar.

Lokal termodinamiki deňagramlylyk baradaky teklipl ilkinji gezek I.R.Pri-gožin tarapyndan aýdyldy we ol öwrülišiksiz hadysalaryň termodinamikasy üçin örän önjeýli boldy. Bu ilkinji nobatda, deňagramsyz hallar üçin halyň funksiýasyny, meselem, entropiýany girizmek bilen kesgitlenýär. Ýöne, bu entropiýa, ulgam deň-agramlyk halynda bolan ýagdaýynda onuň bagly bolan üýtgeýän ululyklaryna bagly bolmalydyr. Bu bolsa haçan-da, termodinamiki funksiýalar koordinatalaryň we wa-gtyň funksiýasy bolanda, *Gibbsiň gatnaşygy* görnüşindäki termodinamikanyň ikinji başlangyjynyň deňagramsyz hallar üçin hem dogrudygyny aňladýar.

**Ilýa Romanowiç Prigožin (1917–2003 ý.)** – rus gelip çykyşy bolan belgiýaly fizik we himik. Ol Moskwada doguldy (107-nji surat). Başlan-gyç we orta bilimi Berliniň we Brýusseliň mekdeplerinde aldy, soňra himiýany Belgiýanyň paýtagtyndaky Azatlyk uniwersitetinde öwrendi. 1947-nji ýylda doktorlyk derejä eýe boldy we fiziki-himiýanyň profes-sory wezipesinde işledi. 1962-nji ýylda ol Brýusseldäki Solweýewskiý adyndaky fizika we himiýa Halkara institutynyň direktory we 1967-nji ýylda Ostindäki Tehas uniwersitetiniň (ABŞ) ýanyndaky özüniň döreden Statistiki hadysalaryň we termodinamikanyň merkezinde direktor bol-dy. Öwrülišiksiz hadysalaryň termodinamikasy we olaryň himiýada we biologiýada ulanylyşy boýunça ol 1977-nji ýylda himiýa boýunça Nobel baýragyna mynasyp boldy.



107-nji surat. Ilýa Romanowiç Prigožin

Prigožiniň ylmy işleri deňagramsyz termodinamika we fiziki himiýa bagyşla-nandyr. Prigožin öwrülišiksiz hadysalaryň fenomenologik nazaryýetine düýpli goşant goşdy we *entropiýa önümçiligi* we *entropiýanyň akymy* düşüňjelerini girizdi. Şeýle hem ol termodinamikanyň ikinji başlangyjynyň lokal kesgitlemesini berdi



we *lokal deňagramlyk prinsipini* hödürledi. Ol stasionar halda kesgitli daşky parametrlerde entropiýanyň önümçiliginiň tizliginiň termodinamik ulgamda minimal bolýandygyny (*Prigožiniň teoremasy*) we aýyk ulgamda öwrülişiksiz hadysalar üçin entropiýanyň önümçiliginiň minimuma ymtylýandygyny (*Prigožiniň kriterisi*) anyklady.

Şeýle hem Prigožin öwrülişiksiz hadysalaryň statistiki termodinamikasy boýunça ilkinji işleri etdi, dissipatiw gurluşlaryň nazaryýetini öňe sürdi, olary beýan etmekligiň matematiki guralyny döretti.

1931-nji ýylda norwegiýaly gelip çykyşy bolan amerikan fizigi we himigi Lars Onzager (1903–1976 ý.) deňagramlyk ýagdaýyndan uly bolmadyk gyşarmalarda  $J_i$  (bu ýerde  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) akymalar bilen  $X_j$  (bu ýerde  $j = 1, 2, 3, \dots, n$ ) termodinamiki güýçleriň arasynda çyzykly baglanyşygyň bardygyny çaklady. Şunlukda, her bir termodinamiki güýç dürli akymalary, meselem, temperaturanyň gradiýenti ýaly güýç, diňe ýylylygyň akymyny döretmän, eýsem maddanyň akymyny ýa-da elektrik toguny hem döredip bilýär. Umumy halda akym birnäçe ululyklaryň gradiýentlerine bagly bolup bilýär. Bu hadysalar deňlemeler ulgamy bilen beýan edilýärler. Hereketleriň umumylaşdyrylan termodinamiki deňlemeriniň gysga ýazgysy aşakdaky görnüşe eýedir:

$$J_i = \sum_{j=1}^n L_{ij} X_j,$$

bu ýerde  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ;  $L_{ij}$  – kinetiki koeffisiýentler.

Onzager akymalaryň we güýçleriň degişli saýlawynda diagonal däl koeffisiýentleriň aşakdaka deňdigini kesgitledi:

$$L_{ij} = L_{ji} \quad (i \neq j \text{ bolanda}).$$

Bu deňliklere *Onzageriň özaralyk baglanyşyklary* diýilýär.

Şeýlelikde, *iki prinsip - termodinamiki akymalaryň çyzykly prinsipi we Onzageriň özaralyk baglanyşyklary* deňagramsyz hadysalaryň nazaryýetiniň esasyny düzdüler we çyzykly deňagramsyz termodinamikanyň ösüşini güýçlendirdiler.

*Onzageriň özaralyk baglanyşyklary* öwrülişiksiz hadysalaryň termodinamikasynda ägirt uly ähmiýete eýe boldy. Olar dürli fiziki hadysalary, meselem, termodiffuziýa hadysasy bilen oňa ters hadysany – *diffuzly termoeffekti* baglanyşdyrýarlar. Şunlukda, anyk hadysanyň belli häsiýetnamalary boýunça ters hadysanyň häsiýetnamalaryny öňünden aýtmak bolýar. Termodinamikanyň taryhynda öwrülişikli nokat bolan *özara gatnaşyklary* açandygy üçin Onzagere 1977-nji ýylda himiýa boýunça Nobel baýragy berildi.

*Açyk ulgamlary* öwrenmek ertirki günün termodinamikasynyň öňdebaryjy ugurlarynyň biridir. *Öz-özüňi guramagyň* açyk ulgamlaryň umumy häsiýetidigi baradaky netijäniň kesgitlenmegi deňagramsyz termodinamikanyň gazanan üstünli-

---

gidir. Şunlukda, diňe *deňagramsyzlyk tertiplenmäniň çêşmesi bolup hyzmat edýär*. Bu netije Prigožiniň ýolbaşçylygynda Brýussel mekdebiniň wekilleriniň öňe süren pikirleri üçin başlangyç nokat bolup hyzmat etdi.

Öz-özünü guramagyň derňewinde döreýän esasy kynçylyk, ol hem, bu ýerde öwrülişiksiz hadysalaryň çyzykly termodinamikasynyň garaýyşlaryny ulanyp bolmaýanlygydyr. Akymlar bilen termodinamiki güýçleriň arasynda çyzykly baglanyşygyň bardygy baradaky çaklama dogry däl ekeni, sebäbi gurluşlaryň emele gelmegi deňagramlyk haldan uzakda bolup geçýär. Muny mysallarda düşündireliň.

#### *Laminar akymyň turbulente geçişi*

Termodinamiki deňagramlykda suw dynçlykda bolýar (hereket tizligi nola deň). Deňagramlygy, meselem, basyşyň gradiýentini döretmek bilen bozalyň. Suw turbada batly gysyladaky ýaly kiçi basyşlara tarap hereket edip başlar. Käbir kritiki tizlige çenli akym laminar bolar: suw, akymyň ugruna parallel bolup, gatlaklar ýaly hereket edip başlar. Bu ýagdaýda akymlar we termodinamiki güýçler çyzykly gatnaşyklar bilen baglanyşyklydyr. Eger hereket tizligi käbir kritiki bahadan ýokary bolsa, onda suwuklygyň hereket suraty täsin şekilde üýtgeýär: akym turbulentli bolar. Deňagramlykdan uly gyşarmalara degişli bolan bu ýagdaýlarda, dissipatiw hadysalaryň ýiti artmagy bilen döreýän çyzykly dälligi hasaba almak zerurdyr.

Gidrodinamik akymlarda turbulente geçmek meselesi bu gün nusgawy fizikanyň in kyn meseleleriniň biridir.

#### *Benaryň öýjügi*

Mysal hökmünde suwuklykda Benaryň öýjükleriniň emele gelmegine seredeliň. Eger suwuklygy güýçli gyzdysak, onda aşaky we ýokarky üstleriň arasynda temperaturanyň gradiýenti döreýär. Agyrlyk güýjüniň we *Arhimed güýjüniň* bardygy netijesinde bu ulgam durnuksyz bolar, sebäbi aşaky ýeňil gatlak we ýokarky agyr gatlak orunlaryny çalyşmaga ymtylýarlar. Emma suwuklygyň şepbeşikligi netijesinde temperaturanyň uly bolmadyk gradiýentlerinde hereket döremeýär we ýylylyk diňe ýylylyk geçijilik arkaly geçirilýär. Diňe temperatura gradiýentiniň kritiki bahasyna ýetilende, altyburçluk öýjük görnüşinde häsiýetli gurluşa eýe bolan, konweksion akymy ýüze çykýar. Öýjügiň içinde suwuklyk ýokary galýar, guralary boýunça bolsa, aşak düşýär.

#### *Himiki sagatlar*

Himiki reaksiýalar giňişlik, wagt we giňişlik-wagt gurluşlaryň emele gelmesiniň köp mysallaryny berýärler. Şeýle ilkinji derňew edilen we bu görnüşe degişli has ajaýyp reaksiýalaryň biri *Belousow-Žabotinskiniň reaksiýasydyr*. Sowet alymlary Boris Pawlowiç Belousow (1893–1970 ý.) we Anatoliý Markowiç Žabotinskiý (1938–2008 ý.) erginiň reňki mawydan gyzyla periodik üýtgeýän himiki reaksiýany ýüze çykardylar. Şunlukda, erginiň reňkiniň üýtgemegini hiç hili abzalsyz göz bilen görmek bolýardy. Bu hadysa periodyň we amplitudanyň

ideal gaýtalanýan bahalary bilen dowam edýär. Şoňa görä-de, bu yrgyldylary «*himiki sagatlar*» diýip atlandyrdylar. Häzirki wagtda şeýle häsiýetleri bolan köp reaksiýalar tapyldy.

Prigožin deňagramsyz hadysalary derňäp, *entropiýanyň artmaklygy tertipsizligiň artmagyna getirýär* diýen netijä geldi. Tertipsizlik dünýäsinde emele gelýän fluktasiýalar, deňagramlyk ýagdaýdan uzakda bolan kesgitli şertlerde, tertipli gurluşa getirmegi mümkin.

Bu pursatlary Prigožin *bifurkasiýa nokatlary* diýip atlandyrdy (*bifurkasiýa bifurcus latyn sözünden «ikilenme» manyny berýär*). Bifurkasiýa nokatlary ulgamyň özüni alyp barşy durnuksyz bolýan we birnäçe hallara ewolýusiýa boýunça geçýän kritiki önüsyra nokatlarydyr. Diňe bu nokatlarda seýrek duş gelýän hadysalaryň turbulentliginiň döretmekligi, Benaryň öýjükleriniň emele gelmegi, täze mehanizmleriň döremekligi, himiki sagatlaryň işlemegi üçin jogapkär bolýan täze mehanizmleriň döremekligi we beýlekileriň döremekligi üçin mümkinçilik açylýar.

Deňagramsyz hadysalara düşünmek üçin Prigožin örän möhüm bolan *attraktor* adalgany girizdi. *Attraktor dissipatiw ulgamyň (energiýanyň pytramasy bolup geçýän ulgamyň) ahyrky halydyr*.

Ideal maýatnigiň (howanyň sürtülmesi we garşylygy ýok ýagdaýynda) attraktory ýokdur, sebäbi ol tükeniksiz köp wagtda yrgyldap bilýär. Real maýatnik ýuwaş-yuwaşdan deňagramlyk ýagdaýyna gelip durýar. Bu ýagdaý attraktor hal bolýar. Edil şunuň ýaly, termodinamiki ulgamyň deňagramlyk haly hem attraktor hal bolýar.

Himiki sagatlar periodiki attraktorlara mysal bolup biler. Häzirki wagtda *täsin (haotiki) attraktorlar* diýip atlandyrylýan, has çylşyrymly attraktorlar açyldy, olar nokatlaryň köplüğine degişlidir (*30.1.8-nji baba seret*).

Ähli ylmy dersleriň arasynda termodinamika özüniň aksiomalaýyn talap edijiligi we özüniň esas goýujy başlangyçlarynyň umumylygy bilen tapawutlanýandygyny bellemek gerek. Termodinamikanyň esasy gowy taraplarynyň biri onuň, haýsy bolsa-da, bir anyk ulgamlara bagly bolmadyk, netijeleriniň köp ugurlylygydyr. Bu ýagdaý tebigatyň janly we janly däl, şol sanda durmuş ulgamynyň pudaklaryny derňemekde termodinamikany ulanmaga mümkinçilik berýär. Fizikanyň taryhynda edilen açyşlaryň dogrulygyny diňe termodinamikanyň garaýyşlarynyň kesgitlän ýagdaýlary birnäçe gezek duş gelindi. Termodinamikanyň mümkinçiligi ägirt uly bolup, ol azalmady, aýratyn-da häzirki wagtda deňagramsyz ulgamlaryň nazaryýeti ösýär.

Şunuň bilen nusgawy fizikanyň ösüş döwründe edilen esasy derňewleriň we açyşlaryň syny tamamlanýar. Bu döwrüň fizikasynyň taryhynyň ylmy wakalarynyň (ylmy işleriň, açyşlaryň, oýlap tapyşlaryň, tehniki üstünlikleriniň) yzygiderligi *1-nji Goşmaçada* getirilendir.

**15-nji bab. XIX ASYRYŇ AHYRYNDAKY WE XX ASYRYŇ  
BAŞLARYNDAKY YLMY REWOLÝUSIÝA****15.1. Nusgawy däl fizikanyň häsiýetli aýratynlyklary**

XIX asyryň ahyrynda we XX asyryň başlarynda nusgawy fizikadan täze kwant-relýatiwistik, ýagny nusgawy däl fizika geçildi. 1899-njy ýylyň 22-nji sentýabrynda Lýudwig Bolsman nazary fizikanyň usullarynyň ösüşi baradaky çykyşyny aşakdaky sözler bilen tamamlady: «*Umuman ýüzýyllykda ýeterlik işlenildi. Ol geljekki ýüzýyllyga garaşylmadyk položitel maglumatlaryň we usullaryň beýik durulygyny hem-de aýdyňlygyny miras goýýar. Spartanlaryň harby hory ýaşlary çagyýar: siz bizdenem gaýratly boluň! Biz gadymy däbe eýerip, täze ýüzýyllygy garşylanymyzda spartanlaryňka deň bolan beýiklik bilen, oňa geçen asyrdanam beýik we manyly bolmagyny arzuw ederis*».

Şol döwürde A. Eýnşteýn 20, N. Bor bolsa 14 ýaşyndady. Hiç kim, şol sanda L. Bolsmanyň özi hem geljekki ýüzýyllygyň geçmişde öwrenilmedik, garaşylmadyk maglumatlary açjakdygyny, adaty garaýyşlary inkär edýän nazary derňewiň täze usullaryny döretjekdigini bilmeýärdi. Şol wagt hiç kim fizikanyň rewolýusion eýýama gadam basandygyny çaklamaýardy. Bu rewolýusiýa XIX asyrdan miras galan köne garaýyşlarda döredi.

Rewolýusiýadan öň fizika öňki bölümler boýunça ösýärdi. Ylmy žurnallarda çap edilýän işleriň sany ýylda 3–3,5 müňe deňdi. Alymlaryň sany hem şoňa deňeçerräkdí.

Täze fizika «*nusgawy*» ruhda ýerine ýetirilen işleriň çäginde çykyp, kem-kemden döredi, şunlukda, käwagtlar düýbünden täze hadysalar hem öwrenilýärdi. Adaty iş düzgünine görä işläp, fizika synaglar, ýalňyşlyklar usuly we seresaplyk bilen täsin dünýäniň häsiýetlerini öwrenip başlady. Täze dünýä şol döwürde düşnükli bolan Nýutonyň we Makswelliň «*nusgawy*» dünýäsinden düýpli tapawutlanýardy.

Täze fizikanyň döräp başlamagy onuň jemgyýet bilen özara gatnaşygyna täsirini ýetirdi. ABŞ-da we Ýewropanyň öňdebaryjy ýurtlarynda öndüriji güýçleriň işjeň ösmegi ylmyň hem şeýle depginler bilen ösmegine getirdi. Ylym, esasan hem, hususy kärhanalarda ýokary ösüşe eýe boldy. Ýagny, Germaniýanyň belli «*Siemens*» elektrotehniki konserni, Gelmgols tarapyndan ýolbaşçylyk edilýän Berlindäki Fiziki-tehniki inistitut ykdysady tarapdan maliýeleşdirmegiň ýarsyny üpjün edýärdi.

Soňra «Siemens & Galske» we «Siemens & Šukkert» firmalary öz kärhanalarynda hususy elektrotehniki barlaghanalary gurnadylar. Şuňa meňzeş firmalar, ýöne kiçi ölçeglerde, Angliýada, ABŞ-da we Fransiýada döredi. Russiýa bu tarapdan Ýewropanyň we Amerikanyň ösen ýurtlaryndan düýpli yza galýardy. Diňe meşhur Nobel-iň telekeçiler maşgalasy Russiýada ylmy ösdürmek üçin pul serişdelerini goýmagy zerur hasap edýärdiler. Elbetde, bu XX asyryň başy üçin ýeterlik dälidi.

Ylmy barlaglary maliýe tarapdan üpjün etmäge hususy maýa goýumlaryň gatnaşmagy, alymlar bilen iş berijileriň arasynda täze özara gatnaşyklaryň döremegine getirdi. Muňa 1909-njy ýylda «General elektrik» firmasynyň ylmy-barlag barlaghanasyna işe giren meşhur alym we inžener Irwing Lengmýuryň (1881–1957 ý.) aşakdaky sözleri şaýatlyk edýär: «*Tehniki prosesleri gowulandyrmaga gyzyklanýan kärhana ýolbaşçylary, köplenç, özläriniň zähmet öndürijiliklerini giňeldýän ylmy açyşlaryň mümkinçiliklerine dogry baha berýärler. Şonuň üçin, olar ýörite meseleleri çözmek üçin ylmy-barlag barlaghanalaryny döretmegiň maksadalaýykdygyna düşüňýärler*». Soňra Lengmýur firmanyň ýolbaşçylarynyň bazar garaýyşlary bilen alymyň garaýyşlarynyň arasyndaky gapma-garşylygyň gutulgysyzdygy barada aýdýar. Alym üçin, ylmy bilesigelijilik hemme zatdan ýokarydyr. Bu ymtylyş ylmyň häzirki ýagdaýy üçin hem häsiýetlidir.

1901-nji ýylda Nobel baýragynyň döredilmegi ylmy-tehniki rewolýusiýa döwründe ylym bilen jemgyýetiň özara gatnaşyklarynda örän peýdaly boldy. Nobel baýragy bir tarapdan alym üçin ýokary baýrak bolmak bilen, beýleki tarapdan adaty alym däl adama ylmyň kyn we elmydama düşnükli bolmadyk dünýäsinde ugur tapmaga mümkinçilik berýär. Nobel baýragynyň döredilmegi ylmyň jemgyýetde täze ähmiýete eýe bolandygyna şaýatlyk edýär (19-njy baba seret).

Ýokarda belläp geçişimiz ýaly XIX–XX asyrlaryň çatrygynda fizika bilen, takmynan 3000 adam meşgullanýardy. 1901-nji ýylda Parižde geçirilen fizika boýunça I Halkara kongrese 300-e golaý alym gatnaşdy. Olaryň arasynda ýaş alymlar has köpdi. Fizika bilen ýaş alymlaryň gyzyklanmagy täze ylmy rewolýusiýa üçin häsiýetlidir. Kopernik has ýokary ylmy işjeňlik ýagdaýyndaky 70 ýaşyndady, Galileý bilen Nýuton bolsa 45 ýaşyndadylar. XX asyryň täze fizikasyny döredijiler - E.Rezerford, A. Eýnşteýn we N. Bor 30 ýaşlaryna ýetmänkäler beýik açyşlar etdiler. Olaryň okuwçylary olardan hem ýaşdylar.

Bu döwürde dörän ylym nusgawy fizkanyň garaýyşlarynda we ýörelgelerinde terbiýelenen uly we orta ýaşly alymlar tarapyndan örän kynlyk bilen kabul edilýärdi. Onuň esasy sebäbi täze garaýyşlara öwrenişmegiň kynlygydy.

XVI – XVII asyrlaryň ylmy rewolýusiýasynda ýagdaý beýle dälidi. Ol döwürde täze garaýyşlar ýuwaşlyk bilen döreýärdiler we alymlar olary özleşdirip ýetişýärdiler. Ýagny, Nýuton ýaş D. Bernulli tarapyndan hödürlenen *wariasion meseläni* kynçylyksyz çözdü. Ýöne, eýýäm XIX asyrdan nesilleriň gapma-garşylygy duýlup başlandy. Ýagny, energiýanyň saklanma kanunynyň tassyklanmagynda ýaşlar



(R. Klauzius, U. Tomson, R. Maýer, G. Gelmgols) öz uly alym ýoldaşlary bilen düşünişmediler.

XIX–XX asyrlaryň ylmy rewolýusiýasy fizika bilen tehnikanyň arabaglanyşygyny täze derejä göterdi, ýagny şu döwürde «*tehnika amaly fizikadyr*» diýlen tas-syknama döredi. Fizika täze tehniki mümkinçilikleri hat-da, tehnikanyň täze pu-daklaryny döretdi. Şol bir wagtyň özünde tehnika ylmy «*senagatlaşdyrды*», ýagny XX asyrda fizikanyň esasy üstünlikleri ylmy abzal gurluşygyň üstünlikleri bilen baglanyşdy.

Senagatlaşdyrmak bilen birlikde ylmy rewolýusiýa ylmyň «*toparlanmagyna*» («*kollektivleşmegine*») hem getirdi. Ylmy barlaglary özbaşdak geçirýän alymlaryň ýerine ylmy toparlar döredi. Bu XIX asyryň ortalarynda başlandy, ýagny ylmy *institutar* (Angliýada *Kawendiş barlaghanasy*, Germaniýada *Fiziki-tehniki instituty* we başgalar) döröp başlady. Ol guramalarda ilkinji gezek ylmy barlaglarda zähmetiň bölünişi döröp başlady. Şol döwürde heniz alymlar, esasan, ýekelikde ýa-da kiçi toparlar bilen işleýän hem bolsalar, ylmy tejribäniň tehnikasynyň ösmegi, bu teh-nikalary işledip bilýän dürli hünärlerdäki hünärmenleriň ylmy-barlag işine gatnaş-maklaryny talap edýärdi. XX asyryň, aýratyn hem, asyryň ikinji ýarymynda edilen açyşlaryň köp bölegi, uly ylmy toparlar tarapyndan ýerine ýetirildi.

Ylmy hünärmenleri taýýarlamaklyk diňe uniwersitetlerde däl-de, ylmy eda-ralarda hem amala aşyrylyp başlandy. Ylmy mekdepleri bar bolan ylmy edaralar-da ylmy barlaglar has-da, üstünlikli alnyp barylady. J.J. Tomsonyň, E. Rezerfordyň, G. Gelmgolsyň, H. Boruň, E. Ferminiň, I.W. Kurçatowyň ýolbaşçylygyndaky ylmy mekdepleriň işgärleri XX asyryň birinji ýarymynda edilen açyşlaryň awtorlary bol-dular.

XIX–XX asyrlaryň ylmy rewolýusiýasynyň aýratynlyklaryna seredenimiz-de ylmy barlaglaryň *militarizasiýalaşmagyna* degişli soraga hem seretmek gerek. Arhimed döwründen bäri ylym özüniň üstünliklerini ilkinji nobatda harby pudakda ulanyp geldi. Muňa birtaraplaýyn baha bermek kyn. Bir tarapdan, ylmyň uruş bilen baglanyşygynyň ahlaksyzdygy gürrüňsizdir. Harby pudakda özüniň ulanylyşyny tapan ylmy açyşlar, millionlarça adamlaryň gyrylmagyna sebäp boldy. Bu aýratyn-da XX asyryň ortalarynda, adamzady бүтинleý ýok etmäge ukyply ýadro ýaragy oýlanyp tapylandygy, açyk ýüze çykdy. Şol bir wagtyň özünde, harby-senagat top-lumyň buýurmasy boýunça geçirilen ylmy barlaglar, ähmiýeti amaly işleriň çägin-den çykýan açyşlara getirdi. Ylmyň ösüşiniň logikasy şundan ybaratdyr. Alnan ylmy netijeler islendik maksatlar üçin ulanylýan bolsa-da, ol özbaşyna ahlaksyz bolup bilmez. Häzirlikçe, Albert Nobeliň arzuw edişi ýaly, ylmyň gazananlaryny diňe parahatçylyk maksatlary üçin ulanmak başardanok. Emma bu tarapa bo-lan öwrülişik gürrüňsiz başlandy we ylymda militaristik ugruň doly ýitjek wagty geler, fiziki açyşlaryň akymy bolsa, harbylaryň ylmy sahylyk bilen maliýeleşdiren döwründäki ýaly has-da artar. Aslyýetinde şeýle maksat, adamzadyň öňünde XIX

asyryň ahyrynda – XX asyryň başyndaky ylmy-tehniki rewolýusiýanyň döwründe ilkinji gezek döredi.

## 15.2. Şöhlemenme nazaryýetiniň ösüşi we ýagtylyk kwantlary baradaky garaýşyň döremekligi

Absolýut gara jisimiň şöhlemenme kanunlaryny nazary düşündirmeklik fizikanyň taryhynda uly ähmiýete eýe boldy. Ol *energiýanyň kwanty* baradaky düşüňjä getirdi. Şol sebäpli bu soragy öwrenmekligiň ähmiýetiniň uludygyny göz önüne tutup absolýut gara jisimiň şöhlemenmesiniň öwreniliş taryhyna giňişleýin seredeliň.

XIX asyryň ahyrynda – XX asyryň başlarynda bolup geçen ylmy rewolýusiýanyň gazananlaryna garap geçmekligi *ýylylyk şöhlemenmesini* derňemek taryhyndan başlamak oňalydyr. Taryhdan belli bolşy ýaly, meşhur U. Tomson (lord Kelwin) öz okuwçylarynyň birine şeýle diýipdir: «*Indi fizikany öwrenmek gerek däl. Ol doly öwrenildi. Fizikanyň aýdyň gözýetiminde diňe iki sany bulutjagaz bar: absolýut gara jisimiň şöhlemenmesi we Maýkelsonyň tejribelerini düşündirmek*». U. Tomson düýpli ýalňyşýardy. Bu «*bulutjagazlar*» ýönekeý «*bulut*» däl-de, olar «*güýçli, çabgaly*» bulutlardy. Soň olardan, U. Tomsonyň wepaly bolup galan nusgawy fizikasyndan hem ýokarda duran, täze fizika döredi.

Dury däl jisimiň üstüne düşýän ýagtylyk akymynyň energiýasynyň bir bölegi jisimiň üstünden serpigýär, bir bölegi bolsa jisimiň içine geçýär we ýuwdulýar. Ýuwdulan energiýanyň köp bölegi ýylylyk energiýasyna öwrülýär. Şol sebäpli ýagtylyk şöhlelerini ýuwdulýan jisimler gyzýarlar. Daşky gurşawyň temperaturasyndan ýokary bolan temperatura çenli gyzdyrylan jisim özüniň ýylylygyny dürli tolkun uzynlykly (üznüksiz spektrli) elektromagnit tolkunlary görnüşinde şöhlelendirýär. Şeýle şöhlemenmä *ýylylyk şöhlemenmesi (temperatura şöhlemenmesi)* diýilýär. Her bir şöhlemenmede energiýanyň ýitgisi bolýar we ol şöhlemenme içki energiýanyň ýa-da daşardan energiýany almaklygyň hasabyna amala aşyrylýar.

Eger jisimiň ýylylyk şöhlemenmesine harçlaýan energiýasy oňa berlen ýeterlik ýylylyk mukdarynyň hasabyna üsti doldurylmasa, onda onuň temperaturasy kem-kemden peselýär, ýylylyk şöhlemenmesi bolsa azalýar.

Ýylylyk şöhlemenmesi madda bilen termodinamiki deňagramlylykda bolmaga ukyply ýeke-täk şöhlemenmedir. Ýylylyk şöhlemenmäniň meselelerinde deňagramly şöhlemenme diýilýän düşüňje aýratyn ähmiýete eýedir. Ähli jisimleri şol bir temperaturada bolýan, *adiabatiki ýapyk* (ýylylykdan goralan (izolirlenen)) ulgamda döreýän ýylylyk şöhlemenmesine *deňagramly şöhlemenme* diýilýär. Deňagramly şöhlemenme birjynslydyr, izotropdyr we polýarlanan däldir, ýagny her bir nokatda birmeňzeş dyklyzlyga we spektral düzüme eýedir. Meýdanyň güýjenmesiniň ähli ugurlar boýunça ýaýramaklygy we yrgyldylary birmeňzeş ähtimallyk bilen bolup geçýär.

*Düşýän energiýanyň ählisini özüne siňdirýän jisime gara (absolýut gara) jisim diýilýär. Üstün birlik meýdanyndan ähli ugurlar boýunça goýberilýän şöhlenme energiýasynyň akymynyň spektral dykzlygyna jisimiň  $r(v, T)$  şöhle goýbermek ukyby diýilýär. Jisimiň şöhle siňdirmek ukyby  $a(v, T)$  diýip, berlen ýygylkdaky (ýa-da tolkun uzynlykdaky) düşýän şöhlenmäniň energiýasynyň haýsy böleginiň siňdirilýändigini görkezýän, ölçeg birliksiz ululyga aýdylýar.*

XIX asyryň ahyrynda öz düşündirişini tapmadyk tejribe meseleleriň biri, gyzyrylan jisimiň şöhlenme spektridi. Alymlar uzak wagtyň dowamynda absolýut gara jisimiň şöhlenme spektriniň tejribe bilen takyk we doly sazlaşygyny beýan edýän formulany tapmaklyga synanyşdylar. Bu mesele boýunça barlaglar ir döwürde başlanypdy.

1809-njy ýylda şweýsar fizigi Pýer Prewo (1751–1839 ý.) onuň ady dakylan düzgüni dörettdi. Bu düzgüne görä *jisimiň şöhle goýbermek we siňdirmek ukyplary biri-birine göni baglydyr, ýagny jisim käbir ýygylk aralygynda, berlen temperaturada ýagtylygy güýçli goýberýän bolsa, onda bu jisim şol bir ýygylklar aralygynda we berlen temperaturada şol ýagtylygy hem siňdirmelidir (Prewo düzgüni).*

Ýöne, absolýut gara jisimiň hakyky derňewlerini G. Kirhgof geçirdi.

**Gustaw Robert Kirhgof (1824–1887 ý.)** - nemes fizigi (108-nji surat), Kenigsberg uniwersitetini tamamlady, Breslawl, Geýdelberg we Berlin uniwersitetleriniň professory boldy. Alymyň ylmy işleri elektrige, mehanika we optika degişlidir. Ol şahalanan elektrik zynjyrlarynyň garşylygyny (Kirhgofyň düzgüni) hasaplamak boýunça işleri bilen bellidir. G. Kirhgof Gyúýgens-Freneliň prinsipiniň matematiki subutnamasyny berdi we Robert Wilgelm Bunzen (1811–1899 ý.) bilen bilelikde spektral derňew usulyňy oýlap tapdy. Kirhgofyň esasy üstünligi spektroskopiýadadyr, ýagny ol Günüň spektrindäki fraungofer çyzyklarynyň tebigatyny düşündirdi.



108-nji surat. Gustaw Robert Kirhgof

Goý, ýylylyk çalşygyna adiabatik gabygy bilen gaplanan, ýapyk ulgamy emele getirýän jisimler gatnaşýan bolsun, ýagny ulgamyň daşky gurşaw bilen ýylylyk çalşygy ýok bolsun. Belli bir wagtdan soň bu jisimler deňagramlylyk ýagdaýa gelerler, ýagny olar birmeňzeş temperatura eýe bolarlar. Emma bu ýagdaý ulgamyň içinde şöhlenmäniň bes edilendigini aňlatmaýar. Eger deňagramly ýagdaýa ýetilen bolsa, onda wagtyň islendik pursatynda her bir tolkun uzynlygy üçin, şöhlenýän energiýa siňdirilýän energiýa deň bolmaly. Termodinamikanyň II kanunyndan ugur alyp, Kirhgof ýylylyk deňagramlylygynyň şertiniň aşakdaky ýaly bolmalydygyny aýtdy (1860 ý.): *Islendik jisimiň şöhle goýbermek we şöhle siňdirmek ukybynyň gatnaşygy jisimiň tebigatyna bagly däl we ähli jisimler üçin tolkunynyň ýygylgy (uzynlygy) we temperaturanyň funksiýasy görnüşinde bir meňzeş baha eýedir:*

$$\frac{r(v, T)}{a(v, T)} = f(v, T), \quad (1)$$

bu yerde  $r(v, T)$  – şöhle goýbermek ukyby;  $a(v, T)$  – şöhle siňdirmek ukyby;  $v$  – şöhlelenme ýygylygy;  $T$  – absolýut temperatura,  $f(v, T)$  – *Kirhgofyň uniwersal funksiýasy*.

$r(v, T)$  we  $a(v, T)$  funksiýalar dürli bolup bilýärler. Absolýut gara jisim üçin bolsa  $a(v, T) \equiv 1$ . Netijede, (1) formula görä absolýut gara jisim üçin  $r(v, T)$  funksiýa  $a(v, T)$  deň bolar. Şeýlelikde, *Kirhgofyň  $f(v, T)$  uniwersal funksiýasy* absolýut gara jisimiň şöhle goýbermek ukybydyr.

Nazary derňewlerde deňagramly ýylylyk şöhlelenmesiniň spektral düzümini derňemek üçin ýygylygyň we temperaturanyň  $f(v, T)$  funksiýasyndan peýdalanmak amatlydyr. Tejribe işlerinde bolsa, tolkun uzynlygynyň we temperaturanyň  $\varphi(\lambda, T)$  funksiýasyndan peýdalanmak amatlydyr. Bu iki funksiýa öz aralarynda şeýle formula bilen baglanyşyklydyrlar:

$$\varphi(\lambda, T) = \frac{c}{\lambda^2} f(v, T), \quad (2)$$

bu yerde  $c$  - ýagtylygyň tizligi.

Absolýut gara jisimiň  $f(v, T)$  şöhle goýbermek ukyplylygy ýylylyk şöhlelenmesiniň energiýasynyň deňagramly dykzylygy  $\rho(\lambda, T)$  bilen şeýle baglanyşyklydyr:

$$f(v, T) = \frac{c}{4} \rho(v, T). \quad (3)$$

Tebigatda absolýut gara jisim ýokdur. Gurumyň ýa-da platinanyň garasynyň siňdirmek ukyplylygy  $a(v, T)$  bire golaýdyr (0,99). Emma özüniň häsiýeti boýunça absolýut gara jisime has ýakyn gurluş döretmek mümkindir. Şeýle gurluş kiçijik deşigi bolan, ýapyk diýen ýaly köwek görnüşindedir. Deşikden içine girýän şöhlelenme, deşikden yzyna çykmanka, köp gezek köwegiň içki diwarlaryndan serpikmä sezewar bolýar. Her bir serpikmede energiýanyň bir bölegi siňdirilýär, netijede islendik ýygylykly ähli şöhlelenme şeýle köwek tarapyndan siňdirilýär (Şol sebäbe görä açyk güneşli gün otagyň içine uzakdan seredilende garaňky ýaly görünýär). Köwegiň deşigi, onuň üstüne düşýän şöhlelere we deşikden çykýan ýylylyk şöhlelenmesine görä özüni edil, köwegiň diwarlarynyň temperaturasyna deň bolan temperaturaly absolýut gara jisimiň üsti ýaly alyp barýar. *Kirhgofyň kanunyna* görä şeýle gurluşyň şöhle goýbermek ukyby  $f(v, T)$  funksiýa örän golaý, şunlukda  $T$  köwegiň diwarlarynyň temperaturasyny aňladýar.

Şeýlelikde, eger köwegiň diwarlaryny käbir  $T$  temperaturada saklasak, onda deşikden, şol bir temperaturada bolan, spektral düzümi boýunça absolýut gara jisimiň şöhlelenmesine örän golaý bolan şöhlelenme çykar. Bu şöhlelenmäni difraksiýa gözenegi bilen spektrlere dargatsak we spektriň dürli bölekleriniň intensiwli-

gini ölçesek, onda tejribe üsti bilen  $f(v, T)$  ýa-da  $\varphi(\lambda, T)$  funksiýanyň görnüşini kesgitlemek bolar.

*Kirhgofyň kanuny* açylandan soň, ýylylyk şöhlelenmesiniň nazaryýetiniň ilkinji nobatdaky meselesiniň, *Kirhgofyň uniwersal funksiýasynyň* görnüşini tapmaklyk bolup durýandygy, ýagny absolýut gara jisimiň  $f(v, T)$  şöhle goýbermek ukybynyň  $T$  temperatura we  $v$  şöhlelenme ýygylgyna baglylygynyň görnüşini anyklamakdygy aýdyň boldy.

Kirhgof  $f(v, T)$  funksiýanyň görnüşini kesgitlemedi, ol diňe onuň käbir häsiýetlerini belledi. Kirhgofyň  $f(v, T)$  funksiýasynyň görnüşini, ýagny gara jisimiň spektral düzümini anyklamak meselesi örän kyn boldy. Uzak wagtyň dowamynda  $f(v, T)$  funksiýanyň nazary görnüşini almaklyk başartmady. Emma ilkibaşda has ýönekeý meseläni – *absolýut gara jisimiň  $R_1$  energiýa ýagtylanmasynyň* onuň temperaturasyna baglylygyny tapmak meselesini çözmek başardy.

1879-njy ýylda awstriýaly fizik Ýozef Stefan (1835–1893 ý.) tejribe maglumatlaryny derňäp, *islendik jisimiň  $R_1$  energiýa ýagtylanmasy termodinamiki temperaturanyň dördünji derejesine göni baglydyr*, diýen netijä geldi. Emma soňky has takyk ölçegler bu netijäniň ýalňyşdygyny görkezdi. Stefanyň alan netijesi (ol absolýut gara jisimler bilen tejribe geçirmändi) diňe absolýut gara jisimler üçin dogry boldy.

1884-nji ýylda Stefanyň okuwçysy Lýudwig Eduarg Bolsman (1844–1906 ý.) şöhlelenme üçin termodinamikanyň prinsiplerini ulanyp we Makswelle görä izotrop şöhlelenme üçin energiýanyň göwrüm dyklylygynyň üçden birine deň bolan ýagtylygyň basyşy baradaky garaýşyndan ugur alyp, *Stefanyň kanunyny* nazary getirip çykardy. Bu kanuna görä *absolýut gara jisimiň energiýa ýagtylanmasy, ýagny integral (ähli ýygyllyk boýunça 0-dan  $\infty$ -e çenli) şöhle goýbermek ukyby, onuň termodinamiki temperaturasynyň dördünji derejesine baglydyr*:

$$R_1 = \int_0^{\infty} f(v, T) dv = \sigma T^4 \quad (4)$$

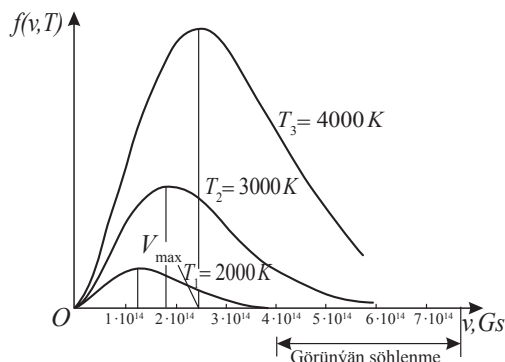
bu ýerde  $\sigma$  – hemişelik ululyk,  $T$  – termodinamiki temperatura.

Bu kanun *absolýut gara jisimiň şöhlelenme energiýasynyň temperatura baglylykda üýtgemesini kesgitleýär*:

Absolýut gara jisimiň energiýa ýagtylanmasy bilen onuň termodinamiki temperaturasynyň arasyndaky (4) gatnaşyga *Stefan – Bolsmanyň kanuny* diýilýär.  $\sigma$ - hemişeligi *Stefan – Bolsmanyň hemişeligi* diýlip atlandyrylýar. Onuň tejribede alnan bahasy:  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{Wt}{m^2 \cdot s \cdot K^4}$ .

Bu kanun diňe absolýut gara jisimler üçin dogrudyr. Gara däl jisimler üçin energiýa ýagtylanmasynyň temperatura baglylygynyň ýönekeý baglanyşygy ýokdur.





109-njy surat.  $f(v, T)$  funksiýanyň  
 $v$  ýygylga baglylygy

Indiki mesele absolýut gara jisimň şöhlelenmesiniň ýygylga baglylygyny kesgitlemekdir. Ilkinji bolup bu meseläni W. Win çözdü we absolýut gara jisimiň spektrinde *energiýanyň paýlanyşynyň kanunyny* aldy.

Bu meseläni çözmeklik ýylylyk şöhlelenmesiniň nazaryýetiniň çäginde has daşa çykdy we fizikanyň soňky ösüşinde ägirt uly ähmiýete eýe boldy. Sebäbi, *ol atomlar we molekulalar tarapyndan energiýanyň şöhlendirilmeginiň we siňdirilmeginiň kwant häsiýetiniň kesgitlenmegine getirdi*. Tejribeler ab-

solýut gara jisimiň dürli  $T$  temperaturalarynda  $f(v, T)$  funksiýanyň  $v$  ýygylga baglylygynyň 109-njy suratda görkezilişi ýaly üýtgeýändigini görkezdi. Bu suratdan görnüşine görä absolýut gara jisimiň energiýa ýagtylanmasy temperatura baglylykda çalt artýar.



110-njy surat. Wilgelm  
Karl Werner Otto Fris  
Frans Win

**Wilgelm Karl Werner Otto Fris Frans Win (1864–1928 ý.)** – nemes fizigi (110-njy surat), Berlin uniwersitetini tamamlady, Gelmgol'syň okuwçysy. Uzak wagtyň dowamynda Wýursburg, soňra bolsa Mýunhen uniwersitetleriniň professory bolup işledi. Kwant mehanikasynyň ösmekliginde uly ähmiýete eýe bolan ýylylyk şöhlelenmesini öwrenmek boýunça işleri (*Winiň süýşme kanuny*) Wini dünýä meşhur etdi. Bu işler üçin oňa 1911 -nji ýylda Nobel baýragy berildi. Wilgelm Win 1907-nji ýylda ilkinji bolup rentgen şöheleleriniň tolkun uzynlygyny ölçedi.

Temperaturanyň artmagy bilen şöhle goýbermek ukubynyň maksimумы has kiçi tolkun uzynlyklaryna (uly ýygylklara) tarap süýşýär. Kiçi ýygylklarda  $f(v, T) \approx v^2 T$ , uly ýygylklarda bolsa:

$$f(v, T) \approx v^3 \exp\left(-a_1 \frac{v}{T}\right), \quad (5)$$

bu ýerde  $a_1$  – hemişelik ululyk,  $(K \cdot s)$ . (5) baglanyşyk Win tarapyndan hödürlendi.

109-njy suratdan görnüşine görä her egride maksimумыň bolmagy, absolýut gara jisimiň şöhlelenme energiýasynyň spektr boýunça *deňölçegli paýlanmaýanlygyna şaýatlyk edýär; çünki gara jisim örän kiçi we örän uly ýygylklar çäginde energiýany şöhlendirmeyär*. Jisimiň temperaturasynyň artmagy bilen  $f(v, T)$  uly ýygylklar çäginde süýşýär.  $f(v, T)$  egri bilen abssisa okunyň arasyndaky meýdan

*Stefan–Bolsmanyň kanunyna görä absolýut temperaturanyň dördünji derejesine göni baglydyr.*

1893-nji ýylda Wilgelm Win termodinamikanyň we elektrodinamikanyň kanunlaryndan peýdalanyň Kirhgofyň  $f(v, T)$  funksiýasyny derňedi we absolýut gara jisimiň spektrinde energiýanyň paýlanyşynyň kanunyny aldy:

$$f(v, T) = v^3 F(v/T), \quad (6)$$

bu ýerde  $F(v/T)$  – Absolýut gara jisimiň şöhledenme ýygylgyna we absolýut temperatura bagly bolan funksiýa. (6) formula *Winiň formulasy* diýilýär.

Win  $f(v/T)$  funksiýanyň görnüşini kesgitläp bilmedi, emma *Winiň formulasynd*an birnäçe wajyp netijeler, meselem, *Stefan–Bolsmanyň formulasy* gelip çykýar.

(5) we (6) formulalaryň kömegi bilen integrirlemede  $x = \frac{v}{T}$  täze üýtgeýän ululyga geçip, absolýut gara jisimiň  $R_1$  energiýa ýagtylanmasynyň temperaturanyň dördünji derejesine baglylygyny alarys:

$$R_1 = \int_0^{\infty} v^3 f(v/T) dv = T^4 \int_0^{\infty} (v/T)^3 f(v/T) d(v/T) = \sigma T^4.$$

*Winiň formulasyndan  $f(v, T)$  şöhle goýbermek ukybynyň in uly bahasyna degişli bolan  $v_{\max}$  ýygylgynyň temperatura baglylygyny tapmak bolar, ýagny absolýut gara jisimiň şöhle goýbermek ukybynyň in uly bolýan ýygylgy absolýut temperatura göni baglydyr (Winiň süýşme kanuny):*

$$v_{\text{in uly}} = b_1 \cdot T, \quad (7)$$

bu ýerde  $b_1 - f(v/T)$  funksiýanyň görnüşine bagly bolan hemişelik ululyk. Bu  $b_1 = 3,69 \cdot 10^{11} \frac{1}{K \cdot s}$  ululyga in uly ýygylgy üçin *Winiň hemişeligi* diýilýär.

Temperatura artanda absolýut gara jisimiň şöhle goýbermek ukybynyň in uly bolýan ýygylgy uly ýygylklar çägene süýşýär (109-njy surat).

Adatça, *Winiň süýşme kanuny* tolkun uzynlygy arkaly aňladylýar. Onda *Winiň süýşme kanunyny*, ýagny absolýut gara jisimiň şöhle goýbermek ukybynyň tolkun uzynlygyna baglylygyny aşakdaky görnüşde aňlatmak bolar:

$$\varphi(\lambda, T) = \frac{c^4}{\lambda^5} f(c/\lambda T), \quad (8)$$

bu ýerde  $c$  – ýagtylygynyň tizligi.

Absolýut gara jisimiň şöhle goýbermek ukybynyň  $\lambda$  tolkun uzynlygyna baglylyk grafiginden görnüşine görä (111-nji surat), temperatura artanda egrileriň güberçeklenmesi kiçi tolkun uzynlyklaryna tarap süýşýär, ýagny absolýut gara jisimiň temperaturasynyň peselmegi bilen onuň şöhlelendirýän energiýasynyň in uly bahasy uzyn tolkunlara tarap süýşýär. Şunlukda, *absolýut gara jisimiň şöhle goýbermek*

ukybynyň iň uly bahasyna degişli  $\lambda_{\max}$  tolkun uzynlygy onuň termodinamiki temperaturasyna ters baglydyr:

$$\lambda_{\text{iň uly}} = \frac{b}{T}, \quad (9)$$

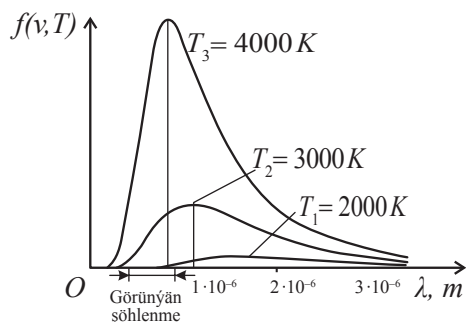
bu ýerde  $b$ -niň tejribede tapylan bahasy;  $b = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K} = 0,29 \text{ sm} \cdot \text{K}$  – Winiň hemişeligi.

(9) formula Winiň süýşme kanunynyň başga ýazylyş görnüşi, oňa başgaça Winiň - Golisynyň süýşme kanuny hem diýilýär. Winiň süýşme kanunynyň bu görnüşi tejribede alnan netijeler bilen doly gabat gelýär.

(8) we (9) formulalardan absolýut gara jisimiň iň uly şöhle ýuwutmak ukyby onuň termodinamiki temperaturasynyň başinji derejesine baglylygy gelip çykýar:

$$\varphi(\lambda, T)_{\max} = \frac{c^4}{b^5} f\left(\frac{c}{b}\right) T^5. \quad (10)$$

Ýeterlik ýokary temperatura çenli gyzdyrylan jisimler ýagtylanma ukybyna eýe bolýarlar. Mysal üçin, gaty gyzan suwuk ýa-da gaty jisimler ýygylyklaryň tutuş spektri bolan ak ýagtylygy goýberýärler. Jisimiň temperaturasy peseldigiçe onuň şöhlelenmesiniň diňe depgini (intensiwligi) azalman, şöhlelenmesiniň spektriniň düzümi hem üýtgeýär. Onda uzyn tolkunlaryň (gyzyl we infragyzy) agdyklyk etmegi barha güýçli ýüze çykýar. Jisim ondan soň hem sowanda onuň görünýän ýagtylyk şöhlelendirmesi umuman kesilýär – jisim diňe gözün görmeýän infragyzy şöhlelerini goýberýär.



III-nji surat. Absolýut gara jisimiň  $f(v, T)$  şöhle goýbermek ukybynyň  $\lambda$  tolkun uzynlygyna baglylygy

Winiň süýşme kanunundan (9) görnüşine görä, absolýut gara jisimiň temperaturasy peselende onuň şöhlelenme energiýasynyň iň uly bahasy uzyn tolkun uzynlyklaryna tarap süýşýär (III-nji surat). Bu suratda absolýut gara jisimiň  $f(v, T)$  şöhle goýbermek ukybynyň  $\lambda$  tolkun uzynlygyna baglylygy berlendir. Bu ýerde gyzdyrylan jisimleriň temperaturasy peselende olaryň spektrinde uzyn tolkunly şöhlelenmäniň has-da güýçli ýüze çykýandygy görkezilendir.

Winiň süýşme kanuny gara jisimiň köweginiň kiçijik yşyndan goýberilýän şöhleler derňelende tejribede tassyklandy. Bu derňewler «bolometr» diýip atlandyrylýan duýgur abzalyň kömegi bilen Otto Lummer (1860–1925 ý.) we Ernst Pringshaýbor tarapyndan geçirildi.

Bu abzal şöhlelenme energiýasyny ölçemek üçin 1878-nji ýylda amerikaly astronom we fizik Semýuel Lengli (1834–1906 ý.) tarapyndan döredildi. Balome-

triň esasy elementi şöhlelenmäni gowy ýuwudar ýaly, üsti garaldylan örän ýuka plastinadyr (meselem, platinadan ýa-da başga geçiriji materialdan ýasalan).

Tejribelerde spektriň uzyn tolkunly bölegine geçilende, has takygy,  $\lambda$  uly bolup başlanda *Winiň formulasynyň* ýerine ýetmeýändigini belli boldy. Şeýlelikde, fizikleriň öňünde, kiçi tolkunlar üçin hem, uly tolkunlar üçin hem ulanyp boljak, gara jisimiň şöhlelenme spektrinde energiýanyň paýlanma kanunyny tapmak meselesi döredi.

*Kirhgofyň funksiyasynyň* görnüşini termodinamiki usullar bilen däl-de, nusgawy statistiki fizikanyň usullary bilen derňemeklik köp alymlar tarapyndan alnyp barylýdy. Indi J.U. Releýiň we J.H. Jinsiň alan netijelerine seredeliň.

**Jon Uilýam Strett (lord Releý) (1842–1919 ý.)** – iňlis fizigi we mehanigi (*112-nji surat*), Londonyň Korollyk Jemgyýetiniň agzasy (1873 ý.) we onuň prezidenti (1905–1908 ý.) boldy. Ol Angliýanyň Lengford-Grow graflygynyň Esseks şäherinde eneden doguldy.

Releýiň mehanika we fizika boýunça esasy işleri yrgyldylar nazaryýetine degişlidir. Ol bu nazaryýeti döredijileriň biri hasaplanýar. Releý bu nazaryýetiň ulanylyşyny fizikanyň dürli pudagynda – maýyşgakylyk nazaryýetinde, akustikada, optikada, elektrikde we beýlekilerde derňedi. Releý akustikada tarlaryň, sterženleriň, plastinalaryň yrgyldylaryny öwrendi. Şeýle hem ol silindr, konik we sferik gabyklaryň yrgyldylaryny derňedi. *Releý pytramasy* diýilýän hadysany açdy we *Releý tolkunlary* diýip atlandyrylýan üst tolkunlarynyň bardygyny öňünden aýtdy. Ol 1873-nji ýylda yrgyldylaryň çyzykly nazaryýetiniň birnäçe teoremlaryny döretdi. Releý Uilýam Ramzaý bilen bilelikde *argon gazyny* açdy we onuň üçin *Nobel baýragyna* mynasyp boldy (1904 ý.).



112-nji surat. Jon Uilýam Strett (lord Releý)

**Jeýms Hopwud Jins (1877–1946 ý.)** – iňlis fizigi-nazaryýetçisi (*113-nji surat*), astronomy, matematigi, London şäherinde doguldy. Onuň ýyldyz energiýasynyň çeşmesiniň radioaktiw tebigatyna bagyşlanan «*Gazlaryň dinamiki nazaryýeti*» (1904 ý.) atly kitaby 20 ýylyň dowamynda birnäçe gezek neşir edildi.



113-nji surat. Jeýms Hopwud Jins

Nusgawy fizikanyň çäginde ýylylyk şöhlelenmesiniň energiýasynyň deňagramly dykzlygyny  $\rho(\nu, T)$  nazary kesgitlemegiň umumy usuly 1900-nji ýylda Releý tarapyndan hödürlendi. Onuň işleri 1905-nji ýylda Jins tarapyndan giňişleýin ösdürildi. Releý we Jins köwegiň deňagramly şöhlelenmesine *nusgawy statistiki mehanikanyň, kinetik energiýanyň erkinlik derejesi boýunça deňölçegli paýlanyşy baradaky teoremany* ulandylar. Bu teorema görä, *statistiki deňagramlyk halynda her erkinlik derejesine ortaça  $\frac{1}{2}kT$  kinetik energiýa degişlidir* (bu ýerde  $k = 1,38 \cdot 10^{-16}$  erg/K – Bolsmanyň hemişeligi).

Eger erkinlik derejesi yrgyldyly bolsa, onda potensial energiýany hem hasap etmeli bolýar. *Garmoniki yrgyldylylar* ýagdaýynda potensial energiýanyň orta bahasy hem  $\frac{1}{2}kT$  deň bolar. Şeýlelikde, statistiki deňagramlyk ýagdaýynda her yrgyldyly erkinlik derejesine ortaça  $kT$  energiýa degişli bolýar. Onda ýylylyk şöhlelenmesiniň energiýasynyň deňagramly dykzylygy aşakdaky aňlatma bilen aňladylar:

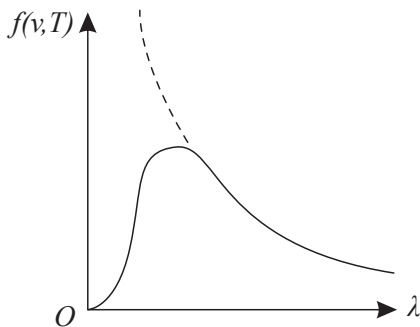
$$\rho(v, T) \approx v^2 kT.$$

Şeýlelikde, Releý aşakdaky aňlatmany aldy:

$$f(v, T) = \frac{c}{4} \rho(v, T) \approx v^2 kT. \quad (11)$$

Soňra Releý we Jins baglylyk koefisiýentiniň bahasyny hasaplap, bu formulanyň aşakdaky takyk görnüşini aldylar:

$$f(v, T) = \frac{2\pi v^2}{c^2} kT. \quad (12)$$



114-nji surat. Absolýut gara jisimiň  $\varphi(\lambda, T)$  şöhle goýbermek ukybynyň  $\lambda$  tolkun uzynlygyna baglylygy (bütewi çyzyk – tejribede alnan; üznükli çyzyk – Releý – Jinsiň formulasy boýunça)

(11) we (12) aňlatmalara *Releý – Jinsiň formulasy* diýilýär. Bu formulalar diňe uly tolkun uzynlyklarda, ýagny kiçi  $v$  ýygylýklarda tejribe bilen gabat gelýär: bu çäkke gara jisimiň şöhle goýbermek ukyby ýygylýgyň kwadratyna baglylykda artýar (*114-nji surat*). Emma, kiçi tolkun uzynlyklarda, ýagny uly  $v$  ýygylýklarda (spektriň ultramelewşe böleginde) *Releý – Jinsiň formulasy* tejribe bilen gabat gelmeýär, ýagny  $\varphi(\lambda, T)$  (ýa-da  $f(v, T)$ ) funksiýasy ýygylýgyň artmagy bilen iň uly bahany alýan güberçeklenmäni emele getirmän, birsydyrgyn artýar (*114-nji suratda üznükli çyzyk*). Bu ýagdaýda absolýut gara jisimiň energiýa ýagtylanmasy islendik temperaturada ýygylýgyň artmagy bilen tükeniksizlige çenli artýar:

$$R_1 = \int_0^{\infty} f(v, T) dv = \frac{2\pi kT}{c^2} \int_0^{\infty} v^2 dv = \infty \quad (13)$$

Başgaça aýdylanda *Releý – Jinsiň formulasyna* göreä tolkun uzynlygynyň kelmegi bilen şöhlelenme kuwwatynyň spektral dykzylygy çäksiz artmaly. Emma beýle ýagdaý tejribede hiç wagt subut edilmedi.



Releýiň we Jinsiň işleri, nusgawy fizikanyň kanunlaryny absolýut gara jisi-  
miň şöhlenmesiniň spektral düzümini derňemekde ulanmaklygyň, energiýanyň  
saklanma kanunyna ters bolan manysyz netijelere ((11) we (12)) getirýändigini  
görkezdi.

Nusgawy kanunlaryň esasynda absolýut gara jisim üçin Releý – Jins tarapyn-  
dan alnan baglanyşyk bilen tejribede alnan  $\varphi(\lambda, T)$  şöhle goýbermek ukybynyň  $\lambda$   
tolkun uzynlygyna baglylygynyň gabat gelmezligine «*ultramelewşe weýrançylyk*»  
diýilýär («*ultramelewşe weýrançylygy*» adalgany P.Erenfest hödürledi). Bu adalga  
(13) formuladaky integrala ýygylgyň ýokarky «*ultramelewşe*» çägi deregine tüke-  
niksizligiň goýulmagy netijesinde energiýanyň saklanma kanunynyň bozulýanlygy  
netijesinde döredi.

(12) formula görä absolýut gara jisimiň köweginde islendik ahyrky tempe-  
raturada ultramelewşe we rentgen şöhleleri agdyklyk etmeli. Şöhlenme bilen  
şöhlenýän jisimiň arasyndaky deňagramlyk, energiýanyň doly dykzlygynyň

$$\rho(T) = \int_0^{\infty} \rho(\nu, T) d\nu$$
 gutarnykly bahasynda bolup geçýär. Bu ýagdaýda Releý – Jin-  
siň nazaryýetine görä, şöhlenýän jisim bilen şöhlenmäniň arasynda deňag-  
ramlyk bolanda, jisimiň ähli energiýasy ýokary ýygylkly şöhlenme energiýasyna  
öwürüler, ýagny şöhlenme energiýasynyň gutarnykly dykzlygynda termodina-  
mik deňagramlyk düýbünden mümkin bolmaz. Emma tejribede deňagramlyk  
kesgitlenýär (114-nji suratda bütewi çyzyk), şunlukda deňagramly şöhlenmäniň  
energiýasynyň göwrüm dykzlygy gutarnykly baha eýe bolýar. Onuň  $\nu$  spektral  
paýlanyşy bolsa  $\nu$  ýygylga baglylykda artýar, käbir ýygylkda iň uly baha ýetýär  
we soňra, ýene-de kemelýär (114-nji suratda bütewi çyzyk).

Şeýlelikde, *spektriň gysga tolkunly bölegi üçin (Winiň formulasy (6)), we uzyn  
tolkunly bölegi üçin (Releý – Jinsiň formulasy (12)) iki formula alyndy.*

Ýylylyk şöhlenmesiniň ýokarda getirilen kanunalaýyklyklary temperaturany  
ölçemekligiň optiki usullarynda (optiki pirometriýada) ulanylýar.

Releý – Jinsiň formulasynyň tejribe bilen gabat gelmezligi, nusgawy fizikanyň  
garaýyşlary bilen ylalaşmaýan, haýsy bolsa-da, bir kanunalaýyklyaryň bardygyny  
görkezýärdi. Şeýlelikde, nusgawy fizikanyň absolýut gara jisimiň şöhle goýbermek  
ukybyny takyk hasaplap bilmeýändigini belli boldy.

*Kirhgofyň funksiýasy* üçin dogry aňlatmany tapmaklyk we absolýut gara jisi-  
miň şöhlenmesiniň spektral kanunalaýyklyklaryny nazary düşündirmeklik ilkinji  
gezek nemes fizigi M. Planka başartdy.

---

**Maks Karl Ernst Lýudwig Plank (1858–1947 ý.)** – görnükli nemes fizigi – nazaryýetçisi, kwant  
fizikasyny esaslandyryjy (115-nji surat). Ol Kil şäherinde professoryň maşgalasynda eneden doguldy.



115-nji surat. Maks Karl  
Ernst Lýudwig Plank

Mýunhende, soňra Berlinde okady. Plank bilimi we ynanjy boýunça nusgawy bolup, ussat pianist ýa-da fizik bolmaklyga höwes eden adamdyr. Mýunhen, Kil, soňra 1889-1928-nji ýyllarda Berlin uniwersitetleriniň professory boldy. Ylmy tejribesine XIX asyryň 70-nji ýyllarynyň ahrynda başlady. Garylan erginleriň himiki deňagramlylygy baradaky nazaryýet oňa uly şöhrat getirdi.

Maks Plankyň esasy ylmy üstünligi «*täsir kwantyny*» girizenligidir. Ol nusgawy we kwant fizikasynyň arasyndaky göze görünmeýän araçäken ilkinji bolup geçdi.

Plankyň teklibi alymlar tarapyndan çalt kabul edilmegi, diňe Eýnşteýniň işlerinden soň onuň işleri olar tarapyndan kabul edildi. A. Eýnşteýn Plankyň pikirini şöhlemenme hadysasynda ulandy we *fony* açdy. Diňe şondan soň Plank meşhurlyga eýe boldy. 1918-nji ýylda Maks Plank Nobel baýragynyň eýesi boldy.

M. Plank deňagramly şöhlemenmäniň energiýasynyň ýygyllyklar boýunça paýlanyşy diňe gara jisimiň köweginiň diwarlarynyň temperaturasy bilen kesgitlenýär diýlen garaýyşdan ugur aldy. Onuň pikirçe köwegiň diwarlarynyň materialynyň hiç hili ähmiýeti ýokdy. Plank özüniň hasaplarynda çyzykly garmoniki ossillýatorlaryň (elektrik dipollaryň) jemi görnüşinde bolan şöhlenenýän ulgamyň (köwegiň diwarlarynyň) has ýönekeý modelini ulandy. Termodinamiki deňagramlylyk ýagdaýynda ossillýatorlaryň şöhlemenmä sarp edýän energiýasy, ossillýatorlaryň üstüne düşýän şöhleleriň energiýalarynyň siňdirilmegi netijesinde doly deňlenmelidir diýlen garaýyşdan ugur alyp, M. Plank 1899-njy ýylda aşakdaky aňlatmany aldy:

$$\rho(\nu, T) = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \langle \varepsilon_0 \rangle \text{ we } f(\nu, T) = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \langle \varepsilon_0 \rangle, \quad (14)$$

bu ýerde  $\langle \varepsilon_0 \rangle$  – hususy  $\nu$  ýygyllykly ossillýatoryň orta energiýasy.

Eger Plank orta  $\langle \varepsilon_0 \rangle$  energiýany kesgitlemek üçin, Releýe meňzeşlikde, nusgawy statistiki fizikanyň deňagramly sistemanyň ähli erkinlik derejesi boýunça energiýanyň deň paýlanyşy baradaky kanunundan peýdalanan bolsa-dy, onda ol  $\langle \varepsilon_0 \rangle = kT$  aňlatmany alardy. Onda Plankyň (14) formulasy Releý–Jinsiň (11) we (12) formulasy bilen gabat gelerdi.

Emma Plank  $\langle \varepsilon_0 \rangle$  aňlatmany termodinamiki gatnaşyklaryň üsti bilen almaga synanyşdy. Ol ossillýatoryň  $S$  entropiýasy bilen onuň  $\langle \varepsilon_0 \rangle$  orta energiýasynyň arasynda aşakdaky ýaly ýönekeý baglanyşyk bolmaly diýip hasaplady:

$$dS = a_1 \ln \left( \frac{b_1 + \langle \varepsilon_0 \rangle}{\langle \varepsilon_0 \rangle} \right) d\langle \varepsilon_0 \rangle, \quad (15)$$

bu ýerde  $a_1$  we  $b_1$  – hemişelik ululyklar.

1900-nji ýylyň oktýabr aýynda M. Plank *Nemes fiziki jemgyýetiň Gelmgols adyndaky institutynyň* mejlisinde gara jisimiň spektrinde energiýanyň paýlanyşygy üçin, ilkibaşda ýarym empirik usul bilen alnan, formulany beýan etdi. Planka hemişelik göwrümde  $dS = \frac{d\langle \varepsilon_0 \rangle}{T}$  bolmalydygyny we *Winiň süýşme kanunyny* ulanyp,

$$\langle \varepsilon_0 \rangle \sim \frac{v}{e^{a_1 v/(kT)} - 1} \quad \text{we} \quad f(v, T) = \frac{a_2 v^3}{e^{a_1 v/(kT)} - 1} \quad (16)$$

( $a_1$  we  $a_2$  – hemişelik koeffisiýentler) ululyklary saklaýan  $S$  entropiýa bilen ossillýatoryň  $\langle \varepsilon_0 \rangle$  orta energiýasynyň arasynda baglanyşygy tapmak başartdy.

Plankyň alan bu formulasy ähli ýygylklarda we temperaturalarda tejribede alnan maglumatlar bilen gabat geldi. Ýöne, indi Plankyň öňünde has kyn mesele, bu formulany nazary usul bilen getirip çykarmagyň kyn meselesi durdy. Birnäçe hepdeden soň, ýagny 1900-nji ýylyň 14-nji dekabrynda M. Plank ýokarda ady agzalan jemgyýetiň mejlisinde «*Adaty spektrde energiýanyň paýlanyş kanunynyň nazaryýeti barada*» atly çykyşynda, (16) formulany nusgawy fizikanyň garaýyşlaryna düýbünden garşy gelýän çaklamadan ugur alyp, nazary esaslandyrdy. Şol gün täze *kwant fizikasynyň dörän güni* hasaplanýar.

Bilşimiz ýaly, Plank birinji işinde bir ossilýatora degişli bolan entropiýa bilen, onuň orta energiýasynyň arasyndaky (15) baglanyşykdan peýdalanypdy. Täze işinde Plank bu meseläni çözmek üçin entropiýa bilen ähtimallygyň arasyndaky Bolsmanyň statistik garaýyşlaryndan ugur aldy. Plank ideal gazyň makrohalynyň mikrohallynyň sany bilen kesgitlenýändigini baradaky Bolsmanyň pikirini döredijilikli ulandy. Ol ossilýatorlar üçin bu usuly ulandy we  $N$  hususy ýygylgy bolan  $N$  ossilýatorlaryň arasynda  $E$  energiýanyň kesgitli paýlanyşynyň ähtimallygy, bu ossilýatorlaryň arasynda energiýanyň paýlanyp biljek usullarynyň sanyna deňdir diýip çaklady. Munuň şeýle bolmagy üçin Plank nusgawy fizikanyň esasy kanunlarynyň biri bolan energiýanyň üznüksiz (juda kiçi ululyklar bilen) şöhlelenmegi baradaky garaýyşdan ýüz öwürmeli boldy. Ol *atom-ossilýatorlaryň  $E$  energiýasy kesgitli (diskretli), käbir elementar ülişe energiýanyň  $\varepsilon$  kwantyna göni bagly bolup, ülişleýin üýtgäp bilýär* diýen täze kwant çaklamasyny hödürledi. Şunuň bilen baglanyşykda Plank  $E = n\varepsilon$  ( $n$  – бүтін сан) hasap edýär. Onuň pikiriçe energiýanyň  $\varepsilon$  kwanty  $v$  ýygylgyga göni baglydyr:

$$\varepsilon = h\nu,$$

bu ýerde  $h$  – uniwersal hemişelik.

Şeýlelikde, ossilýatoryň orta energiýasy:

$$\langle \varepsilon_0 \rangle = h\nu \cdot (\exp h\nu / (kT) - 1)^{-1}.$$

Bu çaklamalary ulanyp, Plank öňki ýarymempirik formulasyny nazary getirip çykardy:

$$f(\nu, T) = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \frac{h\nu}{e^{h\nu/(kT)} - 1} \quad \text{ýa-da} \quad \varphi(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/(\lambda kT)} - 1}. \quad (17)$$

(17) formula *Plankyň formulasy* diýilýär. Bu formula ýygylgyň noldan tükeniksizlige çenli aralygynda tejribe bilen ylalaşýar (*114-nji suratda bütewi çyzyk*).

Plankyň *formulasyndan Win-Golisynyň süýşme kanuny, Reley - Jinsiň kanuny we Stefan-Bolsmanyň kanuny gelip çykýar*. Kiçi ýygylgyklar (uly tolkun uzynlyklar) we ýokary temperaturalar çäginde, ýagny energiýanyň  $h\nu$  kwanty ossilýatoryň orta energiýasyndan köp esse kiçi bolanda şöhlelenmäniň kwantlanmagy ýüze çykmaýar we Plankyň formulasyndaky eksponentany hatara dargatmak bolar:

$$e^{h\nu/(kT)} = 1 + \frac{h\nu}{kT} + \frac{1}{2!} \left( \frac{h\nu}{kT} \right)^2 + \frac{1}{3!} \left( \frac{h\nu}{kT} \right)^3 + \dots$$

Eger,  $h\nu \ll kT$  bolsa, onda  $e^{h\nu/(kT)} - 1 \approx h\nu/(kT)$  bolýar. Netijede, Plankyň (17) formulasy Reley – Jinsiň (12) formulasyna öwrülýär:

$$f(\nu, T) \approx \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \frac{h\nu}{h\nu/(kT)} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} kT.$$

Uly ýygylgyklar (kiçi tolkun uzynlyklar) we kiçi tempraturalarda, ýagny  $h\nu \gg kT$  şertlerde şöhlelenmäniň kwantlanmagynyň ýüze çykýandygy sebäpli maýdalawjydaky eksponenta birden has uly bolýar. Şoňa görä-de,  $f(\nu, T)$  funksiýa kiçi tolkunlar (uly ýygylgyklar) çäginde takmynan aşakdaky formula bilen aňladylýar:

$$f(\nu, T) = \frac{2\pi h\nu^3}{c^2} \exp(-h\nu/(kT)). \quad (18)$$

Bu formula, Winiň hödürlän (5) formulasy bilen gabat gelýär, şunlukda

$$a_1 = \frac{h}{k}.$$

Plankyň (17) formulasynda  $\lambda$  boýunça önüm alyp we ony 0-a deňläp, alnan deňlemäni çözüp, *Winiň süýşme kanuny* (9) alyp bolar:

$$\lambda_{\text{in uly}} = \frac{b}{T}.$$

(18) formuladan görnüşine görä ýygylgyň artmagy (tolkun uzynlygynyň kiçelmegi) bilen absolýut gara jisimiň şöhle goýbermek ukybynyň eksponensial kemelmegi nusgawy nazaryýetiň «*ultramelewşe weýrançylygyny*» aradan aýyryýar.

Plank (17) formulany diňe nusgawy garaýyşlara garşy gelýän energiýanyň kwantlanmagyna rugsat edilende getirip çykaryp boljakdygyny subut etdi.

Plank şöhlemenmede goýberilýän energiýanyň  $\varepsilon = hv$  ülüşini *kwant* diýip atlandyrdy. Eger şöhlemenme  $hv$  ülüşler görnüşinde goýberilýän bolsa, onda şöhlemenmäniň  $E_n$  energiýasy bu ululyga kratnyý bolmalydyr:

$$E_n = nhv \quad (n = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

Plank  $h$  ululygy käbir hemişelik ululyk diýip hasap etdi. Soňra bu hemişeligi *Plankyň hemişeligi* diýip atlandyrdylar. *Plankyň hemişeligini*  $\hbar$  harpy bilen hem belgileýärler  $\left( \hbar = \frac{h}{2\pi} \right)$ . Plankyň formulasyna  $k$  we  $h$  ululyklar girýärler. Plank bu ululyklaryň bahalaryny absolýut gara jisimiň spektrinde energiýanyň paýlanyşyny ölçemekde alnan maglumatlar (Stefan-Bolsmanyň (4) we Winiň süýşme kanuny (9)) boýunça kesgitledi. Ýagny Stefan-Bolsmanyň  $\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3}$  hemişeliginden  $h = \pi k \sqrt[3]{\frac{2\pi^2 k}{15c^2 \sigma}}$  ululygy we Bolsmanyň  $k$  hemişeligini, şeýle hem Winiň süýşme kanunyndan  $h = 4,065 \cdot \frac{b}{c} k$  ululyklary kesgitledi. Plankyň alan bahalary bu ululyklaryň häzirki wagtda kabul edilen bahalaryna örän golaý boldy:

$$h = 2\pi\hbar = 6,626 \cdot 10^{-34} J \cdot s; \quad \hbar = 1,05 \cdot 10^{-34} J \cdot s; \quad k = 1,38 \cdot 10^{23} J/K.$$

*Plankyň hemişeligi* energiýanyň kesgitli (diskret) ülüşler bilen paýlanýandygy baradaky garaýyşdan döredi.

Mehanikada «*energiýa*  $\times$  *wagt*» ölçegi bolan, *täsir* diýip atlandyrylýan ululyk bar. Şol sebäpli *Plankyň hemişeligini* käwagtlar *täsir kwanty* ýa-da *täsiriň elementar kwanty* diýip hem atlandyryrlar. *Plankyň hemişeliginiň* ölçeginiň impulsyň momentiniň ölçegi bilen gabat gelýändigini hem belläliň.

Täsir kwanty  $h$  ýagtylygyň tizligine we elektronyň zarýadyna meňzeşlikde öz-boluşly çäkli ululykdyr. Tebigatda ýagtylygyň tizliginden uly tizligiň, elektronyň zarýadyndan kiçi elektrik zarýadynyň bolup bilmeýşi ýaly,  $h$  täsir kwantyndan kiçi kwant ýokdur we bolup hem bilmez.

Şeýlelikde, fizikada *energiýanyň kwanty* we  $h$  täsir kwanty diýlen düşüňjeler döredi. Bularyň hemmesi düşnüksizdi, sebäbi olar maddanyň we elektrigiň atomlygy bilen bir hatarda energiýanyň we täsiriň atomlygynyň ykrar edilmegine getirýärdi we nusgawy fizikanyň esasy garaýyşlary bilen ylalaşmaýardy.

*Plankyň hemişeligi* mikrodünýäniň ölçeglerinde materiýanyň we energiýanyň tebigatyny beýan edýän, köp formulalara we fiziki kanunlara girýän, tebigatyň uniwersal san hemişelikleriniň biridir. *Plankyň hemişeligi* Nýuton mehanikasynyň kanunlary hereket edýän makrodünýä bilen kwant mehanikasynyň kanunlary hereket edýän mikrodünýäniň araçäginde kesgitleýän ululykdyr. Releýatiwistik fizikada



ýagtylygyň  $c$  tizligi nähili ähmiýete eýe bolsa, Plankyň  $h$  hemişeligi hem kwant fizikasynda şonuň ýaly ähmiýete eýedir.

Häzirki zaman fizikasynda möhüm ähmiýete eýe bolan Plankyň  $h$  hemişeligi diňe absolýut gara jisimiň şöhlenenme kanunlarynyň kömegi bilen tejribede kesgitlenmän, ol beýleki, has göni we takyk usullar bilen hem kesgitlenýär (fotoeffekt, bütewi rentgen spektriň gysga tolkunly araçägi, aşageçirijilikde *Josefonyň effekti* we beýlekiler).

Plank we onuň döwürdeşleri kwantlamaklygy käbir çaklama, matematiki usul diýip hasaplaýardylar we geljekde nusgawy fizikanyň çäginde öz fiziki düşündirişini tapar diýip garaşýardylar.

Nusgawy fizikanyň däplerini bütinleý goldaýan Plank uzak wagtyň dowamynynda absolýut gara jisimiň şöhlenenme kanunyny nusgawy fizikanyň esasynda düşündirmäge synanyşdy, ýöne kwant çaklamasyny nusgawy taýdan esaslandyrmak boýunça onuň eden ähli synanyşyklary şowsuz boldy. Plankyň çaklamasynyň nusgawy fizika düýbünden garşy gelýändigini belli boldy.

1911-nji ýylda fizikleriň birinji Solweýew kongresi geçirildi. Onuň işine Lorens ýolbaşçylyk etdi. Ylmy çekişmelere Lanžewen, Puankare, Plank, Nernst, Rezerford, Eýnşteýn, Win, M. Kýuri we beýleki alymlar gatnaşdylar. Kongres şol döwrüň fizikleriniň wajyp meselesi bolan «*şöhlenenme nazaryýetine we kwantlara*» bagyşlanandy. Kongrese gatnaşyjylar Plankyň şöhlenenme nazaryýetine, şeýle hem kwant nazaryýeti bilen baglanyşykly bolan täze soraglara nusgawy fizikanyň nukdaýnazarynda düşündiriş bermäge synanyşdylar. Kongresde bu ugurda hiç hili göwnejaý pikirler aýdylmady. Fizikada emele gelen bu ýagdaýa Puankere örän takyk kesgitleme berdi. Ol: «*Plankyň çaklamasy nusgawy fizikanyň garaýyşlary bilen ylalaşyp bilmez, bu çaklama nusgawy fizika üçin bütinleý ýat*» diýip, göni aýtdy. Kwant çaklamasyny tiz wagtdan, nusgawy fizikanyň garaýyşlarynyň esasynda düşündirip bolmaýan beýleki fiziki hadysalary düşündirmek üçin ýygy-ýygydan ulanyp başladylar. Bu çaklama ýuwaş-ýuwaşdan täze fizikanyň – *kwant fizikasynyň* esaslarynyň biri bolup başlady.

Maks Plankyň fizikanyň öňündäki hyzmaty onuň kwant düşünjesini girizenligi bilen çäklenmeýär. Plank ilkinjileriň hatarynda görälik (otnositellik) nazaryýetini kabul etdi we goldady. Ol relýatiwistik dinamikanyň çäklerinde energiýa we impuls üçin aňlatmany aldy. Hat-da, «*otnositellik nazaryýet*» diýlen adalga hem Maks Planka degişlidir. Täze, nusgawy däl fizikanyň döremegi Maks Plankyň gözüniň önünde bolup geçdi. Onuň özi hem bu işe uly goşant goşdy.

### 15.3. Kwant fizikasynyň esaslarynyň tassyklanmagy

Nusgawy fizikanyň duş gelen kynçylyklarynyň biri, ýylylyk sygymyny ýylylygyň kinetik nazaryýeti nukdaýnazarynda düşündirmekligi boldy. Nusgawy

kinetiki nazaryýete görä, statiki deňagramlylykda bir erkinlik derejesine, ortaça  $\frac{1}{2}kT$  energiýa degişli bolmaly. Şeýlelikde, erkinlik derejesi boýunça energiýanyň deňölçegli paýlanyşy baradaky teoremany kristalyň atomlarynyň yrgyldylary üçin ulanyp, bir mol kristalyň içki energiýasy üçin  $U = 3RT$  aňlatmany alarys. Onda islendik gaty jisimiň gram-atom (molýar) ýylylyk sygymy otag temperaturasynda

$$C_v = 3R = 25 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{atom} \cdot \text{grad} = 6 \text{ kal/g} \cdot \text{atom} \cdot \text{grad},$$

bu ýerde  $R$  – uniwersal gaz hemişeligi.

Bilşimiz ýaly bu kanuny P.L. Dýulong we A.T. Pti tejribede kesgitläpdiler, şonuň üçin oňa *Dýulongyň we Ptiniň kanuny* diýilýär.

Emma *Dýulongyň we Ptiniň kanunynyň* elmydama ýerine ýetmeýändigini belli boldy. *Dýulongyň we Ptiniň kanuny* temperatura we jisimiň häsiýetlerine bagly däl. Bu kanun, köp gaty jisimler üçin adaty temperaturalarda ýerine ýetýän hem bolsa, pes temperaturalarda bu kanun ýerine ýetmeýär, sebäbi temperatutanyň peselmegi bilen gaty jisimleriň ýylylyk sygymlary kemelýär. Käbir maddalar üçin bolsa bu kanun otag temperaturasynda hem ýerine ýetmeýär.

XIX asyryň ahyrynda metal däl maddalaryň, meselem, uglerodyň, boruň we kremniniň gaty halda  $3R$ -den kiçi bolan ýylylyk sygymyna eýe bolýandyklary belli boldy (meselem, almaz üçin ýylylyk sygymy, takmynan,  $1 \text{ kal} \cdot \text{g/grad}$ ). Mundan başga-da, Nernst pes temperaturalarda gaty jisimiň ýylylyk sygymynyň temperatura baglylygyny kesgitledi, ýagny jisimiň temperaturasy absolýut nol temperatura ýakynlaşanda onuň ýylylyk sygymynyň hem nola ymytlylygyny anyklady.

Şeýlelikde, nazaryýetiň we tejribäniň bu gabat gelmezligini nusagawy fizika düşündirip bilmedi.

Kwant fizikasynyň esaslarynyň tassyklanmagynda Albert Eýnşteýniň örän uly hyzmaty bardyr. Eýnşteýn Plankyň kwant çaklamasyny ilkinji gezek gaty jisim üçin ulandy. Bu bolsa oňa Bolsmanyň nusgawy statistikasynyň garaýyşlaryna esaslanan ýylylyk sygymynyň nazaryýeti bilen baglanyşykly bolan kynçylyklary ýeňmäge mümkinçilik berdi.

Eýnşteýn 1907-nji ýylda kwant çaklamasyndan peýdalanylýan ýylylyk sygymynyň temperatura baglylygyny düşündirdi. Ol ossilýatoryň energiýalary kwantlanýar diýip çak edip, bir erkinlik derejesine, nusgawy nazaryýetden tapawutly bolan energiýa degişlidigini görkezdi, ýagny:

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2} kT \frac{h\nu / kT}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

ýa-da bir gram-mol üçin:

$$\varepsilon = 3RT \frac{h\nu / kT}{e^{h\nu/kT} - 1}.$$

Onda hemişelik göwrümde gaty jisimleriň ýylylyk sygymy:

$$C_V = 3R \frac{\left(\frac{h\nu}{kT}\right)^2 e^{h\nu/kT}}{(e^{h\nu/kT} - 1)^2}.$$

Eýnşteýniň alan bu formulasy tejribe bilen gabat gelýär. Şeýle hem ýokary temperaturalarda bu formula *Dýulongyň - Ptiniň kanunyna* gabat gelýär, pes temperaturalarda bolsa ýylylyk sygymy kemelýär. Temperatura nola ymtylanda ýylylyk sygymy hem nola ymtylar we tejribe bilen ylalaşýar.

Emma gaty jisimiň ýylylyk sygymy üçin alnan bu formulany hem ýeterlik takyk diýip hasaplamak mümkin däldi. Sebäbi bu formula getirilip çykarylanda gözenegiň düwünlerindäki ähli bölejikler, şol bir hususy ýygýlyklara eýe bolan garmoniki ossilýatorlar görnüşinde yrgyldaýarlar diýip, hasap edilipdi. Hakykatda bolsa, molekulalaryň ýylylyk yrgyldylary has çylşyrymly we olary birmeňzeş ýygýlykly garmoniki ossilýatorlar diýip hasap etmeklik nädogry.

Walter German Nernst (1864–1941 ý.) we Frederik Aleksandr Lindeman (1886–1957 ý.) jisimiň bölejikleri ýygýlyklary  $\nu$  we  $\nu/2$ -ä deň bolan ýygýlykly yrgyldylary edýärler diýip çak edip, gaty jisimiň ýylylyk sygymy üçin formulany çylşyrymlaşdyrdylar. Emma bu çaklama hem gaty jisimiň ýylylyk sygymy üçin takyk formulany almaga mümkinçilik bermedi. Eýnşteýniň belleýşi ýaly, gaty jisimiň bölejikleriniň yrgyldylarynyň ähli mümkin bolan ýygýlyklaryny hasaba almak gerekdi belli boldy. Ýöne, ýylylyk sygymyny hasaplamak üçin ýygýlyklaryň  $\nu_n$  toplumyny bilmek, ýagny örän kyn we çylşyrymly meseläni çözmek gerekdi.

1912-nji ýylda Piter Iozef Wilgelm Debaý (1884–1966 ý.) «*Udel ýylylyk sygymalarynyň nazaryýetine degişli*» işinde we Maks Born (1882–1970 ý.) we Teodor Karman (1881–1963 ý.) «*Giňişlik gözeneginiň yrgyldylary barada*» (1912 ý.), «*Udel ýylylyk sygymynyň nazaryýetine degişli*» (1913 ý.) we «*Nokatlanç gözenegiň hususy yrgyldylarynyň paýlanylyşynyň nazaryýeti barada*» işlerinde gaty jisimiň ýylylyk sygymyny hasapladylar. Debaýdan tapawutlylykda Born we Karman gaty jisime düwünlerinde garmoniki yrgyldaýan bölejikler ýerleşen kristallik gözenek hökmünde setrediler. Gaty jisimiň ýylylyk energiýasy, bu – yrgyldylaryň energiýasydyr. Born we Karman bu energiýany ýakynlaşma usullary bilen hasapladylar. Olaryň hasaplamalarynyň netijeleri Debaýyň alan netijeleri bilen gabat geldi.



116-njy surat. Peter Iozef Wilgelm Debaý

**Peter Iozef Wilgelm Debaý (1884–1966 ý.)** niderland fizigi (116-njy surat). Ol Belgiýada (Maastricht ş.) doguldy. Mýunhen uniwersitetini tamamlady. Germaniýada birnäçe uniwersitetleriň, 1940-njy ýyldan ömrüniň ahryna çenli bolsa ABŞ-yň Kornel uniwersitetiniň professory boldy.

Ylmy işleri gaty jisimleriň kwant nazaryýetine, ýylylyk geçirijiligiň we molekulalaryň gurluş nazaryýetlerine, atomyň kwant nazaryýetine degişlidir. Ýylylyk sygymynyň meselelerini çözmekligiň we ýylylyk sygymynyň temperatura baglylygyny (*Debaýyň ýylylyk sygymy kanuny*) hasaplamak usullaryny döretdi. Kwant efektleri düýpli ýüze çykýan zolagy kesgitleýän *Debaýyň häsiýetli (harakteristik) temperaturasy* getirilen gaty jisimiň nusgasyny (modelini) döretdi.

Debaý gaty jisimleriň kwant gurluşyny çuň düşünmäge mümkinçilik berýän birnäçe amaly barlaglara bagyşlanan işleriň awtorydyr (*Debaý – Şerreriň rentgen barlaglar usuly, Jiok - Debaýyň pes temperaturalary almak usuly* we beýlekiler).

Ylymda bitiren hyzmatlary üçin Debaýa 1936-njy ýylda Nobel baýragy berildi.

Taryhy ähmiýete eýedigi üçin Debaýyň alan netijelerine seredeliň. 1912-nji ýylda Debaý Eýnşteýniň gaty jisimiň ýylylyk sygymy baradaky işini kämilleşdirip, kristal gözenegiň pes ýygylykly yrgyldylaryny – akustik fononlary ulanyp, gaty jisimiň ýylylyk sygymyny hasaplamak meselesini çözmekligiň *ýakynlaşýan usuly*ny hödürledi. Ol *hemişelik göwrümde molýar ýylylyk sygymy* üçin aşakdaky formulany hödürledi:

$$C_V = 3R \left[ \frac{12}{(Q/T)} \int_0^{Q/T} \frac{x^3}{e^x} dx - \frac{3Q/T}{e^{Q/T} - 1} \right],$$

bu ýerde  $x = \frac{h\nu}{kT}$ ,  $Q = \frac{h\nu_{\max}}{k}$  – Debaý tarapyndan girizilen *häsiýetli temperatura* (*Debaýyň temperaturasy*),  $\nu_{\max}$  – gaty jisimiň atomlarynyň yrgyldylarynyň maksimal ýygylygy,  $k$  – Bolsmanyň hemişeligi,  $T$  – kristalyň temperaturasy.

Bu formula ýokary temperaturalar ( $h\nu \ll kT$ ) üçin  $C_V = 3R$  (*Dýulongyň-Ptiniň kanuny*) bahany, pes temperaturalar ( $h\nu \gg kT$ ) üçin bolsa tejribe bilen gabat gelýän aşakdaky aňlatmany berýär:

$$C_V = \frac{12\pi^4 R}{5} (T/Q)^3,$$

bu ýerde  $R$  – uniwersial gaz hemişeligi.

Soňky aňlatma *jisimiň ýylylyk sygymynyň pes temperaturalarda temperaturanyň kubyna proporsionallykda artýandygyny* («*Debaýyň  $T^3$  kanuny*») aňladýar. Debaýyň kanuny her madda üçin häsiýetli bolan Debaýyň  $Q$  häsiýetli temperaturasyndan köp esse kiçi bolan temperaturalarda dielektrikler we ýarymgeçirijiler üçin ulanarlyklydyr. Debaýyň temperaturasy kwant efektleriniň ýüze çykyp başlaýan temperatura çägiň takmynan bahasyny görkezýär.

Gaty jisimler üçin hemişelik göwrümdäki ýylylyk sygymy hemişelik basyşdaky ýylylyk sygymyndan kän bir tapawutlanmaýar we udel ýa-da gram-atom (ýa-da molýar) ýylylyk sygymy ulanylýar. Metal däl gaty jisimlerde ýylylyk sygymy-na kristal gözenegiň düwünlerinde ýerleşýän bölejikleriň ýylylyk hereketleriniň

energiýasy has uly goşant goşýarlar. Metallarda, olardan başga-da, elektron gazynyň az mukdarda goşýan ýylylyk sygymyny hem hasaba almak gerek bolýar.

*Debaý alan netijelerini şeýle esaslandyrdy:*

- Udel ýylylyk sygymyny hasaplamakda, Eýnşteýniň ilkibaşda çaklaýşy ýaly, gaty jisimde atamlaryň yrgyldylarynyň ýeke-täk ýygylklary ýokdur. Gaty jisim hususy ýygylklarynyň doly spektri bilen häsiýetlendirilip bilner;
- Spektr çyzyklaryň gutarnykly sanyna (atamlaryň sanynyň 3 essesine deň bolan) eýedir. Pes ýygylkly çyzyklar adaty akustik yrgyldylardyr;
- $1 \text{ mol}$  kristalyň doly energiýasynyň we udel ýylylyk sygymynyň formulalaryny kwant nazaryýetine görä, her bir erkinlik derejesine  $\frac{hv}{e^{hv/kT} - 1}$  energiýa degişli diýip, hasap edip alyp bolar;
- Bu düzgün diňe  $Q/T$  gatnaşyga bagly bolan udel ýylylyk sygymy üçin aňlatma getirýär. Şeýlelikde, bir atomly gaty jisimiň udel ýylylyk sygymy  $Q/T$  gatnaşygyň uniwersial funksiýasydyr;
- Pes temperaturalarda udel ýylylyk sygymy  $T^3$  proporsionaldyr. Bu kanun ýokarky formulanyň Eýnşteýniň formulasyndan ýa-da Nernst-Lindemanyň formulasyndan düýpli tapawutlanýandygyny görkezýär;
- Almazyň, alýuminiň, misiň, kümşüň we gurşunyň udel ýylylyk sygymalarynyň alan formulamyz boýunça hasaplanan bahalary nazaryýetiň tejribe bilen örän oňat ylalaşandygyny görkezýär;
- Häsiýetli temperatura  $Q$  maýyşgaklyk hemişeliklerinden hasaplanyp bilner. Ýokarky formula *gysyjylygy* we Puassonyň gatnaşygyny saklaýandygy bilen hem Eýnşteýniň formulasyndan tapawutlanýar.

Gaty jisimiň ýylylyk sygymynyň nazaryýeti soňra Born we Karman tarapyndan 1912-nji ýylda ösdürildi. Debaýdan tapawutlylykda olar gaty jisime düwünlerinde jisimiň bölejikleri ýerleşen kristallik gözenek hökmünde seretdiler.

Şeýlelikde, Eýnşteýn, Debaý, Born we Karman tarapyndan ýerine ýetirilen, gaty jisimiň häsiýetleriniň nazary derňewi, kristallaryň maýyşgak we ýylylyk häsiýetleri bilen bagly bolan, atom yrgyldylarynyň ýygylklarynyň möhüm ornuny ýüze çykardy. Nazaryýetleri tejribede barlamaklyk, ilkinji nobatda, bu ýygylklary kesgitlemekden ybarat boldy.

1913-nji ýylda W.Nernst gaty jisimiň kinetik nazaryýeti barada Gettingende eden çykyşynda gaty jisimiň halyny onuň massasy, atomyň göwrümi we atomyň ýygylgy häsiýetlendirýär diýdi. Olaryň içinde atomyň ýygylgyny tejribede kesgitlemek has-da kyndyr. Emma şeýle bolsa hem, atomyň ýygylklaryny kesgitlemekligiň dürli usullary bardyr. Nernste görä olara: 1. *Udel ýylylyk sygymly usuly*; 2. *Ere me nokadyny kesgitlemek usuly*; 3. *Maýyşgak konstantalar usuly*; 4. *Ýylylyk deňlemesi usuly*; 5. *Optiki usul*; 6. *Elektrik geçirijiligini kesgitlemek usuly* degişlidir.



Eýken özüniň «*Himiki fizika*» kursunda Eýnşteýniň, Debaýyň, Grýuneýzeniň we Lindemanyň formulasy boýunça kesgitlenen  $Q = \frac{h\nu_{\max}}{k}$  bahalary deňeşdirýär. Alnan netijeleri derňäp Eýken atom ýygylýklarynyň ýokarky formulalar boýunça alnan  $\nu_{\max}$  bahalarynyň biri-birine deň gelmekleriniň, umuman, kanagatlanarlyklydygyny belleýär. Munuň özi, atom ýygylýklarynyň 10% takyklyk bilen kesgitlenýändigini we Debaýyň nazaryýetiniň ýylylyk sygymyny dogry kesgitleýändigini subut edýär.

Ýagtylyk kwantlary baradaky düşüňjaniň girizilmegi kwant nazaryýetiniň ösüşinde düýpli täzelik boldy. 1913-nji ýylda J.J. Tomson ýagtylyk şöhlesiniň iňňe görnüşli gurluşy baradaky pikiri aýdypdy. Rentgen şöhleleriniň gazlardan geçişini öwrenip we olaryň ionlaşdyrma ukybyny kesgitlep, ol ýüze çykyan kanunalaýyklyklary, rentgen şöhleleriniň korpuskulýar häsiýete eýe bolýandyklary bilen düşündirip bolar, diýip belledi.

Bu pikir Plankyň çaklamasynyň täsiri astynda Eýnşteýn tarapyndan has-da ösdürildi. 1905-nji ýylda Eýnşteýn Plankyň çaklamasyny ýagtylygyň we maddanyň özara täsirine degişli bolan birnäçe optiki hadysalary, hususan-da, *fotoeffekti* düşündirmek üçin ulandy.

XX asyryň başyna çenli fotoelektronlaryň tizlikleri ýagtylygyň intensiwligine bagly bolmazdan, diňe ýagtylygyň ýygylýgy bilen kesgitlenýär, şeýle hem her madda üçin kesgitli çäk ýygylýgyň, ondan aşakda fotoeffektiň ýüze çykmaýandygy baradaky kanunalaýyklyk açyldy. Bu kanunalaýyklygy nusgawy elektrodinamikanyň nukdaýnazarynda düşündirmek mümkin däl. Eýnşteýn kwant çaklamasy boýunça ony örän ýönekeý düşündirdi. Ol: «*Diňe bir elektromagnit şöhlenenmäniň ýuwudylmagy we goýberilmegi energiýanyň kesgitli bölekleri (porsiýalary) bilen bolup geçmän, eýsem şöhlenenmäniň özi hem aýratyn diskret obýektlerden – ýagtylyk kwantlaryndan (fotonlardan) ybaratdyr*» diýip çaklady. Başgaça aýdanymyzda, onuň tassyklamagyna görä, şöhlenenme giňişlikde energiýalary  $h\nu$  bölekler (kwantlar) görnüşinde ýaýraýar diýlen garaýşy ulanmaly diýip aýtdy. Ol elektromagnit şöhlenenmäniň ýuwudylmagy ýa-da goýberilmegi bilen bolup geçýän hadysalary düşündirmekde ýagtylygyň elektromagnit nazaryýeti kynçylyklara duş gelýär we eger ýagtylyk energiýasy üznükli ýaýraýar diýlip hasap edilende bu hadysalary düşündirip bolar diýip belledi. Kwantyň ululygyny  $h\nu$  deň diýip hasap edip Eýnşteýn şeýle çaklamany kabul etdi.

Bu çaklamany ulanyp, *Eýnşteýn fotoeffektiň kanunyny* aňladýan aňlatmany hödürledi:

$$h\nu = A + \frac{m_0^2 c^2}{2},$$

bu ýerde  $h\nu$  – ýagtylyk kwantynyň energiýasy;  $A$  – elektrony maddadan goparmak üçin sarp edilen iş;  $m_0^2 c^2 / 2$  – fotoelektronlaryň energiýasy. Bu kanunyň dogrulygy

tejribede barlandy we nazaryýetiň tejribäniň netijeleri bilen oňat gabat gelmegi ganyldy.

Ilkibaşda ýagtylyk kwantlary (fotonlary) baradaky çaklama hiç kim düýpli ähmiýet bermedi, Eýnşteýniň özi hem ony diňe *ewristik* çaklama diýip hasap etdi (*Ewristik usul* – bu görkezmeler, ýaňzydyp aýtmak, yşarat etmek, aýlawly duýdurmak, gönükdirmek arkaly hadysany beýan etmek usuly diýmekdir).

Bu çaklama esasynda elektromagnit meýdanynyň nazaryýeti ýatan ýagtylyk hadysalarynyň tebigaty barada garaýyşlar bilen hiç hili ylalaşmaýardy. Ondan başga-da, bu çaklama, ýagtylygyň birwagtda ýatdan çykarylan korpuskulýar nazaryýetine gaýdyp gelinýän ýaly bolýar. Käbir fizikler hatda şeýle çaklama fotoeffekti düşündirmek üçin hem artykmaç we maddany düzýän ossilýatorlar tarapyndan şöhlelendirilýän we goýberilýän energiýalaryň diskretligi barada Plankyň çaklamasy bilen çäklenmek bolar diýip hasapladylar. Olaryň pikirine görä şöhlelenmäniň özi üznüksiz häsiýetde bolmaly we Makswelliň deňlemelerine boýun egmelidir. Ýagtylyk kwantlary baradaky çaklamany goldamaýan we ony artykmaç hasaplaýan Plank hem edil şeýle pikirdedi.

Ýöne ýuwaş-ýuwaşdan käbir alymlarda ýagtylyk, hakykatdan hem, tolkun häsiýetleri bilen bir hatarda korpuskulýar häsiýetlere eýe bolýar diýen pikir döräp başlady we bu *dualizmi* düşündirmek we ýaýraýan ýagtylyk tolgunmalarynyň gurluşyny öwrenmek meseleleri ýüze çykdy. Şunlukda, bu mesele adaty nusgawy garaýyşlar nukdaýnazarynda çözüler diýlip, garaşylýardy.

1909-njy ýylda Eýnşteýn, şöhlelenme nazaryýetini derňemekligi dowam etdirip, *ýagtylyk birwagtyň özünde hem tolkun, hem korpuskulýar häsiýetlere eýedir* diýlen netijä gelýär.

Ýagtylygyň korpuskulýar we tolkun häsiýetlerini nähili birikdirmek baradaky pikir köp fizikler tarapyndan, hatda, has anyk we giňişleýin görnüşde hem aýdyldy. Meselem, ýagtylyk tolgunmalary, giňişlikde kesgitli göwrümi eýeleýän we bir bitewi zat ýaly ýaýraýan, aýratyn monohromatik tolkun görnüşli emele gelmeleriň – ýagtylyk kwantlarynyň birikmesidir, diýlen çaklamalar ara alnyp maslahatlaşyldy. Emma elektromagnit şöhlelenmäniň korpuskulýar – tolkun dualizminiň şuňa meňzeş düşündirmeleri, interferensiýa we difraksiýa hadysalaryny we hatda ýönekeý hadysalar bolan, ýagtylygyň serpikmesini we döwürlesini düşündirmekde, uly kynçylyklara sezewar boldy. Bu nazaryýetiň nukdaýnazarynda, meselem, interferensiýa hadysasyny nähili düşündirmek bolar? Bilşimiz ýaly, ýagtylygyň diňe kogerent şöhleleri interferensiýa hadysasyny ýüze çykarýarlar. Şoňa görä-de, ýagtylygyň kogerent desseleri emele gelende, meselem, serpikmede, ýagtylygyň şol bir kwanty bölünýär ýa-da ýagtylygyň dürli kwantlaryny kogerent diýip hasap etmeli bolarys. Bu çaklamalaryň birinjisi XX asyryň başynda belli bolan, optiki ýoluň tapawudynyň uly bahasynda interferensiýanyň ýüze çykmalaryna garşy gelýärdi (spektriň görünýän bölegi üçin ýoluň bu tapawudy bir metre golaýdy). Şeýlelikde,

şeyle ölçeqli fotonlaryň bardygyny ykrar etmelidi, bu bolsa düýbünden akyla sygar ýaly däl. Şeyle fotonlar, meselem, görejiň içinden geçip setçatka nähili bararlar?

Emma beýleki nukdaýnazar hem, ýagny ýagtylyk kwantlary (fotonlary) ýagtylyk dessesinde kogerent toplumy emele getirýärler diýlen garaýyş hem kynçylyklara sezewar boldy. Näme üçin iki gurşawyň araçäginde ýagtylyk şöhleleri serpigende fotonlaryň bir bölegi serpigýärler, beýlekileri bolsa, döwürler diýen sorag döreýär. Ekranyň gara zolaklar görünýän ýerine düşýän fotonlar nähili biri-birini ýok edýärler we ş.m.? Nýutonyň ýagtylygyň korpuskulýar nazaryýeti bu soraglara jogap berip bilmedi.

Şeýlelikde, ýagtylygyň kwant nazaryýetiniň önünde uly kynçylyklar döredi, şol sebäpli köp fizikler ýagtylygyň kwanty (fotony) baradaky garaýyşdan ýüz öwürdiler we Eýnşteýniň çaklamasyny ewristik çaklama we bu çaklama ýagtylyk şöhlelenmesiniň hakyky manysyny açyp görkezmeýär diýip hasap etdiler.

1920-nji ýylda Lorens Gettingende okan leksiýalarynda we 1917-nji ýylda Robert Endrus Milliken (1868-1953 ý.) özüniň «*Elektron*» kitabynda Eýnşteýniň çaklamasyna garşy boldular.

Absolýut gara jisimiň şöhlelenmesini düşündirmekde Eýnşteýniň çemeleşmesi Plankyň çemeleşmesinden tapawutlanýardy. Eýnşteýn öz hasaplamalarynda termodinamikanyň kömegi bilen alnan we şoňa görä-de, kemçiligi bolmadyk *Winiň formulasyny* ulandy. Eýnşteýn şol formulany ulanyp, aýna köwekdäki monohromatik şöhlelenmäniň  $\Delta S$  entropiýasyny aşakdaky aňlatma bilen kesgitleýär:

$$\Delta S = n \cdot \ln \left( \frac{V_1}{V_2} \right),$$

bu ýerde  $V_1$  - köwegiň göwrümi;  $V_2$  - şöhlelenme bilen doldurylan göwrüm.

Bu bolsa ideal gaz üçin alnan degişli aňlatma bilen gabat gelýär, şunlukda  $n = \frac{\varepsilon}{h\nu}$  – kwantlaryň sany. Bu ýerden hem *şöhlelenme kwantlary* girizilýär.

Şeýlelikde, şöhlelenmäniň kwant modeliniň çäklerinde birnäçe effektleri: *fotoeffekti*, *gazlaryň fotoionizasiýasyny*, *lýuminessensiýada stoks süýşmesini* we ş.m. ýönekeý we aýdyň düşündirmek mümkin boldy.

Eýnşteýniň özi şöhlelenme meseleleri bilen köp we netijeli işledi. Ol 1912-nji ýylda *fotohimiýanyň esasy kanunyny döredti: her bir ýuwudylan foton bir elementar fotoreaksiýany döredýär*. 1917-nji ýylda Eýnşteýn *spontan we mejbury şöhlelenme* düşünjesini girizdi. Bu düşünjeler häzirki zaman kwant generatorlarynyň (lazerleriň) esasy düzýär. 1917-nji ýyldaky işinde ol fotonyň impulsy  $\frac{h\nu}{c}$  -e deň diýip kabul etdi.

Eýnşteýniň fizika ylmyna girizen fotonlaryny uzak wagtyň dowamynda uly ýaşly nesliň alymlary kabul etmediler. Bu düşünişmezligi Artur Holli Kompton

(1892-1962ý.) maddanyň elektronlary tarapyndan rentgen şöhleleriniň pytramagy netijesinde rentgen şöhleleriniň tolkun uzynlygynyň üýtgemek effektini açyp, aradan aýyrdy.



117-nji surat. Artur Holli Kompton

**Artur Holli Kompton (1892–1962 ý.)** – görnükli amerikan fizigi (117-nji surat). Ol Wuster şäherinde (Ogaýo ştaty) doguldy, Priston uniwersitetini tamamlady, rentgen şöhlelerini derňemek we ulanmak boýunça hünärmen. Uzak wagtlaý Çikago we Waşington uniwersitetlerinde işledi, Çikagoda metallurgiýa barlaghanasyna ýolbaşçylyk etdi. A.H. Komptonyň esasy ylmy üstünligi – maddanyň elektronlarynda rentgen şöhleleriniň pytramagy netijesinde tolkun uzynlygynyň üýtgemesini (*Kompton effekti*) tejribede açdy we bu hadysanyň nazaryýetini dörettdi. 1927-nji ýylda Nobel baýragyny aldy.

1920-nji ýyllarda ýagtylyk kwantlarynyň nazaryýetini tassyklaýan täze tejribe maglumatlary alyndy. 1922-nji ýylda A. Kompton gaty rentgen şöhleleriniň ýeňil elementleriň atomlaryndan pyramasyny öwrendi. Tejribäniň netijesine görä, madda tarapyndan rentgen şöhleleriniň pyramasynda, pytran rentgen şöhleleriniň tolkun uzynlygy artýar, ýagny pytran fotonyň ýygylgy ilkibaşdaky ýygylgyndan kiçi bolýar, oňa deňişli bolan tolkun uzynlygy bolsa, ilkibaşdaky tolkun uzynlygyndan uly bolýar (*Kompton effekti*).

Nusgawy nazaryýet *Kompton effekti*ni düşündirip bilmedi, sebäbi nusgawy tolkun nazaryýetine görä, *Gýuýgens-Freneliň prinsipine* laýyklykda, ikilenji (elektronlar tarapyndan pytran) tolkunýň uzynlygy düşýän tolkunýň uzynlygyna deň bolmaly.

*Kompton effekti* kwant nazaryýeti boýunça üstünlikli düşündirildi. Şunlukda, foton düşünjesi ulanyldy. Kompton we oňa bagly bolmazdan Debaý bu hadysanyň nazaryýetini hödürledi. Olar bu hadysany, rentgen şöhleleriniň pyramasy bolup geçýän atomlaryň elektronlary bilen fotonlaryň çaknyşmagy netijesine döreýär diýip düşündirdiler.

*Kompton effekti*ni kwant nazaryýeti, belli bolşy ýaly, fotonyň elektron bilen özara täsir hadysasyna energiýanyň we impulsyň saklanma kanunyny ulanmaklyga esaslanandyr. Elektron çaknyşma çenli dynçlykda diýip hasap edip, iki deňleme alarys:

$$h\nu_0 + m_0c^2 = h\nu + \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

$$\frac{h\nu_0}{c} = \frac{h\nu}{c} + m\beta,$$

bu ýerde  $\nu_0$  – düşýän rentgen şöhleleriniň ýygylgy;  $\nu$  – pytran şöhleleriň ýygylgy;  $m_0c^2$  – dynçlykda duran elektronyň energiýasy;  $h\nu_0$  we  $h\nu$  – degişlilikde, düşýän we pytran fotonlaryň energiýasy;  $\frac{h\nu_0}{c}$  we  $\frac{h\nu}{c}$  – degişlilikde, düşýän we pytran fotonlaryň impulsy;  $m$  we  $\vartheta$  – fotony ýuwudan elektronyň massasy we tizligi.

Bu deňlemelerden  $\nu_0 - \nu$  ýa-da  $\lambda - \lambda_0 = \Delta\lambda$  ululykary kesgitlemek bolar:

$$\Delta\lambda = 2 \frac{h}{m_0c} \sin^2 \frac{\varphi}{2},$$

bu ýerde  $\Delta\lambda$  – *Kompton tolkun uzynlygy*;  $\varphi$  – başlangyç we pytran rentgen şöhleleriniň ugurlarynyň arasyndaky burç.

*Kompton effektiniň* açylmagy fizika kwantlygy girizen Plankyň we Eýnşteýniň ideýalarynyň dogrulygyny gutarnykly tassyklady.

Eýnşteýniň ýagtylygyň kwanty baradaky çaklamasyny tassyklaýan başga-da birnäçe tejribeler geçirildi (meselem, A.F.Ioffe we N.I.Dobronrawow tarapyndan 1920-nji ýyllarda geçirilen tejribe). Indi, ýagtylyk şöhlenenmesiniň hem korpuskulýar, hem tolkun häsiýetleriniň bardygyna hemmeler ynandylar.

Kwantlaryň fizikada ony görmek üçin has kyn bolan ýerde – absolýut gara jisimiň şöhlenenmesinde ýüze çykmagy bilen ylmyň taryhy özüniň ynjklygyny görkezdi. Eýnşteýn kwant nazaryýetine tebigy ýol bilen bardy we ýagtylygyň nazaryýetine kwant garaýyşlarynyň girizilmeginiň zerurdygyna derrew düşündi. Ol ýagtylyk kwanty baradaky çaklamany wagtlaýyn diýip hasaplaýan Plankyň we beýleki fizikleriň pikirleri bilen ylalaşmady. Eýnşteýn ýagtylygyň şöhlenenmeginiň we ýuwudylmagynyň kwant kanunlary bilen beýan edilmelidigine anyk düşündi.

*Korpuskulýar - tolkun dualizmi* (fotona bir wagtyň özünde tolkunyny we bölejigiň häsiýetlerini berip bolýandygy) nusgawy fizika nukdaýnazarynda düşündirip bolmaýandygy has aýdyň boldy. Bu dualizme düşünmek üçin fiziklere täze düşüňjeler we täze garaýyşlar gerekdi. Bu mümkinçilik kwant mehanikasynyň döremekligi we ösmegi bilen döredi. Kwant nazaryýeti fizika ylmynyň bir bölegi boldy. Indi hiç kim ony inkär edip bilmeýärdi.

## **16-njy bab. HEREKET EDÝÄN GURŞAWLARYŇ ELEKTRODINAMIKASYNYŇ WE ELEKTRON NAZARYÝETINIŇ DÖREDILMEGI WE ÖSÜŞI**

### **16.1. Ýagtylygyň tizligi**

*Ýagtylygyň tizligi* – fundamental hemişelik diýip atlandyrylýan möhüm fiziki ululyklaryň biridir. Ony beýleki fiziki hemişelikleriň üsti bilen aňlatmak mümkin



däl, şol sebäpli ýagtylygyň tizligini kesgitlemegiň ýeke-täk usuly tejribedir. Ýagtylygyň tizligini kesgitlemek boýunça ilkinji synanyşygy 1607-nji ýylda Galileý geçirdi. Emma onuň tejribesi gödek we nätakyk boldy. Sebäbi ýagtylygyň tizliginiň uludygy sebäpli, ýagtylyk signalynyň ýaýrama wagty kesgitlenmedi-de, adamyň duýmaklyga ýitiren wagty kesgitlendi. Duýmaklyk pursatlaýyn bolup geçýär diýip, hasaplanandygy üçin ýagtylygyň tizligi tükeniksiz diýlen netijä gelip bolýardy.

Ýagtylygyň tizliginiň ilkinji takyk ölçenilmegi 1676-njy ýylda daniýa alymy Olaf Kristensen Rýomer (1644–1710 ý.) tarapyndan amala aşyryldy. Ol Ýupiter planetasynyň hemralarynyň tutulmalarynyň tablisalaryny düzmegi başardy.

Rýomeriň derňew üçin saýlap alany şol döwürde belli hemralaryň biri – *Io hemrasy* boldy. Ol hemranyň aýlanmasyna uzak wagtyň dowamynda gözegçilik etdi we ilkibaşda Ýupiteriň kölegesi bilen ýapylan hemranyň we soňra onuň haçan Ýerdäki gözegçä görünýändigini uly takyklyk bilen kesgitledi. Rýomer *Io hemranyň* tutulmasynyň yza galmagyny *ýagtylygyň tizliginiň gutarnykly baha eýe bolýandygy* bilen düşündirdi. Ýeriň orbitasynyň diametriniň şol döwürdäki bahalary esasynda Rýomer ýagtylygyň tizligini  $c \approx 215\,000\text{ km/s}$  deň diýip aldy.

Rýomeriň hasaplamalary onçakly takyk däl, emma bu ölçegler ilkinji gezek planetalaryň we olaryň hemralarynyň hereketlerini kesgitlemek üçin ýagtylygyň tizliginiň gutarnykly ululygyny hasaba almalydygynyň zerurdygyny görkezdi. Bu mesele boýunça Rýomeriň Pariž Ylymlar akademiýasynda eden çykyşy güýçli jeddeleri döretdi, sebäbi onuň netijeleri şol döwürde Fransiýada kabul edilen Dekartyň garaýyşlaryna ters gelýärdi. Diňe Gýuýgens Rýomeri goldady, sebäbi ol Rýomeriň açyşynda ýagtylygyň tolkun garaýşynyň peýdasyna bolan degerli subutnamany gördi.

1725–1728-nji ýyllarda *ýyldyzlaryň abberasiýasynyň* – *ýyldyzlaryň görinýän ýyllyk süýşmesine* gözegçiliklerine esaslanan, başga astronomik usul ulanyldy. Jeýms Bradleý (1693–1762 ý.) 1727-nji ýylda *abberasiýa* hadysasyny açdy we onuň esasynda ýagtylygyň tizligini kesgitlemek usulyny hödürledi. J. Bradleýe görä ýagtylygyň tizligi  $c = 308\,000\text{ km/s}$  deň boldy. Ýüz ýyldan gowrak wagt geçenden soň rus astronomy W.Ý. Struwe şuna meňzeş ölçegleriň takyklygyny düýpli gowulandyrdy.

Ýagtylygyň tizligini ölçemekligiň barlaghana usullary, umuman, Galileýiň usulyny kämilleşdirmeklige esaslandy. Ýagtylygyň tizliginiň ilkinji barlaghana ölçeglerini, 1849-njy ýylda fransuz fizigi Arman Ippolit Lui Fizo (1819–1896 ý.) *dişli tigr usulyny* ulanyp ýerine ýetirdi. Onuň ölçegleriniň bahasy  $c = (313\,300 \pm 500)\text{ km/s}$ -a deň boldy.

Fransuz fizigi Mari Alfred Kornýu (1841–1902 ý.) *Fizonyň usulynyň* ähmiýetine baha berip şeýle diýdi: «*Fizonyň usuly, ilkinji gezek Ýeriň üstünde hiç hili astronomik hadysalary ulanman, ýagtylygyň tizligini ölçemäge mümkinçilik berdi. Bu diňe bir, çözüän meselesiniň kynlygy boýunça birinji derejeli açyş bolman, eý-*

*sem, inçeligi we takyklygy boýunça örän täsin optiki desgany döretmeklik esasynda mümkin boldy... Tigiriň dişleriniň arasynda mikroskopik ululykly ýagtylanýan noka-dy döretmeklik, ondan çykýan desseleri birnäçe kilometr aralyga ugrukdyrmak, ol ýerde ony aýnadan serpikmäge mejbur etmek we ol şöhläni başlangyç nokada gaty-taryp getirmek, eger ol bu tejribe amala aşyrylmazdan ön hödürlenen bolsa-dy, onda bu netije mümkin däl, ähtimal, hatda, manysyz hasaplanardy».*

1850-nji ýylda fransuz fizigi, mehanigi we astronomy Žan Bernar Leon Fuko (1819–1868 ý.) F. Aragonyň teklibi boýunça *áýlanýan aýnalaryň* kömegi bilen ýagtylygyň tizligini ölçemek usulyny işläp düzdi we ýagtylygyň tizligini howada we suwda ölçedi. Onuň ölçeglerine görä ýagtylygyň suwdaky tizligi ýagtylygyň howadaky tizliginiň  $3/4$  bölegine deň boldy. 1862-nji ýylda ol ýagtylygyň howadaky tizligi üçin  $c = (298\,000 \pm 500) \text{ km/s}$  bahany aldy. Soňra *áýlanýan aýnalar usuly* bilen geçirilen ölçegler aşakdaky netijelere getirdi:

Nýukomb (1891 ý.) –  $c = (299\,810 \pm 50) \text{ km/s}$ ;

Maýkelson (1902 ý.) –  $c = (299\,890 \pm 60) \text{ km/s}$ ;

Maýkelson (1926 ý.) –  $c = (299\,796 \pm 4) \text{ km/s}$ .

Mikrotolkunly interferometri ulanmaklyk bilen K.Frum (1958 ý., ABŞ) ölçegleriň takyklygyny düýpli ýokarlandyrmagy başardy we ýagtylygyň tizliginiň  $c = (299\,792,2 \pm 0,2) \text{ km/s}$  bahasyny aldy. Ýagtylygyň tizliginiň has takyk ululygyny, lazer şöhlelenmäniň tolkun uzynlygyny we ýygylgyny ölçemeklik usulynyň kömegi bilen kesgitlediler (Iwenson, 1972 ý.):

$$c = (299\,792,2\,4562 \pm 0,0011) \text{ km/s}.$$

1983-nji ýylda ölçegler we agramlar boýunça XVIII Baş maslahatda *ýagtylygyň tizligi*  $c = 299\,792\,458 \pm 1,2 \text{ m/c}$  takyk baha deň diýip hasap edildi. Şol Baş maslahatda metriň täze kesgitlemesi kabul edildi: *1 m uzynlyk birliги deregine  $1/(299\,792\,458) \text{ s}$  wagta deň bolan aralykda ýagtylygyň wakuumda geçýän ýolunyň uzynlygy kabul edilyär.* Dürli usullar bilen ýagtylygyň tizligini ölçemekligiň netijesinde alnan netijeleriň ylalaşygy, ýagtylygyň tizliginiň we elektrodinamik hemişeligiň deňliginiň şol döwürde gödek kesgitlenen bahalary esasynda alnan ýagtylygyň elektromagnit tebigaty barada Makswelliň pikirleriniň dogrulygynyň ynandyryjy subutnamasydyr. Şeýle-de, ýagtylygyň tizligini ölçemekligiň barlaghana usullary döwülme görkezijisini ölçemek bilen ýagtylygyň döwülme kanunyny gönüden-göni barlamaga mümkinçilik berdi.

## 16.2. Efiriň gözleginde

Makswell tarapyndan döredilen elektrodinamika hereketsiz gurşawlarda bolup geçýän elektromagnit hadysalaryny ajaýyp beýan edýär. Şunlukda, uzak wagtyň dowamynda, içinde madda bolmadyk giňişlikde käbir ýagtylyk äkidiji gurşaw – efir

bar, ýagtylyk tolkunlary şonuň içinden geçip ýaýraýarlar, diýip çakladylar. Maxwell bu çaklamanyň tarapdarydy.

XIX asyryň ahyrynda hereket edýän gurşawlaryň elektrodinamikasy möhüm meseleleriň biri boldy. Bu ýagdaý, bir tarapdan, amaly meseleler (radionyň oýlanyp tapylmagy, aragatnaşyk meseleleri, elektrik maşynlarynyň oýlanyp tapylmagy we ş.m.), beýleki tarapdan bolsa *efir meselesi* bilen baglanyşykly bolup, hereket edýän jisim bilen efiriň özara gatnaşygy baradaky soraglaryň aýratynlygy netijesinde ýüze çykdy.

1881-nji ýylda A. Maýkelson «*Ýeriň we ýagtylyk äkidiji efiriň otnositel hereketi*» atly ylmy makalasynda Ýeriň efire görä hereketini ýüze çykarmagyň başartmandygyny aýtdy. Maýkelsonyň esasy maksady Ýeriň efire görä hereket edýändigini kesgitlemekdi.

«*Efir ýellerini*» gözlemek baradaky meseläni J.K. Maxwell baryp 1877-nji ýylda teklipl edipdi. Ol, Ýer özüniň Günüň daşyndaky orbital hereketinde gozganmaýan efiriň içinden geçýär we şol sebäpli ýagtylygyň tizligini dürli ugurlar boýunça ölçänlerinde, barlagçylar uly bolmadyk tapawudy görmelidirler diýdi. Ýöne, Maxwell bu örän kiçi ululygy ýüze çykarmakda kynçylyklaryň boljakdygyny hem aýtdy. Şol döwürde efiriň bardygy barada hiç kim ikeriňlenmeýärdi. Diňe Ýer hereket edende efir onuň bilen alnyp gidilýärmä ýa-da hereketsiz galýarmy diýlen sorag düşnüksizdi. Bu çaklamalaryň her haýsysynyň tarapdarlary bardy. Muny diňe tejribe çözüp biljekdi. Bu tejribäni A.A. Maýkelson geçirdi.



118-nji surat. Albert Abraham Maýkelson

**Albert Abraham Maýkelson (1852–1931 ý.)** – görnükli amerikan fizigi (118-nji surat). Ol Strelno şäherinde (Prussiýa) söwdagäriň maşgalasynda eneden doguldy. 1854-nji ýylda onuň ata-enesi ABŞ geçdiler. Bu ýerde ol mekdebi we Harby-deňiz akademiýasyny tamamlady. 1880–1882-nji ýyllarda ol (bu akademiýanyň mugallymy hökmünde) Germaniýanyň we Fransiýanyň ylmy merkezlerinde bilimini kämilleşdirdi. Bu ýerde ol interferometriň dürli görnüşlerini döretmek boýunça ylmy işlerine başlaýar we Ýeriň hereketiniň ýagtylygyň ýaýramak tizligine täsirini kesgitlemek boýunça ilkinji (şowsuz) tejribelerini geçirýär. 1883-nji ýyldan başlap ABŞ-yň dürli uniwersitetlerinde işledi, 1892-nji ýyldan başlap Çikago uniwersitetinde işledi. Optiki interferometriýada görnükli hünärmen bolan A. Maýkelson 1907-nji ýylda fizika boýunça Nobel baýragyna mynasyp boldy.

A. Maýkelsonyň esasy işleri optika we spektroskopiýa degişlidir. A. Maýkelson ýörite görälik (otnositellik) nazaryýetiniň tassyklanmagynda uly ähmiýete eýe bolan «*efir ýelleriniň*» ýokdugyny subut eden tejribäniň awtorydyr. Onuň tejribesiniň maksady Ýeriň hereket ugruna we oňa perpendikulýar goýberilen ýagtylyk şöhleleriniň tizligini kesgitlemekdi. Eger bu tizlikler dürli bolsalar, onda efir Ýer bilen alnyp gidilmeýär, eger bu tizlikler birmeňzeş bolsa, onda efir Ýer bilen bilelikde he-

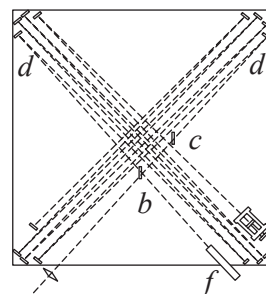
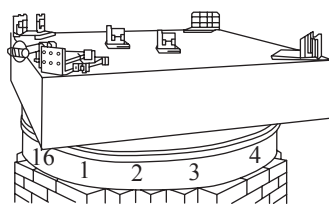
reket edýär diýlen netijä garaşylýardy. Alym ölçegleri geçirmek üçin ýokary duýgurlykly abzaly – şu wagta çenli onuň adyny göterýän interferometri – *Maýkelsonyň interferometrini* («ýyldyz interferometri») ulandy.

*Maýkelsonyň interferetriniň* ilkinji nusgasy (119-njy surat) Berlin şäherinde Gelmgolsyň barlaghanasynda synag edildi. Emma ýol hereketi we beýleki päsgelçilikler ýeterlik takyklyk bilen tejribäni geçirmäge mümkinçilik bermedi. Şoňa görä-de, interferometr asuda Potsdam şäherine geçirildi we beton esasyda oturdyldy. Geçirilen tejribäniň netijesinde Ýeriň efire görä hiç hili hereketiniň ýokdugy anyklanyldy.

1886-njy ýylda G.A. Lorens Maýkelsonyň tejribesini derňäp, onuň hasaplamalarynda ýalňyşlygyň bardygyny jemagat önünde beýan etdi. Bir ýyl geçenden soň A. Maýkelson we E.U. Morli (120-nji surat) bütin Älemi doldurýan we ýagtylygyň hem-de elektromagnet tolkunlaryň ýaýraýan gurşawy bolup hyzmat edýän, «ýagtylyk äkidiji» anyk efiirň bardygyny subut etmek üçin has uly takyklyk bilen tejribe geçirdiler. Olaryň tejribede ulanan desgasynyň çyzgysy bu iki ajaýyp fizigiň geçiren örän inçe çylşyrymly tejribesi barada diňe umumy düşüňjeleri berýär.

**Edward Uilýams Morli (1838–1923 ý.)** – amerikan fizigi we himigi (120-nji surat), ABŞ-da teologiýa ugrundan bilim aldy. Soňra himiýa mugallymy bolup işledi we himiýanyň meseleleri boýunça derňewleri geçirdi. Dürli elementleriň atomlarynyň massalaryny wodorod atomynyň massasy bilen deňeşdirmek boýunça geçiren tejribe derňewleri üçin birnäçe gezek Döwlet baýraklaryna mynasyp boldy.

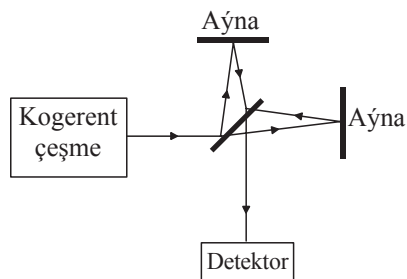
Bu tejribede Maýkelson we Morli ýagtylyk şöhesini ýarymdury aýna (aýna plastina) tarypyndan ikä bölmäge mümkinçilik berýän optiki ölçeg abzaly bolan has kämilleşdirilen *interferometri* ulandylar (121-nji surat). Tejribede interferometr simaply gapda ýüzýän daşdan ýasalan plitada oturdyldy. Aýna plastinanyň bir tarapyna



119-njy surat. Maýkelsonyň interferetriniň ilkinji nusgasy



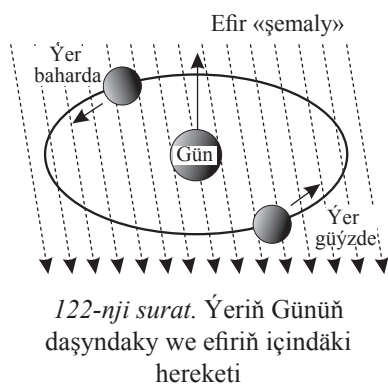
120-nji surat. Edward Uilýams Morli



121-nji surat. Maýkelsonyň-Morliniň interferometri

kümüş çayylan we bu plastina, düşýän şöhläniň bir bölegini serpikdirýär, bir bölegi bolsa geçirmäge ukyplydyr (şeýle tehnologiýa häzirki döwürde aýna fotoapparatlarda ulanylýar). Netijede, şöhle bölünýär we emele gelen iki kogerent şöhleler biri-birine käbir burç boýunça aýrylýarlar, ondan soň ýarymdury aýnadan deňdaşlykda ýerleşen aýna serpikdirijilerden serpigýärler. Detektorda bu iki aýnadan gelýän şöhleleriň emele getirýän interferensiýa suratyna gözegçilik edilýär we bu iki şöhläniň biri-birine görä gijä galmalaryny örän uly takyklyk bilen kesgitlep bolýar.

Köp gezekleýin serpikmäni ulanmagyň hasabyna optiki ýoluň uzynlygy 11 metre barabar boldy. Bu bolsa ölçegiň takyklygyny 10 esse artdyrmaga mümkinçilik berdi.



Maýkelsonyň-Morliniň tejribesi dünýä efiriň bardygyny (ýa-da ýokdugyny) efir «şemaly» ýüze çykarmak arkaly tassyklamaga gönükdirilipdi. Hakykatda, Ýer Günün daşynda orbita boýunça aýlanyp, ýarym ýylyň dowamynda hyýaly efire görä bir ugra, indiki ýarym ýylda – ters ugra hereket edýär (122-nji surat). Netijede, ýarym ýylyň dowamynda «efir şemaly» Ýeri «üflemeli» we netijede interferometriň görkezmesini bir tarapa, indiki ýarym ýylda beýleki tarapa süşürmeli.

Emma Maýkelson we Morli bir ýylyň dowamynda (1887 ý.) interferensiýa suratynyň hiç hili süşmesini ýüze çykaryp bilmediler. Ýagny, tejribäniň netijesi edil öňki tejribedäki ýaly otrisatel boldy.

Mümkin bolan ýokary takyklyk bilen (ýagtylygyň tizliginiň gyşarmasyny, hatda, ol  $10^{16}$  tertipde bolsa hem, ýüze çykarmaga mümkinçilik berýän optiki we kriogen mikrotolkunly rezonatorlary ulanmak bilen) geçirilen şuna meňzeş häzirki zaman tejribeleri hem şeýle netijeleri berdi.

Şeýlelikde, hiç hili «efir şemaly», diýmek, efir hem ýok, diýlen netijä gelindi. Maýkelsonyň-Morliniň tejribesi tebigatda «absolyut hasaplaýyş ulgamynyň» ýokdugyny gutarnykly tassyklady. Bu netije şol döwrüň ähli garaýyşlaryna ters geldi.

Genrih Gers 1890-njy ýylda iki sany möhüm makalany çap etdi. Ol birinji makalasynda Makswelliň deňlemelerini derňedi we «Bu deňlemeler gurluşyk materiallary bilen doldurylan we bu deňlemelerde wektor-potensial häkimlik edýär» diýip belledi. Diňe G. Gers Makswelliň deňlemelerini häzirki ulanýan görnüşimizde ýazdy. Ol ikinji makalasynda Maýkelson-Morliniň tejribesini äkidilýän efiriň nazaryýeti esasynda düşündirdi. Emma äkidilýän efiriň nazaryýeti Fizonyň tejribesini, abberasiýany, Rentgeniň tejribelerini we başgalary düşündirmäge mümkinçilik bermeýärdi.



### 16.3. Elektron nazaryýetiniň döredilmegi we ösüşi

Hereket edýän gurşawlaryň şol döwürde bar bolan ähli tejribe maglumatlaryny düşündirip biläýjek, täze pikirlere esaslanan, düýbünden başga nazaryýet gerekdi. Bu nazaryýet fizikanyň taryhynda *elektron nazaryýeti* diýen ada eýe boldy. Bu nazaryýetiň esasyňy H.A. Lorens goýdy.

**Hendrik Anton Lorens (1853–1928 ý.)** – niderland alymy, fizik-nazaryýetçi (123-nji surat), Leýden uniwersitetinde okady, şol ýerde, diňe şonuň üçin döredilen nazary fizika kafedrasynyň professory bolup işledi. Ömrüniň ahyryna çenli şol döwürüň fizika boýunça atly alymlarynyň ýygnaýyny guraýan Solweýew kongresleriniň başlygy boldy. Fizikanyň taryhyna H.A. Lorens elektromagnit meýdany we atomistikanyň sintezi bolan elektron nazaryýetini dörediji hökmünde bellidir. 1902-nji ýylda fizika boýunça Nobel baýragyna mynasyp boldy.



123-nji surat. Hendrik Anton Lorens

Makswell özüniň «*Traktatynda*» atom zarýady barada netijä geldi. Ýöne ol geljekde meýdan garaýyşlary bu düşüňjani inkär eder diýip garaşýardy. Onuň bu çaklamasy amala aşmady. Tersine elektrigiň diskretligi barada garaýyş ösdi. 1891-nji ýylda irländ fizigi Jonson Stoney (1826–1911 ý.) «*elektron*» adalgany girizdi. Emma bu diňe adalgady, *elektrik zarýadynyň diskretligi* baradaky pikir Faradeýe degişlidir.

H.A. Lorens özüniň irki işlerinde elektrik nazaryýetine atomistikany girizip başlapdy. Ýagny ol özüniň doktorlyk dissertasiýasynda gurşawda ýagtylygyň tizliginiň üýtgemegini elektrikleşen bölejikleriň täsiri bilen düşündirmäge synanyşdy. 1878-nji ýylda ol daniýaly Lýudwig Lorens (1829–1891 ý.) bilen bilelikde döwürle görkezijisi we gurşawyň dykzlygynyň arasyndaky baglanyşygy görkezýän aşakdaky belli formulany (*Lorensiň-Lorensiň formulasy*) hödürledi:

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} = \frac{4}{3} \pi N \alpha_{el} ,$$

bu ýerde  $\alpha_{el}$  – maddanyň bölejikleriniň elektron polýarlaşma koeffisiýenti.  $N$  – göwrüm birligindäki polýarlaşýan bölejikleriň sany,  $n$  – gurşawyň döwürle görkezijisi.

1892-nji ýylda H.A. Lorens elektron nazaryýetiniň esaslaryny beýan etdi. Onuň nukdaýnazaryna görä dünýä maddadan we efirden ybaratdyr. Efir hereketsiz diýip hasap edilýär. Bu nukdaýnazaryň esasynda ol şol döwürde belli bolan tejribeleri (Freneliň, Fizonyň, Maýkelsonyň we Morliniň tejribelerini) düşündirmäge synanyşdy. Bulary düşündirmek üçin ol hereketiň ugruna we oňa perpendikulýar ugur boýunça ölçenilýän  $l$  uzynlyklaryň deň dældigi baradaky çaklamanyň dogrudygyny ykrar etmeli boldy:

$$l(1 - \alpha),$$

bu yerde  $l$  – jisimiň uzynlygy, şunlukda  $\alpha = \frac{g^2}{2c^2}$ .  $\alpha$  – Ýeriň tizligi bilen ýagtylygyň tizliginiň gatnaşygyny häsiýetlendirýän funksiýa;  $g$  – Ýeriň tizligi,  $c$  – ýagtylygyň tizligi.

Bu belli gatnaşygy, H.A. Lorensiň belleýşine görä, irland fizigi Jorj Frensis Fitsjerald (1851-1901 ý.) hem aldy. H.A. Lorensiň – J.F. Fitsjeraldýň gysgalmasy öňe bolan hereketde jisimiň uzynlygynyň gysgalmasyny beýan edýär.

Bu örän batyrgaý çaklama bolup, ol nusgawy garaýyşlardan örän daş hem bol-sa, H.A. Lorens bu yerde, masştabyň gysgalmasy baradaky çaklamany getirip bildi. Şeýlelikde, elektrodinamikada ilkinji relýatiwistik baglanyşyk (häzirki zaman bel-gilerinde) döredi:

$$l = l_0 \sqrt{1 - \beta^2},$$

bu yerde  $\beta = g/c$  – jisimiň tizliginiň ýagtylygyň tizligine bolan gatnaşygy.

Başga bir relýatiwistik netije bolan massanyň energiýa baglylygy 1881-nji ýyl-da 25 ýaşly Jozef Jon Tomson (1856-1940 ý.) tarapyndan alyndy.

Şeýlelikde, dünýäniň elektromagnit suratynyň çäklerinde görälik nazaryýeti-niň *uzynlyklaryň gysgalmagy, massanyň we energiýanyň baglanyşygy* (hemişelik köpeldijiniň takyklygynda) ýaly möhüm netijeleri alyndy. Şunlukda, dünýäni Makswelliň elektrodinamika kanunlary we Nýuton mehanikasynyň kanunlary dolandyryar diýlip hasap edildi. Hereket edýän gurşawlaryň elektrodinamikasy görälik nazaryýetine getirmedi, emma taryhy taýdan bu şeýle hem bolup geç-di. 1895-nji ýylda H.A. Lorens «*Hereket edýän jisimlerdäki elektrik we optiki hadysalaryň nazaryýetiniň tejribeleri*» atly düýpli işinde elektron nazaryýetini beýan etdi.

1904-nji ýylda çap eden «*Ýagtylygyň tizliginden kiçi tizlik bilen hereket edýän ulgamlarda elektromagnit hadysalary*» atly makalasynda H.A. Lorens häzirki döwürde *Lorensiň öwürmeleri* ady bilen belli bolan aňlatmany getirdi. Emma ondan dört ýyl öň inlis fizigi-nazaryýetçisi Jozef Larmor (1857-1942 ý.) bu öwürmeleri häzirki bilýän görnüşimizdäki ýaly görnüşde alypdy. J. Larmor hereket edýän we gozganmaýan ulgamlaryň koeffisiýentleriniň arasyndaky baglanyşyk

$$x' = \frac{x - gt}{\sqrt{1 - \beta^2}}; \quad y' = y; \quad z' = z; \quad t' = \frac{t - \frac{g}{c^2}x}{\sqrt{1 - \beta^2}}; \quad \beta = \frac{g}{c}$$

gatnaşyklar bilen kesgitlenýän bolsa, Makswelliň deňlemeleriniň formasynyň he-reket edýän ulgamda hem üýtgemän galýandygyny görkezdi.

H.A. Lorens muny giç we J. Larmora garanda ýaramaz ýerine ýetirdi. Emma muňa garamazdan ylmyň taryhynda «*Lorensiň öwürmeleri*» diýen at galdy. Munuň beýle atlandyrylmagy Anri Puankare (1854–1912 ý.) degişlidir. Ol H.A. Lorensi görälik prinsipini nazara almandygy üçin tankytlady. Puankare *Lorensiň öwürmelerini* özüçe giňeldýär we derňeýär. Puankare tizlikleriň goşulma, elektrik we magnet meýdanlarynyň güýjenmeleriniň öwürmelerini, zarýadyň dykyzlygynyň, toguň dykyzlygynyň formulalaryny hödürledi we dörtölçegli relýatiwistik elektrodinamikany döretdi.

**Jozef Larmor (1857–1942 ý.)** – irland fizigi we matematigi (124-nji surat). Ol Irlandiýada Antrim şäherinde eneden doguldy, Belfastda Korollyk kolleži we 1879-njy ýylda Kembriž uniwersitetini tamamlady. 1880-1885-nji ýyllarda Belfastda Korollyk uniwersitetiniň professory, 1885-1932-nji ýyllar aralygynda Kembriž uniwersitetinde ylmy işgär, soňra bu uniwersitetiň professory wezipelerinde işledi. Larmoryň «*Efir we materiýa*» monografiýasy (1900 ý.) elektrodinamikanyň ösmekliginde möhüm ähmiýete eýe boldy. Şeýle hem Larmoryň magnite degişli (*Larmor presessiýasy*, *Larmor ýygylgy*, *Larmor radiusy*) eden işleri hemmä bellidir. J. Larmor Londonyň Korollyk jemgyýetiniň agzasy (1892 ý.) we wise-prezidenti (1912-1914 ý.) boldy.



124-nji surat.  
Jozef Larmor

**Žýul Anri Puankare (1854–1912 ý.)** – fransuz fizigi (125-nji surat), matematigi, inženeri, astronomy we filosofy. Ol Nansi şäherinde doguldy. Politehniki mekdepde okady, Dag mekdebini tamamlady. 1881-nji ýyldan başlap Pariž uniwersitetinde işledi, Pariž obserwatoriýasynyň direktory boldy. Pariž Ylymlar akademiýasynyň prezidenti, dünýäniň 30-dan gowrak Ylymlar akademiýalarynyň (şol sanda Peterburg Ylymlar akademiýasynyň) agzasy boldy.



125-nji surat. Žýul Anri  
Puankare

Puankare görälik nazaryýetine, termodinamika, elektrige, optika, maýyşgaklyk nazaryýetine, molekulýar fizika degişli köp işleri etdi. Ol 1904–1905-nji ýyllarda görälik nazaryýetini açmaklyga has golaý geldi. Astronom hökmünde, özüniň matematikada gazanan üstünliklerini ulanyp, asman mehanikasynda täze eýýamy açdy.

Ýöne Larmoryň, Lorensiň, Puankareniň öz nazaryýetlerini efir düşüňjesine daýanyp, nusgawy elektrodinamikanyň esasynda ösdürendiklerini bellemek gerek. Olar birnäçe tejribeleri düşündirmekligi we zerur bolan matematiki guraly döretmekligi başardylar. Emma görälik prinsipine tebigatyň umumy kanuny hökmünde düşünmekligi olar başarmadylar. Giňişlik we wagt baradaky täze garaýyşlary döretmek üçin düýpli ähmiýeti bolan ýagtylygyň tizliginiň hemişeligi we onuň aňryçäk

bahasy baradaky sorag olar tarapyndan öwrenilmedi. Görälik nazaryýetini hakyky dörediji Albert Eýnşteýndir.

Larmoryň, Lorensiň we Puankareň öwürmelerinde uzynlyk we wagt üýtgeýän hem bolsa, bu üýtgemeler ýüzleý häsiýetdedi. Giňişlik – wagt baradaky garaýyş olaryň işlerinde Nýuton döwründen bäri üýtgewsiz galypdy. Bu garaýyşlar ýewklid geometriýasyna esaslanandy. Uzak wagtyň dowamynda alymlar ýewklid geometriýasyny aňry çäk kämil hasaplaýardylar. Ýöne bu geometriýanyň gowşak ýeri *çyzyklaryň parallelligi baradaky postulat* bardy. Matematikler üçin ol aňry çäk mizemez zat däl. XIX asyryň görnükli matematikleri Nikolaý Iwanowiç Lobaçewskiý (1792–1856 ý.) we Berlgard Riman (1826–1866 ý.) ýewklid geometriýasyndan tapawutly bolan täze geometrik ulgam döredtiler. Hakykatyň hatyryna bu geometrik ulgamy döretmäge beýik K.F. Gaussyň we wenger matematigi Ýanoş Bolýaýyň hem goşant goşandyklaryny aýtmak gerek.

Lobaçewskiý we Riman tarapyndan döredilen ýewklid däl geometriýa giňişligiň täze häsiýetlerini beýan edýärdi. Bu giňişlik indi Ýewkliddäki ýaly diňe bir tekiz bolman, ol: Rimana görä položitel (*sfera*) ýa-da Lobaçewskä görä otirisatel (*pseudosfera*) egrilige hem eýe bolup bilýär. Şeýlelikde, XIX asyryň ahyrynda matematikler tekiz üçölçegli giňişlikden, egriligi bolan köpölçegli giňişlige geçdiler. Bu geometriýalaryň haýsysynyň hakykata laýyk gelýändigini baradaky soragy diňe tejribe çözmelidi.

Praga uniwersitetiniň professory, awstriýaly fizik we filosof Ernst Mah (1838–1916 ý.) absolýut giňişlik we wagt düşünjesini güýçli tankyt etdi. Gynansak hem, Mah fizik hökmünde, wagtyň materiýanyň beýleki görnüşleri bilen baglanyşygy barada has ulanarlykly pikirleri aýtsa hem, filosof hökmünde ol Nýutona çenli döwre gaýdyp gelýär.

Öňki SSSR döwründe Mahyň filosofiýasynyň tankytlanlymagy, onuň fizikadan eden işleriniň gymmatyna öz täsirini ýetirdi. Ýöne Mah görnükli fizikdi. A. Eýnşteýniň belleýşi ýaly, Mah «*umumy görälik nazaryýetine gelmekden daş däl-di*». Gynansak-da, bu beýle bolmady. Mah mehanikany meýdan baradaky garaýyş we ýagtylygyň tizliginiň gutarnykly baha eýe bolýandygy baradaky maglumat bilen baglanyşdyryp bilmedi. Muňa garamazdan E. Mahyň işleri A. Eýnşteýniň garaýyşlarynyň kemala gelmeginde oňyn ähmiýete eýe boldy. Eýnşteýn bu barada birnäçe gezek özüniň işlerinde ýatlady.

G. Gers hem Nýuton mehanikasyny derňemäge synanyşdy, ýöne ol hem şowsuz boldy. Tebigat ýene-de, özüniň gizlin syrlarynyň birini açmak üçin akyldaryň gelmegine garaşýardy. Bu akyldar döredi. Ol beýik fizik we görnükli şahsyýet A. Eýnşteýndi.

## 17-nji *bap*. EÝNŞTEÝN – ÝÖRITE WE UMUMY GÖRÄLIK (OTNOSITELLIK) NAZARYÝETLERINI DÖREDIJI

**Albert Eýnşteýn (1879–1955 ý.)** Ulma şäherinde (Germaniýa) kiçi telekeçiniň maşgalasynda eneden doguldy (126-njy surat). Eklenc üçin onuň maşgalasy bir şäherden beýlekä kän göçüpdir, şol sebäpli ol orta bilimi doly alyp bilmeýär. 16 ýaşynda ol Sýurihdäki (Şweýsariýa) Ýokary politehniki mekdebe okuwa girmäge synanyşýar, ýöne giriş synaglaryndan geçip bilmeýär. Soňra ol Aapaý şäherinde orta mekdebe okuwa girýär, 1896-njy ýylda – Sýurihdäki Ýokary politehniki mekdebiň pedagogika fakultetine okuwa girýär. 1900-nji ýylda ol bu mekdebi tamamlayar we uzak wagtlap iş tapyp bilmeýär. 1901-nji ýylyň maý aýyndan oktyabr aýyna çenli ol politehnikumda matematika mugallymy, 1902–1909-njy ýyllar aralygynda Bern şäherinde (Şweýsariýa) patent býuroda tehniki inspektor bolup işleýär. Bu ýerde işläň döwründe ol özüniň belli eserlerini ýazdy.



126-njy surat.  
Albert Eýnşteýn

Eýnşteýniň ilkinji işi molekulýar fizika we termodinamika bagyşlanandyr. Eýnşteýn *broun hereketiniň nazaryýetini* dörettdi. Ol bu işini «*Molekulalaryň ölçegleriniň täze kesgitlemesi*» makalasynda beýan etdi (1905-nji ýyl, «*Annalen der Physik*», 17-nji jilt). 1905–1908-nji ýyllar aralygynda bu ugur boýunça onuň beýleki işleri hem çap edildi. 1906-njy ýylda Eýnşteýn *broun hereketine* bagyşlanan doktorlyk işini gozady.

1905-nji ýylda «*Annalen der Physik*» žurnalynda onuň ýagtylygyň kwant häsiýetleri baradaky makalasy çap edildi. Şol neşirde Eýnşteýniň ýörite görälik nazaryýetiniň esaslaryny beýan edýän belli «*Hereket edýän gurşawlaryň elektrodinamikasyna degişli*» işi çap edildi. Bu iş onuň adyny ebedileşdirdi. Ol 1907-nji ýylda *ýylylyk sygymynyň kwant nazaryýetini* dörettdi.

1908-nji ýylda Eýnşteýn Bernde priwat-dosent, 1909-njy ýylda Sýurihde ekstraordinar-professor we 1911-nji ýylda Pragada professorlyk wezipede işledi. 1912-nji ýylda Sýurih ýokary tehniki mekdebiniň professory, 1914-nji ýylda Prussiýa Ylymlar akademiýasynyň agzasy (Berlin ş.) boldy. Bu ýerde ol umumy görälik nazaryýetini dörettdi. Golland fizigi we matematigi de Gaaz bilen Amperiň molekulýar toklaryny derňemek boýunça belli tejribeleri geçirdi we *Eýnşteýn – de Gaaz effekti*ni (*magnitomehaniki effekti*) ýüze çykardylar. Bu effekte görä *jisim (ferromagnetik) käbir okuň ugruna görä magnitlenende, ol eýe bolan magnitlenmesine proporsional bolan aýlanma impulsyna eýe bolýar*.

**Wander Ýohannes de Gaaz (1878–1960 ý.)** – golland fizigi we matematigi. Ol Lisse şäherinde (Gollandiýa) doguldy (127-nji surat). 1900-nji ýylda Leyden uniwersitetine okuwa girdi. 1912-nji ýyl-





127-nji surat. Wander  
Ýohannes de Gaaz

da Heýke Kamerling-Onnesiň ýolbaşçylygynda alymylyk derejesini aldy. Ol birnäçe möhüm elektromagnit hadysalaryny (Eýnşteýn – de Gaaz, Şubnikow – de Gaaz, de-Gaaz – wan Alfen effektleri) açygy hökmünde bellidir. H. Kamerlin-Onnes adyndaky kriogen barlaghanasyna ýolbaşçylyk etdi. Golland akademiýasynyň hakyky agzasy boldy (1922 ý.).

XX asyryň 20-nji ýyllaryndan soň Ýewropada faşizmiň döremegi bilen Eýnşteýn Pruss akademiýasyndan çykýar we 1933-nji ýylda *Ýokary barlaglaryň Priston institutyna (ABŞ)* geçýär we ol ýerde ömrüniň ahryna çenli işleýär.

1917-1955-nji ýyllarda ol kosmologiýa we *meýdanyň Beýik birleşme nazaryýetine* degişli işleri etdi. Bu işler oňa üstünlik getirmedi, sebäbi meýdanyň bitewi nazaryýetini döretmegiň wagty gelmändi. Bu ugurda diňe häzirki wagtda bellibir işler edildi. «*Beýik birleşme*» – *güýçli, gowşak we elektromagnit özara täsirleriň bitewi tebigaty barada nazary modeldir*. Bu model häzir özüniň döremek ýagdaýyndadyr. Bu «*Birleşmä*» grawitasiýa özara täsiri hem goşmaklyk niýet edilýär. Bu ugurda örän köp amaly we nazary işler edildi (30.2.5-nji baba seret).

Eýnşteýn özüniň alan massa bilen energiýanyň arasyndaky baglanyşygynyň pajygaly ýagdaýa getirenini görmeli boldy. 1939-njy ýylyň awgustynda ol ABŞ-yň prezidenti Franklin Ruzwelte Germaniýanyň atom bombasyny döretmäge ukyplydygyny we atom energiýasy baradaky işleri güýçlendirmek barada hata gol çekýär. Birnäçe aý pikirlenenden soň Ruzwelt atom ýaragyny döretmek barada özüniň hususy taslamasyny (*Manheten taslamasy*) hödürledi. Eýnşteýn 1945-nji ýylyň 6-njy we 9-njy awgustyndaky Ýaponiýanyň Hirosima we Nagasaki şäherlerindäki pajygaly ýagdaýlara gaty gynanýar we ömrüniň ahryna çenli atom ýaragyny gadagan etmek barada göreşdi.

*Eýnşteýniň ylmy döredijiligine ser salanyňda, onuň «Hereket edýän gurşawlaryň elektrodinamikasyna degişli» işi ýörite görälik nazaryýeti boýunça baş işidir. Onuň bu ylmy işiniň ähmiýetiniň örän uludygyny bellemek gerek.*

Eýnşteýn bu işinde giňişlik we wagt meselesine täzeçe çemeleşdi. Eýnşteýne görä, bu çemeleşme diňe elektrodinamika degişli bolman, onuň kömegi bilen ähli fiziki hadysalary düşündirmek bolar. Diňe şunuň bilen Eýnşteýniň we şol ýyllaryň beýleki alymlarynyň (Lorensiň, Larmoryň, Puankereniň) çemeleşmeleri tapawutlanýarlar. Dogry, Puankere hemmeden öň *otnositellik prinsipini* düşünmäge golaý geldi. Ýöne, Puankere täze tejribe maglumatlary ýüze çyksa, onda görälik prinsipinden yüz öwürmek bolar diýdi.

Eýnşteýn görälik prinsipiniň edil energiýanyň saklanma kanuny ýaly absolyt güýji bolan kanundygyna düşündi. Oňa görä: «*Şu nukdaýnazarda, görälik prinsipini inkär etmegi maksat edinjänler, baky hereketlendirijini gurmaga synanyşýanlar*

*ýalydyrlar. Maýkelsonyň tejribesi we şuna meňzeş tejribeler başa barmaz, sebäbi olar görälik nazaryýetine garşy gelýärler».*

Eýnşteýn Lorensiň öwürmeleriniň kömegi bilen alnan ähli hasaplaýyş ulgamlaryň deňgüýçlüdigi we netijede, giňişligiň we wagtyň bu ulgamlara degişli bolan ölçegleriniň hem deňgüýçlüdigi baradaky çaklamany aýtdy. Eýnşteýn: «*Ýeriň »ýagtylyk äkidiji gurşawa» (ýagny, efire) görä hereketini kesgitlemäge degişli tejribeleriň hiç hili netije bermänligi sebäpli, şeýle çaklama aýtmak bolar: «Mehanikanyň deňlemeleriniň ýerine ýetýän ähli koordinata ulgamlarynda elektrodinamikanyň we optikanyň kanunlary ýerine ýetýändir. Şunlukda, »ýagtylyk äkidiji efiri» girizmeklik artykmaç bolar» diýen çaklamany aýtmak bolar» diýip belleýär.*

Bu işde görälik nazaryýetiniň prinsipleri (postulatlary) örän aýdyň beýan edildi:

- Ähli hasaplaýyş ulgamlarynyň deňgüýçlüligi;
- Islendik hasaplaýyş ulgamynda ýagtylygyň tizliginiň hemişelikdigi;
- Efir nazaryýetiniň ýalňyşlygy we onuň görälik nazaryýeti bilen ylalaşmaýanlygy.

Eýnşteýne görä efiriň bardygyny tassyklamaklyk, bu ulgamlaryň birini ileri tutmaklyga mümkinçilik bererdi; Faradeýiň we Makswelliň elektromagnit yrgyldylaryna efirdäki tolkunlar hökmünde garaýyşlary esassyzdyr, netijede elektromagnit meýdanynyň özbaşdak fiziki hakykatdygyny tassyklamak bolar.

Eýnşteýniň bu we beýleki işleri boş ýerde gurlan bina ýaly duýgy döredýär. Onuň işlerinde özünden öňki alymlaryň, meselem Maýkelsonyň we Lorensiň makalalaryna salgylanmalar ýok. Eýnşteýniň aýtmagyna görä, ol 16 ýaşyndan başlap görälik nazaryýetiniň meseleleri barada köp pikirlenipdir we özünden öňküleriň üstünlikleri däl-de, bu pikirlenmeler onuň işini üstünlige getiripdir.

Beýle ýagdaý diňe bir görälik nazaryýeti bilen bolmandy. Statistiki fizika boýunça makalasyny çap edip, Eýnşteýn broun hereketini nazary derňäp, Gibbsiň işlerini agzamady, ol şeýle effektiň hakykatdan hem bardygyny bilmeýärdi. Şoňa görä-de, A. Eýnşteýniň Maýkelsonyň we Lorensiň işlerini bilmezligi örän ähtimal.

«*Hereket edýän gurşawlaryň elektrodinamikasyna degişli*» atly kitabyň *birinji bölümi kinematika* bagyşlanandyr. Bu bölümde ýagtylyk signallarynyň kömegi bilen «*wagt*», «*birwagtda*» düşüňjelerine getirýän, giňişlik bilen aralary bölünen sagatlary ýagtylyk signallarynyň kömegi bilen *sinhronizasiýalaşdyrmak (sazlamak) usuly* beýan edilýär.

Şeýle işleri Puankare hem ýerine ýetiripdi, emma onuň sinhronlaşan sagatlary «*hakyky wagty*» görkezmän, «*ýerli wagty*» görkezýärdi. Eýnşteýnde hiç hili «*hakyky wagty*» ýok. Bu ýerde ol Nýutonyň *absolýut wagty* baradaky konsepsiýasyny düýbünden inkär edýär. Soňra *Eýnşteýn aşakdaky postulatlary hödürledi:*

- otnositellik prinsipini;
- ýagtylygyň tizliginiň hemişelik prinsipini.

Eýnşteýn bu prinsipleri ulanyp, *uzynlyklaryň göräligini; masştablaryň kiçelmegini; birwagtlylygyň göräligini; sagatlaryň ýöreýşiniň haýallamagyny; Larmoryň öwürmelerini (1900 ý.); tizlikleriň goşulma kanunyny* kesgitledi.

*Birwagtlylyk* düşünjesine Eýnşteýn her wakanyň bolup geçýän pursadyna goýberilýän ýagtylyk şöhleleri, bu nokatlary birleşdirýän göniniň ortasynda duşuşýan bolsalar, onda giňişligiň dürli nokatlarynda bolup geçýän wakalara *birwagtda* bolup geçýän wakalar diýilýär diýen täze kesgitleme berýär. Düýpli fiziki hemişelik bolan – *ýagtylygyň tizligi* bu kesgitlemäniň esasy bolup durýar.

Şol döwürde ýörite görälik nazaryýetinden gelip çykýan netijeler köpler üçin hyýaly ýaly bolup göründi. Meselem, ondan absolýut giňişlik we absolýut wagt baradaky nusgawy düşüňjeleriň nädogrulygy barada, ýagny hereket edýän ulgamlarda jisimiň ölçegleriniň hem-de wagtyň üýtgemesi bolup geçýär diýen netije gelip çykýar. Görälik nazaryýeti ylmyň gözýetimini has-da giňeltdi, ol giňişlik, wagt we materiýa düşüňjeleriniň arasyndaky baglanyşyk meselesini goýdy.

Şeýle hem, ýokarda ady agzalan kitabyň *ikinji bölümünde* aşakdakylar beýan edildi:

- elektrik we magnit meýdanlarynyň düzüjilerini öwürmek deňlemeleri;
- abberasiýalaryň deňlemeleri;
- awstriýaly alym Hristian Dopler (1803–1853 ý.) tarapyndan kesgitlenen, gözegçiniň kabul edýän yrgyldylarynyň ýygylgynyň çeşmäniň we gözegçiniň hereket tizligine baglylyk effekti (*Dopler effekti*);
- elektrik we magnit meýdanlarynda elektronyň hereket deňlemeleri.

1905-nji ýylda Eýnşteýn massa bilen energiýanyň arasyndaky  $E = mc^2$  (bu ýerde,  $E$  – ulgamyň dynçlyk energiýasy;  $m$  – ulgamyň massasy;  $c$  – ýagtylygyň wakuumdaky tizligi) baglanyşygy aldy. Bu netijäni Eýnşteýn absolýut gara jisimiň şöhlenenmesini öwrenende alypdy. Eýnşteýn: «*Eger nazaryýet tejribe maglumatlary bilen gabat gelýän bolsa, onda şöhlenenme şöhlenenýän we ýuwudýan jisimleriň arasynda energiýany äkidýär*» diýdi. Soňra, ol 1906-njy ýylda ýagtylygyň basyşy baradaky düşüňjäni ulanyp, hyýaly tejribäniň kömegi bilen, bu beýik baglanyşygy gutarnykly aldy.

Eýnşteýniň garaýyşlarynyň tejribede tassyklanmagy birnäçe barlagçylar tarapyndan ýerine ýetirildi. Olaryň arasynda hereket edýän elektronlaryň massalarynyň tizlige baglylygyny öwrenen Walter Kaufmany (1871–1947 ý.), ýörite görälik nazaryýetini ilkinjileriň biri bolup goldan Pol Lanžeweni (1872–1946 ý.) (ol 1911-nji ýylda «*ekizler paradoksny*» döretdi) we *Dopleriň kwadratlaýyn effektini* açanlar G. Aýwsy, G. Stiweli (1938 ý.) we G. Otingi (1939 ý.) görkezmek bolar.

Olardan başga-da, Eýnşteýniň görälik nazaryýeti boýunça işleriniň ähmiýetine düşünen alymlaryň ilkinjileriniň biri M. Plankdy. 1906-njy ýylyň 23-nji martynda ol Nemes fiziki jemgyýetiň mejlisinde «*Görälik prinsipi we mehanikanyň esasy deňlemeleri*» atly işini beýan etdi. Ol bu işinde ilkinji gezek relýatiwistik

dinamikanyň esasy deňlemelerini döretdi we relýatiwistik material nokat üçin *Lagranžyň funksiýasyny* kesgitledi. 1907-nji ýylda Plank «*Hereket edýän ulgamlaryň dinamikasynda degişli*» işinde ilkinji gezek hereket edýän absolýut gara jisimiň şöhlelenme meselesine seretdi. Şeýlelikde, ol *relýatiwistik termodinamikany* döredijileriň biri boldy.

Eýnşteýn görälik nazaryýetini kämilleşdirmekligi dowam etdirdi. Ol 1907-nji ýylda «*Görälik prinsipi we onuň netijeleri barada*» işini çap edýär. Ol bu işinde aşakdakylary beýan etdi:

- Elektromagnit meýdanyň inwariant (üýtgewsiz, fiziki şertlere bagly bolmazlyk) häsiýetini beýan edýän öwürmeleri. Şunlukda, elektrik we magnit meýdanlary aýratynlykda absolýut häsiýetini ýitirýär;
- Atom energiýasyny almaklygyň mümkinçiligini öňünden aýdýan, inert massa bilen energiýanyň arasyndaky baglanyşygyň aňlatmasyny;
- Tizlenmeli hereket edýän ulgamlarda görälik nazaryýetini ulanmak mümkinçiligi;
- Ekwiwalentlik prinsipi.

Eýnşteýniň ýörite görälik nazaryýetini nemes matematigi we fizigi German Minkowskiý (1874–1909 ý.) «*Giňişlik we wagt*» işinde ösdürdi (128-nji surat). Minkowskiý ömrüniň soňky ýyllarynda elektron nazaryýetiniň we görälik postulatynyň esasynda hereket edýän gurşawlaryň elektrodinamikasy bilen gyzyklandy. Onuň alan, soňra «*Minkowskiň deňlemeleri*» diýlip atlandyrylan deňlemeleri *Lorensiň deňlemelerinden* düýpli tapawutlanýardy, ýöne tejribe maglumatlary bilen ylalaşýardy. *Minkowskiň elektrodinamikasy* dörtölçegli elektrodinamikady. Minkowskiň «*Görälik prinsipi*» (1907 ý.) we «*Giňişlik we wagt*» (1908 ý.) makalalaryny öz içine alýan «*Hereket edýän jisimlerdeki elektrodinamiki prosesler üçin esasy deňlemeler*» atly işinde dörtölçegli dünýäde bolup geçýän fiziki prosesleriň matematiki nazaryýeti beýan edildi. Bu işde *Larmoryň – Eýnşteýniň öwürmeleri* özüniň geometriki düşündirilişini tapdy. Ol dörtölçegli *pseudoyewklid giňişligi* (häzirki wagtda *Minkowskiň giňişligi* diýip atlandyrylýar) *modeli* hödürledi. Bu modelde wagt we giňişlik dürli manyly bolman, bütewi giňişlik – wagtyň özara baglanyşykly ölçegleridir. Dört ölçegli dünýäde wakalar hasaplaýyş ulgamyna bagly bolmazdan fiziki hakykylyga eýedir. *Minkowskä görä ähli fiziki kanunlar Lorensiň öwürmelerine görälikde inwariantdyr (dünýä postulyty)*. Onuň girizen düşünjeleri relýatiwistik fizikada giňden ulanylýar.

*Umumy görälik nazaryýeti* nähili döredildi? Umumy görälik nazaryýetiniň ösüşiniň başlangyç nokady bolup, Eýnşteýn tarapyndan inert massa bilen gravitasi-on massanyň arasyndaky ekwiwalentligi çaklaýan *ekwiwalentlik prinsipiniň* döredil-



128-nji surat. German Minkowskiý

megidir. *Bu inersial däl hasaplama ulgamda dartylma täsirini tizlenmeli hereketiň täsirinden tapawutlandyryp bolmaýar diýmekligi aňladýar.* 1890–1906-njy ýyllar aralygynda wenger fizigi Lorand fon Etweş (1848-1919 ý.) ekwiwalentlik prinsipini barlamak boýunça tejribeleri geçirdi. Onuň grawitasion tejribeleri, grawitasion we inert massalaryň deňliginiň ýokary takyklyk bilen ( $10^{-9}$ -a çenli) ýerine ýetýändigini görkezdi. Soňra tehnikaňyň ösmekligi massalaryň deňligini  $10^{-12}$  göräli takyklyk bilen kesgitlemäge mümkinçilik berdi (W.B. Braginskiý, W.I. Panow, 1971 ý.).

1911-nji ýylda Eýnşteýn umumy görälik nazaryýetini birjynsly dartylma meýdanlary üçin ösdürdi. Umumy görälik nazaryýetiniň has belli efektlerine, ýagny bu nazaryýetiň esasy netijeleriniň dogrulygyny tassyklaýan efektlere seredeliň:

- ýagtylyk şöhlesiniň massasy uly jisimleriň grawitasiýa meýdanynda egrelmegi (meselem, Günüň);
- dartylma meýdanynyň täsiri netijesinde ýagtylygyň ýygylgynyň üýtgemegi (grawitasion gyzyň süýşme ýa-da grawitasiýa meýdanynda wagtyň haýallanmagy);
- uly dartuw massasynyň golaýynda hemranyň orbitasynyň wagtlaýyn *presesiýasy* (*Merkuriý planetasynyň Günüň golaýyndaky hereketi ýa-da goşalaýyn pulsarlar ulgamyndaky hereketler*).

Ilkinji gezek ýyldyzlardan gelýän we Günüň golaýyndan geçýän ýagtylyk şöhleleriniň gyşarma hadysasy 1919-njy ýylda doly Gün tutulmasynyň astronomik gözegçiliklerinde tassyklandy. 1969-njy ýyldan başlap, kwazarlar tarapyndan goýberilýän radiotolkunlaryň gyşarmasyny ölçäp, Gün tutulmalaryna bagly bolmazdan, ýyldyzlaryň süýşmesini kesgitlemek mümkin boldy. Netijede, bu relýatiwistik effekti ölçemekligiň has ýokary takyklygy gazanyldy.

1925-nji ýylda ýagtylygyň ýygylgynyň gyzyň *grawitasion süýşmesi* bellige alyndy. *Maunt - Wilson observatoriýasynyň* işgäri Uolter Adams (1876–1956 ý.) goşalaýyn *Sirus* ýyldyz ulgamyndan bolan ak karligiň wodorod spektriniň aýratyn çyzyklarynyň süýşmesini kesgitledi. Bu süýşme umumy görälik nazaryýetiniň çäklerinde ýerine ýetirilen nazary hasaplamalar bilen gabat geldi.

1960-njy ýylda R. Paund we G. Rebka Garward uniwersitetiniň Laýman fizika barlaghanasynyň diňinde *Messbauer effektini* ulanyp tejribe geçirdiler. Bu tejribe spektral çyzyklaryň grawitasion gyzyň süýşmesiniň bardygyny tassyklady. Tejribede gamma kwantlaryň çeşmesi we ýuwudyjy biri-birinden 22,5 m uzaklykda dik (vertikal) ugurda Ýeriň grawitasiýa meýdanynda ýerleşdirildi. Bu şertlerde ýygylgynyň göräli süýşmesi  $2,57 \cdot 10^{-15}$ -e deň boldy. Alnan netije nazary hasaplanan bilen tejribäniň ýalňyşlygynyň 4% takyklygynda gabat geldi. Puanda - Rebkiniň tejribesi grawitasiýanyň elektromagnit hadysalaryna ýetirýän täsirini öwrenmek boýunça Ýer şertlerinde geçirilen ilkinji tejribedir.



1976-njy ýylda has takyk tejribe hem geçirildi. Ýokary presizion wodorod-mazer sagatlary 10 000 *m* ýokary galdyrylan kosmos gämisinde oturdyldy. Bu sagatlaryň ýöreýşi, Ýer üstünde ýerleşdirilen şuna meňzeş sagatlaryň ýöreýşi bilen deňeşdirildi. Bu tejribede umumy görälik nazaryýetiniň formulalary bilen gabat gelmeklik 0,001% takyklyk bilen tassyklandy.

Indi, umumy görälik nazaryýetiniň belli efektleriniň üçünjisine seredeliň. 1859-njy ýylda U.Lewerýe Merkuriniň orbitasynyň haýal presessiýasynyň bardygyny habar berdi we ony Nýuton mehanikasy boýunça belli planetalaryň täsiri bilen doly düşündirip bolmaýandygyny aýtdy. Merkuriniň perigelisiniň presessiýasy bir asyrda 5600 burç sekunda deňdir. Nýuton mehanikasyna görä, ähli asman jisimleriniň Merkurä täsiriniň döredýän presessiýasy bir asyrda 5557 *burç sekunda* deňdir. Bu effekti düşündirmäge synanyşyp Lewerýe, orbitasy Merkurä görä, Güne has golaý ýerleşen we tolgundyryjy täsir edýän ýene-de bir planeta (ýa-da mümkin uly bolmadyk asteroidleriň guşagy) bolmaly diýip, çaklady. Onuň çaklamasyny goldap bu hyýaly planetany hat-da, «*Wulkan*» diýip hem atlandyrdylar. Emma bu planeta ýüze çykarylmaýdy.

XX asyryň başynda umumy görälik nazaryýeti Merkuriniň perigelisiniň süýşmesiniň düşündirişini berdi. Bu effekt adatdan daşary kiçi: relýatiwistik «*goşulyjy*» bary-ýogy bir asyrda 42,98 *burç sekunda* deň, ýagny perigeliýniň nusgawy nazaryýetiniň önünden aýdan ýagdaýyna gaýdyp gelmegi üçin, Merkuriý Günüň daşyndan azyndan 12 *mln* aýlaw etmeli.

1970-nji ýylda umumy agyrlyk merkeziniň daşynda aýlanýan iki sany neýtron ýyldyzlaryndan (pulsarlardan) ybarat astrofiziki obýektler açyldy. Bu ulgam – tebigatyň özi tarapyndan döredilen umumy görälik nazaryýetiniň barlaghanasydyr. Onda her obýektiň orbitasynyň presessiýasyny bellige almak üçin, dowamlylygy birnäçe ýyl bolan gözegçilikleri geçirmeklik ýeterlikdir.

Umumy otnositellik nazaryýetinden ýene-de iki sany netije alyndy. Enşteýniň döwründe olara düşünişip bolmaýardy. Häzirki wagtda olar *megafizikanyň* esasy düşüňjelerine: *gara girdaplara, grawitasiýa tolkunlaryna we grawitasiýa meýdanynyň kwantlaryna (grawitonlar)* öwrüldi.

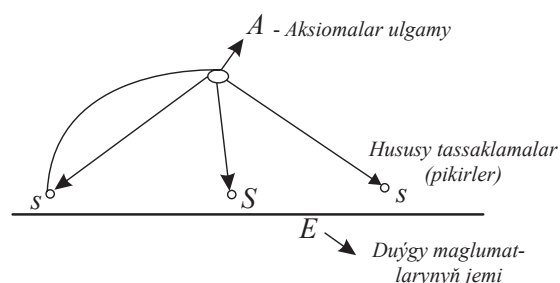
*Gara girdaplar örän uly dartyş güýji bolan astrofiziki obýektlerdir.* Olaryň üstlerini hat-da, ýagtylyk kwantlary hem taşlap gitmeýärler. Gara girdaplaryň barlygy umumy görälik nazaryýetiniň möhüm netijesidir. Gara girdaplary göni ýüze çykarmaklyk kyn hem bolsa, olaryň barlygy alymlarda ikerjiňlenme döretmeýär. Ýöne, olaryň barlygyna şaýatlyk edýän örän köpsanly ýüzleý maglumatlar ýyg-naldy.

Umumy görälik nazaryýetiniň başga bir netijesi – *grawitasiýa tolkunlarynyň we grawitasiýa meýdanynyň kwantlarynyň (grawitonlaryň)* barlygydyr. Goşa pulsarlary öwrenmeklik Eýnşteýn tarapyndan aýdylan grawitasiýa tolkunlaryny ýüzleý kesgitlemäge mümkinçilik berýär (häzirlikçe başga hili kesgitlemek başardanok).

Umumy görälik nazaryýetiniň netijeleri barada 29.3.3-nji bapda giňişleýin gürrüň berler.

*Umumy görälik nazaryýeti* 1915-nji ýylda doly ýazylyp gutaryldy.

Umumy görälik nazaryýetiniň matematiki guralyny döretmekde Marsel Grossmanyň (1878-1936 ý.) we Dawid Gilbertiň (1862-1943 ý.) önjeýli goşant goşandyklaryny bellemek gerek. Grossman dörtölçegli giňişlik – wagt egrisini beýan etmek üçin *tenzor derňewi* ulanmaklygy Eýnşteýne teklip etdi, Gilbert (Eýnşteýn bilen bir wagtda diýen ýaly) bolsa *grawitasiýa meýdanynyň deňlemesini* getirip çykardy (1915 ý.). Bu deňlemeler giňişlik – wagtyň geometrik häsiýetlerini ondaky grawitirleýän materiýanyň paýlanyşy we hereketi bilen baglanyşdyrýar.



129-njy surat. A. Eýnşteýniň ylmy akyl ýetiriş sikli

Indi, *Eýnşteýniň ylmy usulyýet (metodologik) garaýyşlaryna* sere deliň. 1952-nji ýylda ol öz dosty Morris Solowine ýazan hatynda häzirki zaman ylmy akyl ýetirişiň usulynyň siklini (129-njy surat) beýan etdi we ony şeýle düşündirdi:

1. Bize  $E$  – biziň duýuş tejribämiziň gös-göni maglumatlary berlen;  
2.  $A$  – biziň netije çykarýan aksiomalarymyz. Psihologik taýdan  $AE$  – e esaslanýar. Ýöne,  $E$ -den  $A$  eltýän hiç hili logiki ýol bolmaýar. Diňe hemişe «*täzeden başlanýan*» aňylyk (intuitiw), baglanyşyk bolýar.

3.  $A$  aksiomalardan, takyklygy tassyklanyp bilinýän, logiki  $S$  hususy pikirler getirilip çykarylýar.

4.  $S$  pikirler  $E$  bilen (tejribe bilen barlamak esasynda) deňeşdirilýär. Takyk aýdanymyzda, bu amal logikadan daşary (intuitiw) sfera degişli, sebäbi  $S$ -de bar bolan düşüňjeleriň biziň duýuş tejribämiziň gös-göni  $E$  maglumatlaryna baglanyşygy, özüniň tebigaty boýunça logiki däl.

Şeýlelikde, *Eýnşteýn ylmy akyl ýetiriş prosesiniň  $E$  tejribe bilen başlanýan we tamamlanýan ýapyk siklden ybaratdygyny görkezdi.*

Bu sikl dört döwürden ybarat:

1. Tejribe maglumatlaryny ýygnamak we meseläni goýmak.
2. Çaklamalary – aksiomalary teklip etmek.
3. Çaklamany matematiki ösdürmek, onuň derňewlerinden logiki netije çykarmak.
4. Çaklamany we onuň netijelerini tejribede barlamak.

Eýnşteýn fizikada  $E$  eksperimental maglumatlaryň käbir toparlaryny saýlap almak we umumlaşdyrmak esasynda  $A$  çaklama – aksiomalaryň intuitiw teklip edilýändigini görkezdi.  $S$  nazary netijeleriň (aksiomalardan gelip çykýan) bolsa logikanyň kanunlaryna laýyklykda ýerine ýetirilýändigini aýtdy. Şoňa görä-de, bir

tarapdan, çaklama düşündirmekligiň we öňden görüjiligiň akyl ýetiriş kuwwatyna eýedir, beýleki tarapdan onuň guman etmä daýanýanlygy sebäpli, özüniň tejribede barlanmagyny talap edýär.

A. Eýnşteýn üç ýüzden gowurak ylmy işi ýazdy, birnäçe fundamental fiziki nazaryýetleri işläp düzdi. 1921-nji ýylda Eýnşteýne «*Nazary fizikada bitiren hyzmatlary we aýratyn-da fotoelektrik effektiň kanunyny açandygy üçin*» Nobel baýragy berildi. Ol dünýäniň öňdebaryjy ýigrimä golaý uniwersitetleriniň hormatly doktory, köpsanly Ylymlar akademiýalarynyň agzasy, şol sanda öňki SSSR Ylymlar akademiýasynyň hormatly agzasy (1926 ý.) boldy.

## 18-nji bab. ATOM WE ÝADRO FIZIKASYNYŇ DÖREMEGI WE ÖSÜŞI

### 18.1. Rentgen şöhleleriniň we radioaktiwligiň açylmagy

Eksperimental ýadro fizikasynyň başlangyjy gazlardan toguň geçişini öwrenmek bilen başlandy. Filipp Eduard Anton fon Lenard (1862–1947 ý.), Uilýam Kruks (1832–1919 ý.), Iogann Wilgelm Gittopf (1824–1914 ý.) we XIX asyryň beýleki alymlary bu barlaglaryň tehnikasyny we usulyny: gaz turbalaryny, ssintillýasiýa sanajýylary we beýlekileri dörettiler.

Şeýle turbalardaky seýreklandirililen gazdan geçýän toguň döredýän effektlerini öwrenip nemes fizigi K. Rentgen 1895-nji ýylda *X-şöhlelerini* açdy.

**Wilgelm Konrad Rentgen (1845–1923 ý.)** – görnükli nemes fizigi (130-njy surat). Ol Germaniýanyň Lennep şäherinde doguldy. Rentgen Sýurih şäheriniň politehniki mekdebinde, soňra Strasburg uniwersitetinde okady. Ol öňki sowet fizikasyny esaslandyran A.F. Iof-fäniň mugallymydyr. 1900–1923-nji ýyllar aralygynda Mýunhen uniwersitetiniň professory bolup işledi.

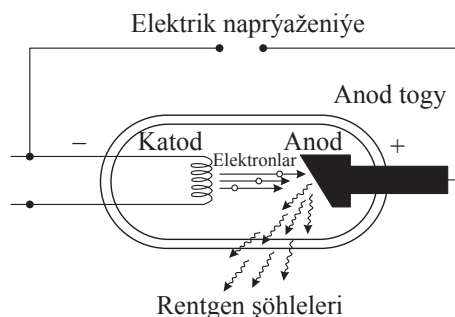


130-njy surat. Wilgelm  
Konrad Rentgen

Rentgen gazlar üçin  $C_p/C_v$  gatnaşygy, suwuklyklaryň şepbeşikligini we dielektrik geçirijiligini kesgitledi, kristallaryň maýyşgaklyk häsiýetlerini, olaryň pýezoelektrik we piroelektrik häsiýetlerini derňedi, hereket edýän zarýadlaryň (*Rentgen togunyň*) magnit meýdanyny ölçedi.

X-şöhleleriniň açylyşy, käwagtlarda bolşy ýaly, tötänleýin boldy. Turbany ýapgy bilen ýapyp we otagdaky çyraný öçürüp, Rentgen induktory tokdan ýazdyrmady. Ol şol wagt turbanyň golaýynda ýerleşen lýuminessent ekranyň ýagtylanýandygyny gördi. Diýmek, turba şöhlenenmäniň çeşmesi, bu şöhlenenme ýapgydan geçip lýuminessent ekrany ýagtylandyrýar diýlen netije gelip çykýar. Rentgen bu şöhlenen-

mäni içgin derňeýär. Rentgen bu şöhleleriň geçijilik ukybyny öwrendi we bu şöhleleri «*X-şöhleleri*» diýip atlandyrdy. Bu şöhlelere soňra *Rentgen şöhleleri* diýip at berdiler. Derňewler täze açylan *X-şöhleleriniň* katod şöhleleri dældigini görkezdi. Bu şöhleler ýokary geçijilik ukyba eýe, gazlary ionlaşdyrmaga ukyply, zarýady ýok, elektrik we magnit meýdanlarynda gysarmanyrlar. Rentgen bu şöhleleriň kagyздan, agaçdan, ebonitden, ýuka metaldan erkin geçýändigini, emma, gurşun tarapyndan güýçli saklanýandygyny gördi.



131-nji surat. Rentgen şöhleleriniň alnyşyny beýan edýän tejribäniň shemasy

Rentgeniň *X-şöhlelerini* açan katod turbasy ýönekeý gurluşdy. Bu içinden howasy sorulan aýna (ýa-da penjireli metallik) turbady (131-nji surat). Gabyň içinde ýerleşen iki elektroda (anoda we katoda) ýokary napryazeniye berilýär. Katod elektronlaryň çeşmesi, anod bolsa (ony «*antikatod*» diýip hem atlandyryrlar) rentgen şöhleleriniň çeşmesi bolup hyzmat edýär. Antikatod turbanyň okuna  $45^\circ$  burç bilen kesilen, soňa görä-de rentgen şöhleleri turbanyň okuna dik ugurda ýaýraýar. Ýokary napryazeniye tarapyndan dördedilýän elektrik meýdany elektronlary tizlendirýär. Turbada  $10^{-6}$  mm simap sütünli basyş dördedilýär.

Gazlaryň zarýadsyzlanma fizikasy heniz dördedilmändi, emma *X-şöhleleriniň* tebigaty Rentgen dirikä düşündirildi. Onuň tebigatyny 1912-nji ýylda nemes fizikleri Maks fon Laye (1879–1960 ý.), Walter Fridrih (1883–1968 ý.) we Paul Knipping (1883–1935 ý.) düşündirdiler (18.7-nji baba seret).

Olar rentgen şöhleleriniň, edil görünýän ýagtylyk şöhleleri ýaly, ýöne münlerçe esse uly ýygyllykly ( $3 \cdot 10^{16}$  Gs-den  $6 \cdot 10^{19}$  Gs-e çenli) we degişlilikde, kiçi tolkun uzynlykly (0,005–10) nm elektromagnit tolkunlarydygyny görkezdiler (tolkun uzynlyklarynyň şkalasynda rentgen şöhleleriniň umumy kabul edilen aşaky çäginin ýokdugyny bellemek gerek).

Tizlenmeli hereket edýän elektronyň şöhlelenmesi barada Larmoryň nazaryýetini ulanyp, J.J. Tomson rentgen şöhleleriniň tebigatyny, elektronlaryň anodyň üstünde tormozlanmagy netijesinde dördedilýän elektromagnit impulsalarydygy bilen düşündirdi.

Az wagtyň dowamynda Rentgen bu şöhleleriň serpihme, ýuwudylma, howany ionlaşdyrma, adamyň derisinden geçişi we ş.m. häsiýetlerini doly öwrendi. Rentgen tarapyndan häzirki döwürde hem ulanylýan, rentgen turbalary oýlanyp tapylady.

Rentgeniň açyşy dünýäde uly gyzyklanma döretdi, bu tejribäni köp alymlar gaýtaladylar. Bu açyş durmuşda öz ulanyşyny tapdy we ýadro fizikasynyň döreme-

gine getiren köpsanly derňewleriň esasyny goýdy. Rentgeniň döwürdeşlerine şeýle güýçli geçijilik ukyby bolan şöhleleriň, atomlaryň gizlin çuňluklaryndan gelyändigini düşnükli boldy. Geljek munuň hakykatdan hem şeýledigini görkezdi. Bu şöhleleriň açylmagy ylmyň täze bölüminiň – atom fizikasynyň döremegine tarap ýolda ilkinji ädim boldy. *X-şöhleleri* 1895-nji ýylyň 8-nji noýabrynda Wýursburg şäherinde açyldy, bu şöhleleriň açylandygy baradaky habar bolsa Berlin şäherinde 1895-nji ýylyň 29-njy dekabrynda yglan edildi.

Ylmy jemgyýet Rentgeniň açyşyna ýokary baha berdi. 1901-nji ýylda Rentgen fizikleriniň arasynda ilkinji bolup Nobel baýragyna mynasyp boldy we öz döwrüniň iň ökde fizik-eksperimentatory hasaplanylýar.

Özüniň umumy ähmiýetliginden başga-da, elektron baradaky garaýyşlaryň ösmekliginde möhüm ähmiýete eýe bolan radioaktiwligiň açylmagy XIX asyryň ahyrynda fizikada edilen möhüm açyşlaryň biridir.

---

**Antuan Anri Bekkerel (1852–1908 ý.)** – fransuz fizigi (132-nji surat), radioaktiwligi ilkinji açyýy, üç arka (kakasynyň we atasynyň işini dowam etdirip) lýuminessensiýa hadysasyny öwreniji. Ol Parižde eneden doguldy.

---



132-nji surat. Antuan Anri Bekkerel

A. Bekkerel A. Puankareniň: *«Hiç hili X-şöhleleri ýok, bu diňe ekranyň lýuminessensiýa effekti bilen baglanyşykly bolan ýalňyşlyk»* diýen pikirini barlamaklygy maksat edindi.

1896-njy ýylyň fewralynda A. Bekkerel gara kagyza dolanan fotoplastinkanyň üstüne goýlan kükürtli sinkiň flýuoresirleýän täsirini görkezdi. Bekkerel indiki tejribesinde uranyň duzlaryny ulanmaklygy maksat edindi. Ol kakasynyň minerallarynyň kolleksiyasyndan *uranil kaliniň ikileýin sulfatyny* ( $K_2UO_2(SO_4)_2 \cdot 2H_2O$ ) aldy. Bu duzy gün şöhlesiniň aşagynda goýup Bekkerel *X-şöhlelerini* almakçy boldy. *X-şöhlelerini* bellige almak üçin ol fotoplastinkany gara kagyza dolap, onuň üstüne uran duzunyň kristalyny ýerleşdirip olaryň hemmesini birnäçe sagat ýiti gün şöhlesiniň aşagynda goýdy. Fotoplastinka çykarylandan soň onda uran duzunyň kristalynyň şekiliniň bardygyny gördi. Göräýmäge Puankareniň çaklamasy tassyklanan bolýar. Bekkereliň gaýtadan geçiren tejribeleri ýene-de şol netijäni berdi. Emma Bekkerel barlag tejribesini ýene-de, gaýtadan geçirmekligi maksat edindi we fewral aýynyň ahyrynda täze plastinany taýýarlady. Emma howanyň bulutly bolmagy sebäpli ol tejribäni birnäçe günläp geçirip bilmeýär. 1896-njy ýylyň 1-nji martynda aýyk howaly, güneşli gün boldy we tejribeleri dowam etdirmek mümkinçiligi döredi. Ýöne, Bekkerel tejribe geçirmän, birnäçe gün garaňky gutuda saklanan fotoplastinany çykarýar. Çykarylan plastinkada, pla-



stinanyň üstünde goýlan uran mineralynyň şekili bardy. Bu täsin netijedi, sebäbi Gün şöhleleri bilen şöhlelendirilmedik mineral göze görünmeýän şöhleleri goýberýär, bu şöhleler gara kagyzzan geçip fotoplastinka täsir edýär.

Bekkerel tejribesini gaýtalap ýene-de şol netijäni alyar. Diýmek, *uranyň duzlary hiç hili daşky täsire sezewar bolman, öz-özünden göze görünmeýän şöhleleri goýberýär, bu şöhleler hem fotoplastinkany ýagtyldýar.*

Bekkerel birnäçe tejribeleriň kömegi bilen Puankareniň çaklamasynyň dogry daldigini subut etdi. Bu şöhleleri diňe uranyň duzlarynyň goýberýändigini anyklanyldy. Bu şöhleleri soňra «*uran şöhleleri*» ýa-da «*Bekkereliň şöhleleri*» diýip atlandyryp başladylar. Bu şöhleler howany ionlaşdyryp we zaryadlanan elektroskopy zaryadsyzlandyryp bilýärler. Himiki we fiziki halyna bagly bolmazdan uranyň göze görünmeýän «*uran şöhlelerini*» goýberýändigini belli boldy.

Radioaktiwligi açandygy üçin Bekkerel 1903-nji ýylda Nobel baýragy berildi.

## 18.2. Elektronýň açylmagy

Häzirki zaman garaýyşlara görä, fiziki hadysalaryň köpüsini elektrona ýüzlenmän düşündirmek mümkin däl. Elektron 1897-nji ýylda açyldy. Elektron açylmanka fiziki hadysalary nähili düşündirdiler?

1749-njy ýylda amerikan alymy Welýamin (Benjamin) Franklin Londonyň Korollyk Jemgyýetine ýazan hatynda şeýle diýýär: «*Elektrik substansiýasy örän owunjak bölejiklerden ybarat, ol adaty materiýa, hat-da, has dykyz metallara hem uly ýeňillik we erkinlik bilen aralaşmaga ukyplydyr... Adaty materiýa elektrik suwuklygy üçin edil sürteç (gubka) ýalydyr. Eger suwuň bölejikleri gubkanyň deşiklerinden kiçi bolmasa, gubka suwy sorup bilmezdi*». Elektrik togy akanda nämäniň akýandygynyň fiziki tebigaty düşnüksiz bolup galýardy.

Inlis fizigi Maýkl Faradeýiň işinde *ilkinji gezek elektrigiň «suwuklyk» däl-de, aýratyn zaryadly bölejiklerden ybaratdygy* aýdyldy.

Faradeýiň *elektroliz kanunlary* (1833 ý.) bu soraga düşünmäge mümkinçilik berdi. Elektroliz hadysasy elektrik bölejikleriniň bardygy baradaky pikire getirdi.

«*Ion*» adalgasyny Faradeý garyndyda molekulalaryň *dissosiýasiýasy* (dargamagy) netijesinde döreýän «*zaryadlanan atomlary*» bellemek üçin girizdi. Faradeý, eger birwalentli ionlardan ybarat bolan dürli maddalaryň garyndylarynyň üstünden, *Faradeýiň sany* diýip atlandyrylýan şol bir mukdardaky elektrik zaryadyny geçirseň, onda elektrodarda elmydama, bu maddanyň ionlarynyň bir gram-atomyna deň bolan maddanyň mukdarynyň bölünip çykýandygyny subut etdi. Tejribeler *Faradeý sanynyň* aşakdaky ululyga deňdigini görkezdi:  $F = 96\,485\text{ Kl/mol} \approx 96\,500\text{ Kl/mol} = 2,89 \cdot 10^{14}\text{ SGSE/mol}$ . Eger ikiwalentli ionlardan ybarat bolan garyndylaryň üstünden tok akdyrylanda, onuň bir gram-atomy özi bilen Faradeýiň ikeldilen zaryadyny, üçwalentli ionlaryň bir gram-atomy Faradeýiň üç esse zar-

ýadyny we ş.m. alyp gidýär. Başgaça aýdanymyzda, köpwalentli ionlar birwalentli iondan  $n$  esse köp elektrik zarýady saklaýar.

XIX asyryň ikinji ýarymynda *Awagadro sany* açylandan soň elementar elektrik zarýadynyň ululygyny kesgitlemäge mümkinçilik döredi. Bilşimiz ýaly, *Awagadro sany bir mol maddadaky atomlaryň ýa-da molekulalaryň*  $6,02 \cdot 10^{23}$  sanyny aňladýar. Maddanyň bir gram-atomy bilen alnyp gidilýän ähli zarýad bu bölejikleriň ählisiniň arasynda deňölçegli paýlanan diýip hasap etmeklik tebigydyr. Şoňa görä-de, birwalentli ion bilen alnyp gidilýän zarýad бүтінлеý anyk ululyga eýe bolar. Faradeýiň garaýşyna görä  $6,02 \cdot 10^{23}$  sany atomlar bilen 96 500 KJ zarýad äkidilýän bolsa, onda bir atoma  $1,6 \cdot 10^{-19}$  zarýad degişli bolmaly, ýagny:

$$e = \frac{F}{N_A} = \frac{96\,485\text{ KJ/mol}}{6,02 \cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}} = 1,602 \cdot 10^{-19}\text{ KJ}.$$

Ikiwalentli ion bilen äkidilýän zarýad  $e = 2e$  deň bolar we ş.m. Şeýlelikde, ionlar özi bilen  $e$ ,  $2e$ ,  $3e$ , ... zarýadlary äkidip bilýärler we hiç haçan zarýadyň drob bahasyna eýe bolýan ion düş gelmeýär. Elektrik zarýadynyň diskretligi baradaky netijä, Faradeýden başga, German Gelmgols hem geldi.

Elektrigiň bu iň kiçi ululygyny *elektrik zarýady* ýa-da «*elektrigiň atomy*» diýip atlandyrdylar. 1891-nji ýylda irländ fizigi Jonston Stoneý (1826–1911 ý.) «*elektrigiň atomyny*» «*elektron*» diýip atlandyrmagy teklip etdi. Ilkibaşda bu teklibe üns bermediler. Alymlar «*elektron*» sözünü bölejik sözi bilen baglanyşdyrmadylar. Bu söz birwalentli ionyň özi bilen alyp gidýän elementar elektrik zarýadynyň diňe belgilenişidi. Emma soň bu teklibe ýene-de gaýdyp geldiler we *elektron* diýlen düşünje fizika berk ornaşdy. Elektronyň käbir kesgitli massaly we elementar elektrik zarýadly bölejik hökmünde bardygy düýbünden başga tejribelerde subut edildi.

Gazlarda elektrik zarýadsyzlanmalary derňemek boýunça şeýle tejribeleri ilkinji gezek 1706-njy ýylda iňlis fizigi Frensiz Gauksbi (1666–1713 ý.) geçirdi. Nemes fizigi we matematigi Ýulius Plýukker (1801–1868 ý.) hem gazlarda elektrik zarýadsyzlanmany öwrendi.

Plýukkeriň 1859-njy ýylda geçiren derňewleri, zarýadsyzlanma turbasynyň garaňky giňişligini haýsy-da bolsa göze görünmeýän «*şöhleleriň*» kesip geçýändigini görkezdi. 1876-njy ýylda nemes fizigi Eugen Goldşteýn (1850–1930 ý.) olary «*katod şöhleleri*» diýip atlandyrdy. Ol bu şöhleleriň gönüçyzykly ýaýraýandygyny we katodyň üstüne dik ugurda goýberilýändigini görkezdi.

Iňlis fizigi Uilýam Kruks (1832–1919 ý.) «*kruks turbalarynyň*» kömegi bilen katod şöhleleriniň köp syrlaryny açdy. Eger katod şöhleleriniň ýolunda metal ekran (Kruks *maltý hajyny* ulandy) goýsak, onda onuň yzynda, ýagny turbanyň garşylykly tarapynda, onuň kölegesi görner. Munuň özi turbanyň içinde katod şöhleleriniň gönüçyzykly ýaýraýandygyny aňladýar. Kruks özüniň 1875-nji ýylda oýlap

tapan *radiometrini* katod şöhlelerinin yolunda yerleşdirip, radiometriň aýlanýandygyny ýüze çykardy. Şunlukda, *katod şöhleleriniň mehaniki täsiri* açyldy. Katod şöhlelerine we olaryň emele getirýän kölegesine magniti ýakynlaşdyrsak, olaryň gysarýandyklaryny görmek bolýar. Munuň özi katod şöhleleriniň elektrik zarýada eýedigini aňladýar. U. Kruksa görä, katod şöhleleri howasy sorulan turbada galan gazyň molekulalary tarapyndan emele gelýär. Bu molekulalar katod bilen galtaşyp otrisatel zarýadlanýarlar we ondan iteklenip, katod şöhleleriniň gönüçyzykly akymyny emele getirýärler.

Kruks katod şöhlelerini «*şöhleli materiýa*» (bu adalgany 1816-njy ýylda Faradeý hödürledi), *maddanyň dördünji haly* ýa-da «*ultragazgörnüşli hab*» diýip atlandyrdy. Häzirki wagtda maddanyň dördünji halyny *plazma* diýip atlandyryýalar.

1895-nji ýylda fransuz fizigi Žan Perreniň (1870–1942 ý.) tejribeleri katod şöhleleriniň özi bilen otrisatel elektrik zarýadyny alyp gidýändigini görkezdi: katod şöhleleri metal silindre düşüp, ony otrisatel zarýadlandyrýar.

Bu tejribeden soň katod şöhleleriniň tebigatynyň tolkun däl-de, has uly ähtimallyk bilen, material zatdygy belli boldy. Emma munuň özi entek elektronyň açyldygy däl. Şunlukda, tebigatda massasy wodorod atomynyň massasyndan kiçi bolan bölejik barmy diýlen sorag döredi.

Elektronyň bölejik hökmünde we elementar elektrik zarýadyny äkidiji hökmünde bardygyny inlis fizigi J.J. Tomson (1856–1940 ý.) we onuň okuwçylary has takyk tejribelerde subut etdiler.



133-nji surat. Josef Jon Tomson

**Josef Jon Tomson (1856–1940 ý.)** – inlis fizigi (133-nji surat), Manchesterde (Angliýa) kitap satyjynyň maşgalasynda doguldy. 1876–1880-nji ýyllarda Kembrij uniwersitetinde, belli Triniti kollejinde okady. Bilşimiz ýaly, 1874-nji ýylda Kembrij uniwersitetinde Kawendiş barlaghanasy açylypdy. Bu barlaghananyň ilkinji ýolbaşçysy J.K. Makswell, ol aradan çykandan soň 1884-nji ýylda çenli-lord Releý Kawendiş barlaghanasynyň direktory boldy. Ondan soň ýigirmi sekiz ýaşly J.J. Tomson Kawendiş barlaghanasynyň professorlygyna we onuň direktory wezipesine saýlandy. Onuň döwründe kollejde reformalar geçirildi. Hususan-da, bu kollejde okamak üçin beýleki kollejleriň talyplaryny, uniwersitetleriň uçurymlaryny, hat-da, beýleki ýurtlardan adamlary okuwa kabul edip başladylar. Şeýlelikde, Kawendiş barlaghanasyna Täze Zellandiýadan E. Rezerford, Irlandiýadan J. Taunsend, Fransiýadan P. Lanžewen we beýlekiler geldiler. J.J. Tomson talyp – barlagçylar bilen işlemekligiň has

wajyp usuly hökmünde olarda dördijilik höweslerini goldamakdyr diýip hasap edýärdi. Onuň garaýşyna görä, höwesiň bolmazlygy şowsuzlygyň baş sebäbidir. Ol täze fizikanyň başlangyjynda durdy, ýöne ol efir düşünjesini tarapdarydy.

Şol döwrüň fizikleri elektrige we magnite degişli meseleler bilen içgin gyzyklanýardylar. J. Tomson birnäçe açyşlaryň awtorydyr. *Rentgen şöhleleriniň* açylmagy J. Tomsony elektrigiň gazlardan geçiş hadysalary bilen gyzyklanmagyny artdyrdy.

Ol elektrik zarýadyny ýüze çykarmaklyga synanyşdy. J. Tomson tejribeleriniň kömegi bilen rentgen şöhleleriniň täsiri netijesinde gazlaryň geçirijiliginiň artýandygyny kesgitledi.

*Rentgen şöhleleriniň* pyramasyny öwrenip J. Tomson, onuň adyny göterýän we erkin elektronlarda elektromagnit tolkunlarynyň pyramasyny beýan edýän formulany hödürledi. Bu formula häzirki wagtda hem elementar bölejikleriň fizikasyn-da we metallaryň nusgawy elektron nazaryýetinde möhüm ähmiýete eýedir.

Nemes alymlary katod şöhleleri, bu – rentgen şöhlelerine meňzeş bolan tolkunlardyr, inlis alymlary bolsa – bu şöhleler bölejiklerden ybaratdyr diýip hasaplaýardylar. 1894-nji ýylda J. Tomson bu bölejikleriň tizligini ölçedi we onuň ýagtylygynyň tizliginden 2000 *esse* kiçidigini kesgitledi, diýmek, bu bölejikler massa eýe bolmaly. Bu bolsa korpuskulýar çaklamanyň ynandyryjy subutnamasy boldy.

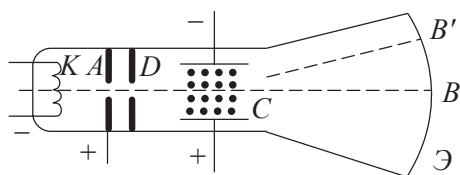
Katod şöhleleriniň magnit we elektrik meýdanlarynyň täsiri netijesinde gyşarmasyny düşündirmekde elektronyň açylmaklygyna gelindi.

Magnit meýdanynyň katod şöhlelerine täsirini köp alymlar öwrendiler.

Emma, elektrik meýdanynyň katod şöhlesine täsiri köp jedelleri döredýärdi. Alymlaryň bir topary elektrik meýdany katod şöhlelerine täsir edýär, beýlekileri täsir etmeýär diýýärdiler. J. Tomson magnit we elektrik meýdanlarynyň katod şöhlelerine täsirini içgin öwrendi. Pikirleriň gabat gelmezligini J. Tomson wakuumyň pesligi we ionlaşan gazyň garyndylarynyň daşky elektrik meýdanynyň täsirini bitaraplaşdyrýandygyny bilen düşündirdi.

J. Tomson wakuumy güýçlendirip, elektrik meýdanynyň kömegi bilen katod şöhlelerini ep-esli gyşardyp bildi. İçinde kondensatoryň plastinalary ýerleşdirilen *Tomsonyň turbasy* häzirki döwürde *elektron - şöhle turbasy* hökmünde tanalýar (1897 ý.). Bu ýerde 1897-nji ýylda, Tomsona bagly bolmazdan, nemes fizigi we oýlap tapyjysy Karl Ferdinand Braunyň (1850–1918 ý.) hem *ossilloscopy*, ýagny wakuum turbanyň içinde, üýtgeýän naprýaženiýe bilen elektron desselerinden ybarat bolan katod şöhleleriniň ornuny üýtgedýän abzaly oýlap tapandygyny bellemek gerek. Braun bu abzaly Kruksyň abzalynyň esasynda döretdi. Onuň turbasynda elektron dessesi elektromagnitiň kömegi bilen diňe bir ölçegde gyşarýardy, ikinji ugra şöhle aýlanýan aýnanyň kömegi bilen ýaýylyýardy. Braun oýlap tapan abzalyna patent almady, emma birnäçe makalalary çap etdi.

Braunyň turbasy telewizion tehnikanyň esasyyny döretdi, ýagny kineskopyň işleýşi, elektronlaryň hereketi magnit meýdany tarapyndan dolandyrylýan katod turbasynyň



134-nji surat. Udel zarýady ( $e/m$ ) ölçemek üçin ulanylan elektron-şöhle turbasy

usulyna esaslanandyr. Şeýlelikde, *Braunynň turbasy* hem ilkinji elektron-şöhle turbasydy.

J. Tomsonyň usulynyň düýpli ähmiýeti bardyr. Tomsonyň usulynyň ösmegi elektron optikasynyň, elektron çyralaryň, häzirki zaman tizlendirijileriniň esasyňy goýdy. J. Tomson fiziklere elektronlary dolandyrmaklygy öwrettdi.

J.J. Tomson katod şöhleleri bilen birnäçe tejribeleri geçirip, şeýle netijä geldi: «*Bu nähili bölejik? Bu atomlarmy ýa-da molekulalarymy ýa-da has ownuk bölekler bölünen haldaky materiýamy?*»

1897-nji ýylda J. Tomson katod şöhleleriniň tebigatyny açdy. J. Tomson katod şöhlelerine magnit we elektrik meýdanlaryny täsir etdirip, katod şöhlelerini düzýän bölejikleriň udel zarýadyny, ýagny  $e/m$  gatnaşygy kesgitledi (1899 ý.).

*Udel zarýad ( $e/m$ )* ýokary wakuumly elektron-şöhle turbasynda ölçenildi (134-nji surat). Katod hökmünde 2000 K temperatura çenli gyzdyrylýan K wolfram sapagy hyzmat edýär. A anodyň merkezinde katoddan çykýan elektron şöhleleriniň desselerini geçirýän deşik edilen we D diafragmanyň kömegi bilen bu şöhleleriň inçe dessesi alynýar. Bu desse lýuminessent Э екраныň B nokadyna düşýär. C kondensatoryň plastinalarynyň aralarynda döredilýän magnit meýdany tarapyndan, hereket edýän elektrona täsir edýän *Lorens güýji* netijesinde dessäniň ýagty yzy Э екраныň B' nokadyna süýşýär (suratda nokatlar bilen tegegiň sarymlarynyň kesigi görkezilen). Bu süýşme dessäniň bölejikleriniň traýektorýalarynyň egrelmegi netijesinde bolup geçýär, sebäbi *Lorens güýji* olaryň tizligine perpendikulýar (dik) ugrukdyrylandyr, ýagny bu ýagdaýda ol merkeze ymtylýan güýje deňdir:

$$e\mathcal{B} = \frac{m\mathcal{V}^2}{R}, \quad (1)$$

bu ýerde  $e$  – katod şöhlelerini düzýän bölejikleriň zarýady;  $m$  – bölejigiň massasy;  $\mathcal{V}$  – bölejikleriň hereket tizligi;  $B$  – magnit meýdanynyň induksiýasy;  $R$  – egrilik radiusy. Getirilen deňlemeden alarys:

$$\frac{e}{m} = \frac{\mathcal{V}}{RB}. \quad (2)$$

Eger magnit meýdanynyň egrelidiji täsirini kondensatoryň elektrik meýdany bilen öwezini dolsak, onda  $\mathcal{V}$  tizligi ölçemekligiň zerurlygy aradan aýrylýar. Şunlukda,

$$e\mathcal{B} = eE \quad (3)$$

şert ýerine ýetýär. Bu ýerde  $eE = F$  – kondensatoryň plastinalarynyň arasynda zarýadlanan bölejige täsir edýän elektrik güýji,  $E$  – elektrik meýdanynyň güýjenmesi. (3) deňlemäni peýdalanyň (2) deňlemeden alarys:

$$\frac{e}{m} = \frac{E}{RB^2}.$$



Bu gatnaşyk elektroliziň kanunlary boýunça alnan iň ýeňil, birwalentli wodorod iony üçin  $e/m$ -den 1840 esse uly boldy. Bu baha, eger katod şöhlelerini düzýän bölejigiň zarýady wodorodyň ionynyň zarýadyna deň bolsa, onda katod bölejiginiň massasy hem wodorod ionynyň massasyndan şonça esse, ýagny 1840 esse kiçi bolmaly.

Katod şöhlelerini düzýän bölejigiň we wodorod ionynyň zarýadynyň biri-birine deňligi bolsa indi subut edilmelidi. Bu netije garaşylmadyk netijedi. *Londonyň Korollyk jemgyýetinde* bu netijä ynamsyz garadylar.

J. Tomson tejribelerini dowam etdirdi. Ol ultramelewşe şöhleleri bilen goparylan bölejikler üçin hem, gyzdrylan katoddan goýberilýän bölejikler üçin hem  $e/m$  gatnaşygy kesgitleýär. Bu gatnaşyklar şol bir bahany berýär.

J. Tomsonyň tejribeleriniň netijesi katod şöhlelerine katoddan uçup çykýan, galyndy gazyň ionlary hökmünde seretmekligiň mümkinçiligini aradan aýyrýar. Şol sebäpli Kruksyň «*şöhleli materiýa*» baradaky çaklamasy nädogry hasap edildi, ýöne Kruksyň *katod şöhleleri material bölejiklerden düzülendir* diýen esasy garaýşy saklandy we tassyklandy.

J. Tomsonyň alan netijesine görä, katod şöhlelerini düzýän bölejikleriň zarýadynyň bu bölejigiň massasyna bolan gatnaşygy  $e/m = 1,77 \cdot 10^{11} \text{ Kl/kg}$  deň boldy (Bu gatnaşygy häzirki döwürde elektron üçin ölçelen  $e/m = (1,759 \pm 0,002) \cdot 10^{11} \text{ Kl/kg}$  baha bilen deňeşdirenimizde Tomsonyň ulanan usulyňň takyklygynyň ýokarydygyny görmek bolýar). Bu baha wodorod atomy üçin alnan 96 500 Kl/g bahadan, takmynan 2000 esse (häzirki zaman ölçegleri boýunça 1837,5 esse) uludy. Munuň şeýledigini Faradeýiň kanunlaryndan gelip çykýan netijeler hem tasýklaýardy. *Faradeýiň sanyny* bir gram-atomyň massasyna bölüp, zarýadyň massa bolan gatnaşygyny, ýagny bir atomyň zarýadynyň onuň massasyna bolan gatnaşygyny alarys. Wodorod üçin bu gatnaşyk 96 500 Kl/g deňdir.

Ýöne esasy täsin zat, ol hem katod şöhlelerini düzýän bölejikleriň zarýadynyň bu bölejigiň massasyna bolan gatnaşygy turbadaky galyndy gazyň görnüşine hem, katodyň we anodyň materialyna, şöhleleriň tizligine we haýsy-da bolsa beýleki fiziki parametrlere hem bagly däldi. Başgaça aýdanymyzda,  $e/m$  gatnaşygyň uniwersal gatnaşykdygy belli boldy. Bu бүтинleý tebigy netijä getirdi, ýagny *dürli tejribelerde alnan katod şöhleleri şol bir bölejiklerden ybaratdyrlar*. Atomlardan hem kiçi bolan bölejikleriň bardygyna, ilkibaşda, azsanly alymlar ynandylar.

Şeýle hem J. Tomson özüniň işgärleri J. Tausend (1868–1959 ý.) we Ç. Wilson (1869–1959 ý.) bilen elektronyň zarýadynyň absolýut ululygyny kesgitlemek boýunça ilkinji tejribeleri hem geçirdi (1897 ý.). J. Tomsona görä onuň ululygy  $e = 6,5 \cdot 10^{-10} \text{ SGSE}$  zarýad birligine deň boldy (bu bahany birlikleriň Halkara ulgamynda aňlatsak  $e = 2,145 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$  ululyga deň bolýar). Bu baha şol döwürde wodorod ionynyň zarýadynyň kesgitlenen bahasy bilen kanagatlanarly ylalaşýardy we şol ýylda Lorens tarapyndan nazary hasaplanan *Zeyemanyň effektini* mukdar

taýdan derňemekde alnan baha bilen bolsa, gowy ylalaşýardy. Tomson zarýadyň tapylan bu  $e$  bahasyny  $e/m$  aňlatma goýup, katod şöhlelerini düzýän bölejikleriň massasyny (ýagny elektronyň massasyny) kesgitledi. Bu bölejikleriň massasy  $m=12,19 \cdot 10^{-28}$  g  $=12,19 \cdot 10^{-31}$  kg, ýagny wodorod atomynyň massasyndan takmynan 1700 esse kiçi boldy.

Ilkinji tejribelerden alnan bu bahalar soňra abzallaryň we usullaryň kämilleşmegi bilen düýpli takyklandy.

J. Tomson özüniň tejribelerini beýan etmekligi umumy netijeler bilen tamamlady:

- Elektrik iň bolmanda otrisatel, edil madda ýaly diskret gurluşa eýe;
- Katod şöhleleriniň otrisatel zarýadlanan korpuskullary, *ähli himiki elementleri emele getirýän maddadyr*;
- Ähli belli hadysalarda otrisatel elektrigiň atomlary şol bir zarýada we şol bir massa eýe.

Bu ownuk bölejikleri J. Tomson *korpuskullar* diýip atlandyrdy (1897 ý.). Şeýlelikde, ilkinjileriň biri bolup J. Tomson «*korpuskullaryň*» atomyň düzümi bölegidigini aýtdy. Şol döwürde bu batyrgaý ädimdi, sebäbi J. Tomson entek tejribede subut edilmedik, atomyň gurluşy barada aýdyp başlady. «*Korpuskul*» adalgasy uzak saklanmady. Sebäbi, bilşimiz ýaly elektrolizde bir walentli ionyň elektrik zarýadyny belgilemek üçin 1891-nji ýylda irländ alymy J. Stoneý tarapyndan «*elektron*» adalgasy hödürlenipdi. Diňe J. Tomsonyň işlerinden soň «*korpuskullary*» «*elektronlar*» diýip atlandyryp başladylar we «*elektron*» adalgasy giňden ulanylyp başlandy.

Bu tejribeleriň netijelerini beýan edýän J. Tomsonyň «*Katod şöhleleri*» atly makalasy 1897-nji ýylda «*Filosofik žurnalda*» («*Philosophical magazine*») çap edildi.

1897-nji ýylyň 30-njy apreli elektronyň doglan güni hasaplanýar. Massasy  $m=9,11 \cdot 10^{-28}$  g we iň kiçi ululykly elektrik zarýady bolan ilkinji «*elementar*» bölejik şeýle açyldy. Bu ýerde J. Tomsona bagly bolmazdan elektronyň nemes fizigi Iogann Emil Wihert (1861–1928 ý.) tarapyndan hem açylandygyny bellemek gerek.



135-nji surat.  
Robert Milliken

1903-nji ýylda J. Tomson öz işgärleri bilen «*Elektrigiň gazlardan geçişi*» monografiýasyny çap etdi. Gazlardan toguň geçişiniň derňewleri netijesinde elektronyň açylmaklygyna getiren işi üçin J. Tomsona 1906-njy ýylda Nobel baýragy berildi.

Alymlar tarapyndan elektronyň häsiýetlerini öwrenmek güýçli dowam etdirildi. 1909-njy ýylda nemes fizigi Erih Regener (1881–1955 ý.) elektronyň zarýadyny ölçedi we onuň  $e=4,79 \cdot 10^{-10}$  SGSE zarýad birligine deňdigi-

ni aýtdy (bu baha birlikleriň Halkara ulgamynda  $e = 2,145 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$  ululyga deň bolýar). Bu gowy netijedi.

1906-njy ýyldan başlap amerikan fizigi Robert Milliken (1868–1953 ý.) elektronyň zarýadynyň has takyk ölçeglerini geçirdi we 1913-nji ýylda R. Milliken (*135-nji surat*) elektronyň zarýadyny takyk kesgitlemegi başardy we *Nobel baýragyna* mynasyp boldy (1923 ý.).

R. Millikeniň tejribesiniň ideýasy ýönekeý maglumata esaslanýar. Ýüňe sürtülen aýna taýajygyň elektriklenýändigini bilýäris. Beýleki jisimler hem özlärini şeýle alyp barýarlar. R. Milliken tarapyndan elektronyň zarýady kesgitlenende, durmuşda duş gelýän, sürtülme netijesinde elektriklenme hadysasy ulanyldy.

Kondensatoryň gorizonta ýerleşen plastinalarynyň aralygyna ýag pürkülýär. Ýag damjalary pulwerizatoryň (suwuklyklary pürkmek, tozanlandyrmak üçin gural) bokurdagyndan geçende, sürtülme netijesinde elektrikleşýärler. Kondensatoryň plastinalarynyň aralarynda elektrik meýdany bar we ýok mahalynda, damjalaryň hereketini öwrenip R. Milliken ýagyň, simabyň, gliseriniň damjalary bilen tejribeleri geçirip, damjalaryň zarýadyny kesgitledi.

Şeýlelikde, R. Milliken 1913-nji ýylda birlik elektrik zarýadynyň ululygynyň  $e = (4,774 \pm 0,009) \cdot 10^{-10} \text{ SGSE}$  zarýad birligine deňdigini şol döwürdäki takyklyk bilen kesgitledi. Elektronyň zarýadynyň bu bahasy elektroliz usuly bilen tapylan baha deňdi.

Elektronyň zarýadynyň we massasynyň häzirki zaman bahalary:

$e = (4,800 \pm 0,005) \cdot 10^{-10} \text{ SGSE}$  zarýad birligi  $= 1,601 \cdot 10^{-19} \text{ Kulon}$ ,

$m = (9,08 \pm 0,02 \cdot 10^{-28}) \text{ g} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ , ýagny wodorod atomynyň massasynyň 1/1840 bölegine deňdir.

*Şeýlelikde, zarýadyň kesgitli (diskret) birliklerden ybaratdygy, tebigatda elementar elektrik zarýadynyň bardygyny we bu zarýady material äkidijiniň elektrondygyny subut edildi.*

Elektronyň açylmaklygy bilen ýene-de bir taryhy maglumat gyzyklydyr. J. Tomsondan has öň nemes fizigi W. Kaufman (1871–1947 ý.) hem katod şöhleleri bilen şeýle tejribeleri geçirdi we J. Tomsonyň alan netijeleri ýaly netijeleri aldy. Ýöne Kaufman elektrony açanlygy barada hiç hili netijä gelmedi, sebäbi ol Mah tarapyndan esaslandyrylan we *pozitiwizm* diýip atlandyrylan filosofik akymyň tarapynda durýardy. *Pozitiwizm* hadysalary diňe duýgy organlarynyň esasynda düşündirmäge rugsat edýärdi. Şoňa görä-de, Kaufman gös-göni görüp bolmaýan submikroskopik bölejigiň bardygyny tassyklap bilmedi. Şeýlelik bilen, özüniň filosofik garaýyşlary sebäpli Kaufman elektrony açyýy bolmady.

Elektronlaryň radioaktiw şöhlenenmede ýüze çykarylmaýy materiýanyň bu owunjak bölejiginiň (elektronyň) düýpli häsiýetiniň bardygyny görkezdi. Bu döwürden başlap, fizikanyň mikrodünýä bölümünde edilen ähli wajyp açyşlaryň hemmesi diýen ýaly elektron bilen baglanyşyklydyr.

Elektronyň açylmaklygy birnäçe meseleleri döretdi. Meselem, atomyň gurluşynyň çylşyrymlydygy we atomda elektronyň alamatyna ters bolan materiýanyň elementar bölejiginiň bardygy belli boldy. Bu bölejikler heniz açylmandy. Täze gözlegler başlandy, ýagny atomyň gurluşynda «*položitel*» *elektrigiň* ähmiýeti nähili diýlen täze soraglar döredi.

### 18.3. Pýer Kýuriniň we Mariýa Skłodowskaýa-Kýuriniň ylmy üstünlikleri

Ylym ugrunda işlejek ýaşlara görelde bolarlykly, ylym adamsyna mahsus bolan häsiýetleri özlerinde jemlän ägirtler bolan Pýer Kýuriniň we Mariýa Skłodowskaýa-Kýuriniň durmuş we ylmy ýollaryna seredeliň. Olar radioaktiw hadysasyny derňän ilkinji alymlardyr.



136-njy surat. Pýer Kýuri

Fransuz fizigi, radioaktiwlik baradaky ylmy esaslandyryjylaryň biri, Pariž Ylymlar akademiýasynyň agzasy **Pýer Kýuri (1859–1906 ý.)** Pariž şäherinde lukmanyň maşgalasynda doguldy (136-njy surat). Pýer öýde bilim alýar. Ol ukyply we zehinli çaga bolupdyr, 16 ýaşynda bakalawr bolýar. Ýaş bakalawr Sorbonnada leksiýalary diňläpdir, Farmasewtik institutynda professor Lerrunyň barlaghanasynda işläpdir we 18 ýaşynda fizikanyň lisensiaty bolýar.

P. Kýuri Pariž uniwersitetini tamamlap, 1878–1883-nji ýyllar aralygynda şu okuw mekdebinin fizika-matematika fakultetinde mugallym bolup işleýär. 1883–1904-nji ýyllar aralygynda Parižin Senagat fizikasy we himiýasy mekdebinde kafedra müdiri, professory wezipelerinde işleýär. 1906-njy ýylda uly betbagtlyk ýüze çykýar. Pýer Kýuri ýoldan geçjek bolanda ýük arabasynyň aşagyna düşüp 48 ýaşynyň içinde wepat bolýar.

Pýer Kýuriniň ylmy işleri kristallaryň fizikasyna, magnetizme, radioaktiwlige degişlidir. 1880-nji ýylda ol öz dogany, minerallary öwreniji J. Kýuri bilen bilelikde ilkinji gezek kwarsyň elektrik deformasiýasyny öwrendi. Şeýlelikde olar *pýezoelektrik* (deformirlenen kristallaryň üst ýüzünde elektrik zarýadlarynyň döremegi) we oňa ters bolan (kristala elektrik napraženiýesi berlende onda maýyşgak deformasiýanyň ýüze çykmagy) effekti ýüze çykardylar. Olar pýezoelektrik effektini ulanyp, örän gowşak elektrik zarýadlaryny we toklaryny ölçediler. Fransuz fizigi Pol Lanžewen (1872–1946 ý.) pýezokwarsy ultrasesleri generirlemek üçin ulandy. Pýezokwars elektrik yrgyldylaryny durnuklaşdyrmak üçin hem ulanylýar.

Pýer Kýuri 1884–1885-nji ýyllarda kristallaryň emele gelşiniň nazaryýetini ösdürýär, meňzeşlik kanunyny açýar. Ilkinji gezek kristalyň gapyrgalarynyň üst energiýalary baradaky düşüňjäni (1885 ý.) ylma girizýär. Şeýlelikde, haýsydyr bir täsiriň astynda bolan kristalyň simmetriýasyny kesgitlemäge mümkinçilik berýän usuly (*Kýuriniň usuly*) teklip edýär.

Pýer Kýuri giň temperaturalar aralygynda jisimleriň magnit häsiýetleriniň derňewlerini geçirýär. Bu tejribeleriň esasynda ol diamagnit we paramagnit hadysalaryny olaryň temperatura baglylygyna görä aýdyň bölmekligi başardy. P.Kýuri 1885-nji ýylda ähli maddalaryň magnit häsiýetleri boýunça üç topara: *dia*, *para* we *ferromagnetiklere* bölünýändigini açýar. Diamagnetik magnit meýdanynda ýerleşdirilse, umumy magnit meýdany kiçelýär. Paramagnetiklerde we ferromagnetiklerde (soňkuda has-da uly) magnit syzyjylygynyň temperatura baglylygyny kesgitleýär, paramagnetikleriň magnit syzyjylygynyň temperatura görä ters proporsional üýtgeýändigini  $\left(\chi = \frac{C}{T}\right)$  açýar (*Kýuriniň kanuny*). Demir üçin kesgitli temperaturanyň bardygyny, şondan ýokarlansa onuň ferromagnit häsiýetiniň üýtgeýändigini (magnitlenen çüý 753° C gradusdan ýokary gyzdyrylsa, jisimleri özüne çekmek häsiýetini ýitirýär) açýar (*Kýuri temperaturasy*).

**Mariýa Sklodowskaýa-Kýuri (1867–1934 ý.)** Warşawa şäherinde (Polşa) mugallymyň maşgalasynda doguldy (*137-nji surat*). Mariýa başlangyç bilimi öýde alýar we gimnaziýany altyn medal bilen tamamlýar. 1883-nji ýylda gimnaziýany tamamlandan soň ol terbiýeçi bolup işleýär.

1891-nji ýylda ol Pariže gidýär we Sorbonna uniwersitetiniň fizika-matematika fakultetine okuwa girýär. 1893-nji ýylda fizika ylymlarynyň, 1894-nji ýylda bolsa matematika ylymlarynyň lisensiat derejesini alýar. Bu döwürde ol reňkli fotosuraty oýlap tapyjy Lippmanyň teklibi bilen «*Taplanan poladyň magnit häsiýetleri*» atly ilkinji ylmy işini ýerine ýetirýär. Bu işi ýerine ýetirýärkä Senagat fizikasy we himiýasy mekdebine geçýär we şol ýerde Pýer Kýuri bilen tanyşýar. 1895-nji ýylda Mariýa Sklodowskaýa Pýer Kýurä durmuşa çykýar.

1906-njy ýylda Mariýa Sklodowskaýa-Kýuri, fizika boýunça Nobel baýragyny alan ilkinji zenan, Pariž uniwersitetinde ilkinji zenan-professor bolýar. Ol dünýäde ilkinji gezek radioaktiwlik boýunça leksiýalary okap başlady.

Mariýa Sklodowskaýa-Kýurä 1911-nji ýylda ikinji gezek (bu gezek himiýadan) Nobel baýragy gowşurylýar. Ol häzirki döwre çenli Nobel baýragyna iki gezek mynasyp bolan ýeke-täk zenandyr.

Birinji jahan urşy döwründe Mariýa Sklodowskaýa-Kýuri harby hassahanalar üçin rentgen desgalaryny, urşuň öň ýanynda bolsa Parižde Radiý institutyny döretdi. Bu institutda onuň özi, gyzy Iren Kýuri we giýewisi Frederik Zolio-Kýuri işlediler. 1926-njy ýylda Mariýa Sklodowskaýa-Kýuri öňki SSSR Ylymlar akademiýasynyň hormatly agzalygyna saýlandy. Mariýa Sklodowskaýa-Kýuri 1934-nji ýylda leýkemiýa keselinden aradan çykdy.



137-nji surat. Mariýa Sklodowskaýa-Kýuri

Mariýa-Sklodowskaýa-Kýuriniň doktorlyk işiniň temasy radioaktiw hadysalaryny öwrenmeklige bagyşlanan. Mariýa tutanýerlilik bilen «*Uran şöhlelenmesiniň hakyky çeşmeleri nämede?*» diýen soraga jogap gözleýär. Belki-de, urandan başga himiki elementleriň-de şöhlelenmä ukyplylary bardyr! Bu meseleleri anyklamak üçin köp mukdardaky minerallary we duzlary derňemek gerekdi.

1898-nji ýylyň aprelinde Pýer Kýuri we Mariýa-Sklodowskaýa-Kýuri radioaktiwlik boýunça birinji makalasyny çap etdiler we «*Toriý we onuň birleşmeleri hem*



*şeyle häsiýete eýe»* diýip bellediler. Mariýa-Sklodowskaýa-Kýuri doktorlyk dissertasiýasynda şeýle ýazýar: «*Şeýlelikde, uran, toriý we olaryň birleşmeleri bekkereleň şöhlelerini goýberýärler. Şeýle häsiýete eýe bolan maddalary men radioaktivlik diýip atlandyrdym*». Pariž Ylymlar akademiýasynyň neşiriniň çykyşlarynyň 1898-nji ýylyň iýul aýyndaky goýberilişinde Pýer we Mariýa Sklodowskaýa-Kýuriniň makalasynda «*radioaktivlik*» diýlen täze adalga çap edildi. Şol wagtdan başlap fizikada bu täze hadysany *radioaktivlik* («*şöhleleri goýbermek ukyplylygy*» manyny berýär), goýberilýän şöhleleri bolsa *radioaktiv şöhleleri* diýip atlandyryrlar.

Düzümünde uran we toriý bolan magdanlary birsyhly derňemek bilen, olar öň belli bolmadyk täze himiki elementi bölüp aýyrmagy başardylar. Ol elemente Mariýa Sklodowskaýa-Kýuriniň watany bolan Polşanyň hormatyna *Poloniý* diýip at berýärler. Poloniniň işjeňligi (aktiwligi) uranyň aktiwliginden 400 esse uludygy belli boldy.

1898-nji ýylyň 26-njy dekabrynda Pariž Ylymlar akademiýasynyň mejlisinde Pýer Kýuri smolaly magdanlaryň spektral düzümine seljerme geçirilende, olaryň spektrinde şol wagta çenli belli bolmadyk täze bir elemente degişli bolan çyzygyň ýüze çykarylandygyny, barlaglaryň netijesinde ol elementiň şöhlenenmesiniň arassa uranyň şöhlenenmesi bilen deňeşdireniňde ondan 900 esse güýçli şöhlenenýändigini habar berýär we täze açylan bu elementi «*Radiý*» (*şöhleli*) diýip atlandyrmagy teklipe edýär.

Täze elementiň ujypsyzja möçberini smolaly magdandan bölüp almak üçin aşa köp mukdardaky magdany gaýtadan işlemelidigine Mariýa we Pýer Kýuri oňat düşünyärdiler. Parižiň Loman köçesindeki taşlanan jaýda olar 1898–1902-nji ýyllar aralygynda 8 *tonna* uran magdanyny gaýtadan işlediler we radiý maddasynyň ýüzden bir gramyny aldylar.

Toplanýan radiniň mukdary kem-kemden artýar. Olar agyr zähmet şertlerinde işläp, arassa radiniň ondan bir gramyny almagy başardylar. Bu bolsa täze elementiň 226-a deň bolan massasyny kesgitlemäge ýeterlik boldy (radiý Mendeleýewiň tablisasynda 88-nji belgili öýjükdä ýerleşýär).

Pýer Kýuri 1901-nji ýylda radioaktiv elementleriň *biologik täsirini* ýüze çykarýar. Dogry, Bekkerel hem özüniň açyşy üçin «*hasaplaşmaly*» boldy. Bir gezek oňa leksiýa okamak üçin radioaktiv madda gerek boldy, ol ony Kýurilerden alýar we içi radioaktiv maddaly aýna gaby jübüsine salýar. Leksiýany okap ol radioaktiv serişdäni eýelerine gowşurýar we ertesi, jübüsiniň aşagyndaky derisinde, aýna gabyň formasyndaky gyzyl tegmili görýär. Bekkerel bu barada Pýer Kýurä gürrüň berýär, P. Kýuri bolsa özünde tejribe geçirýär: 10 sagadyň dowamynda içi radili gaby goşaryna daňyp gezyýär. Ol hem bileginiň gyzaranyňy görýär, soňra ol agyr ýara öwürülýär we iki aýyň dowamynda bejergi almaly bolýar. Şeýlelikde, radioaktivligiň biologik täsiri ilkinji gezek açyldy.

Mariýa Sklodowskaýa-Kýuri bolsa radioaktiv maddalar bilen işläp, hiç hili howpsuzlyk düzgünini berjaý etmedi we hat-da, içi radili çüýşe gaby tumar hök-

münde dakynypdyr. 1955-nji ýylda Mariýa Sklodowskaýa-Kýuriniň ýazgy depderleri barlananda, olarda ýazgy edilende girizilen radioaktiw hapalanma sebäpli, bu depderleriň häzirki döwre çenli radiasiýany şöhlendiriýändigini kesgittildi.

Pýer Kýuri 1903-nji ýylda radioaktiw elementleriň *ýarymdargama periody* (radioaktiw ýadrolaryň ilkibaşdaky mukdarynyň ýarysynyň dargamagy üçin gerek bolan wagty) düşüňjesini girizmek bilen olaryň aktiwliginiň peselmeginiň mukdar kanunyny açýar.  ${}_{92}\text{U}^{238}$  üçin ýarymdargama periody 4,5 milliard ýyla deňdir. Şonuň üçin hem, uranyň aktiwligi birnäçe ýylyň dowamynda duýarlykly üýtgemeyär (meselem, *radonyň ýarym dargama periody 3,8 güne* deň we ol göze duýarlykly wagtda dargap gutaryar). Şeýle hem ol radioaktiw dargamanyň daşky täsirlere bagly däldigini görkezýär. Şundan ugur alyp Pýer Kýuri, ýarymdargama periodyny ýer jynslarynyň absolyt ýaşyny kesgitlemegiň wagty etalony hökmünde ulanmagy teklipe edýär. XIX asyryň ahlyrynda we XX asyryň başynda bolan şeýle uly açyşlar fiziki dünýägaraýyşda rewolýusiýa döretdi.

1903-nji ýylyň 25-nji iýunynda Mariýa Kýuri doktorlyk işini goraýar. Şol ýylyň noýabr aýynda Pýer we Mariýa Kýurilere Angliýada ylmy işler boýunça iň ýokary sylag hasaplanylýan *Dewi medaly* gowşurylýar.

1903-nji ýylda Pýer Kýurä we Mariýa Sklodowskaýa-Kýurä (Bekkerel bilen bilelikde) fizikadan radioaktiwlik ulgamynda bitiren ajaýyp ylmy işleri üçin Nobel baýragy berilýär.

Kýurileriň başlan işini olaryň okuwçylary dowam etdirdiler. Olaryň gyzy Iren Kýuri (1897–1956 ý.) we giýewisi Frederik Zolio-Kýuri (1900–1958 ý.) *emeli radioaktiwligi* açandyklary üçin 1935-nji ýylda himiýadan Nobel baýragyna mynasyp boldular. Kýurileriň hatyrasyna emeli usul bilen alnan 96-njy belgili transuran elementi Kýuri diýip atlandyrylýar.

## 18.4. Radioaktiw öwürlmeleriň açylmagy

Radioaktiw hadysalarynyň açylmaklygy E.Rezerfordyň ady bilen aýrylmaz baglanyşyklydyr.

**Ernest Rezerford (1871–1937 ý.)** – iňlis fizigi (138-nji surat), himiýa boýunça Nobel baýragynyň eýesi (1908ý.), Täze Zelandiýada fermeriň maşgalasynda eneden doguldy. Kembrij unwersitetinde bilim aldy. E. Rezerford radioaktiwligi 1898-nji ýylda Kanadanyň Monreal şäherinde Mak-Gill uniwersitetinde professor wezipesinde işleýärkä derňedi. Doly däl 10 ýylyň içinde Rezerford 66 sany ylmy makala çap etdi. Bu makalalarda ol radioaktiwligiň häzirki zaman nazaryýetiniň we atomyň gurluşynyň esaslaryny beýan etdi. E. Rezerfordy ýadro fizikasynyň «*atasy*» hasaplaýarlar. P.L. Kapisa, G. Geýger, F. Soddi, E. Uolton, J. Çedwik, J. Kokroft, E. Eplton, O. Gan onuň okuwçylarydyr.

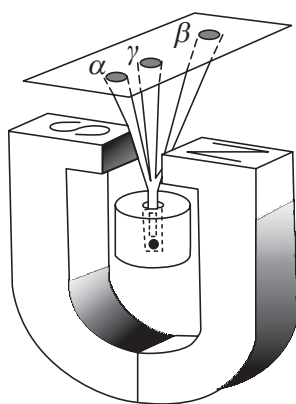


138-nji surat.  
Ernest Rezerford

Uranyň radioaktiw şöhlenenmesiniň geçijilik ukybyny derňäp, Rezerford 1899-njy ýylda uran duzlarynyň magnit meýdanynda dürli burça gyşarýan iki görnüşli şöhleleri goýberýändigini tejribede kesgitledi.

Az geçijilik ukyby bolan şöhläni Rezerford oňalyk üçin  $\alpha$ -şöhlelenme, uly geçijilik ukybyna eýe bolan şöhläni  $\beta$ -şöhlelenme diýip atlandyrdy. Birinji görnüşli şöhleler magnit meýdanynda edil položitel zarýadlanan bölejikler ýaly gyşarýarlar, olary *alfa-şöhleler* diýip atlandyrdylar. Ikinji görnüşli şöhleler magnit meýdanyn-da edil otrisatel zarýadlanan bölejikler ýaly gyşarýarlar, olary *beta-şöhleler* diýip atlandyrdylar.

Uran radiasiýasynyň üçünji düzüjisi, olaryň içinde geçijilik ukyby has güýçli bolan şöhlelenme (ol magnit meýdany tarapyndan gyşarma sezewar bolmaýar)

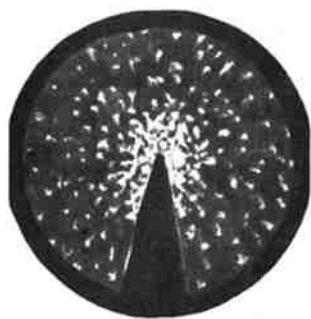


139-njy surat. Radioaktiw dargamanyň üç düzüjisi

1900-nji ýylda amerikan fizigi we himigi Pol Ulriş Willard (1860–1934 ý.) tarapyndan açyldy. Bu şöhlelenme  $\gamma$ -şöhlelenme ýa-da  $\gamma$ -şöhleler diýip atlandyryldy. Rezerford we onuň işgärleri radioaktiwlik atomyň dargamagy netijesinde ýüze çykyar diýlen netijä geldiler (soňra radioaktiwligiň atom ýadrolarynyň dargamagy netijesinde ýüze çykyandygy anyklandy).

1903-nji ýylyň fewralynda Rezerford  $\alpha$ -şöhleleriň güýçli magnit we elektrik meýdanlarynda gyşarandygyny gördi. Bu şöhleler katod şöhleleri bilen deňeşdirilende ters ugra gyşarýarlar we netijede, olar uly tizlik bilen hereket edýän položitel zarýadlanan bölejiklerden ybarat bolmaly.

1903-nji ýylda Mariýa Sklodowskaýa-Kýuri özüniň «Radioaktiw maddalar baradaky barlaglar» atly doktorlyk dissertasiýasynda, radioaktiw şöhlelenmäniň magnit meýdanynda gyşarmasynyň shemasyny berdi (139-njy surat). Şol döwürden başlap okuw kitaplarynyň ählisinde bu shema getirilýär.



Poloniý we radiý açylandan soň Pýer we Mariýa Kýuriler: «Bu şöhleler maddalar tarapyndan goýberilýän şöhleler; döredilen radioaktiwlik ýeterlik uzak wagtyň dowamynda saklanýarlar» diýip bellediler.

1903-nji ýylda Uilýam Kruks (1832–1919 ý.) aýratyn atomlary «görmäge» mümkinçilik berýän abzaly – spintariskopy döretdi (140-njy surat).



140-njy surat. Spintariskop

Mariýa Sklodowskaýa-Kýuriniň belleýşine görä: «Bu abzalyň esasy bölegi fosforessirlenýän sinkden ýasalan ekranyň önünde, metal geçirijiniň ujunda

ýerleşdirilen radiý duzunyň dänesidir. Radiý bilen ekranyň arasyndaky uzaklyk örän kiçi (takmynan 0,5 mm). Lupadan radiniň ekrana öwrülen tarapyndan sereýärler. Göz elmydama döreyän we ýene-de ýok bolýan ýagtylanýan nokatlaryň «ýagşyny» görýär. Ekran ýyldyzly asman görnüşine eýe bolýar». Kýuri ekranyň her bir ýagtylanmasy oňa alfa-bölejikleriniň urulmasy netijesinde döreyär diýlen çaklamany aýdyp: «Bu ýagdaýda biz atom ölçegleri bolan bölejikleriň individual täsirini tapawutlandyrmaga mümkinçilik berýän hadysany ilkinji gezek görýäris» diýip ýazdy. Bu şeýle hem bolupdy.

1900-nji ýylda Rezerford öz kömekçisi R.B.Ouens (1870-1940 ý.) bilen toriniň birleşmeleriniň radioaktiwligini öwrenip, bu birleşmeleriň, adaty radioaktiw şöhlelerden başga-da, «radioaktiw häsiýetlerini birnäçe minutlap saklaýan, haýsyda bolsa radioaktiw bugy üznüksiz goýberýändigini, bu buguň öýjükli maddalardan geçmäge ukyplydygyny, emma onuň howa geçirmeyän gurşawlar tarapyndan doly saklanýandygyny» kesgitledi. Rezerford bu «bugy», has takygy – gazy, toriniň «emanasiýasy» diýip atlandyrdy. Bu buguň howany ionlaşdyryp bilýändigini we garaňkyda fotoplastinka täsir edýändigini belledi. Geçirilen tejribeleriň esasynda toriniň emanasiýasynyň radioaktiwliginiň bir minutyň dowamynda iki esse kemelýändigini anyklady. Rezerford toriniň birleşmeleri bilen geçiren tejribelerinde «emanasiýanyň olaryň gapdalynda ýerleşen islendik gaty jisimde radioaktiwligi döredip bilýändigini», ýagny bir ýyl öň Kýurileriň gören döredilen radioaktiwligi döredýändigini tassyklady. Rezerfordyň bellemegine görä, emanasiýa – käbir manyda radioaktiw däl maddalarda radioaktiwligiň döremeginiň gös-göni sebäbidir.

Soňra Kýuriler şuna meňzeş emanasiýanyň radiý, aktiniý tarapyndan hem goýberilýändigini we bu üç görnüşli emanasiýanyň özlerini dürli görnüşde alyp barýandyklaryny ýüze çykardylar. Şol sebäpli gaz halynda bolan üç täze radioaktiw madda tapyldy diýip hasap etmek bolar. Özüniň himiki häsiýetleri boýunça olar, meselem, argon ýaly, öň belli bolan inert gazlaryna meňzeşdi. Soňky derňewler emanasiýanyň üç görnüşiniň hemmesiniň şol bir himiki element bolan radonyň – dürli izotoplarydygy anyklady. Ilkibaşda olary, haýsy elementden alnanlygyna baglylykda dürlüçe atlandyrdylar: toron ( $To \equiv {}^{220}Rn$ ), radon ( $Rn \equiv {}^{222}Rn$ ) we aktinon ( $An \equiv {}^{219}An$ ).

Mariýa Sklodowskaýa-Kýuri dissertasiýasynda: «Rezerfordyň pikirine görä radioaktiw jisimiň emanasiýasy – jisimden bölünip çykýan material, radioaktiw gaz bolmaly» diýip belleýär.

Rezerford we Soddi «Philosophical Magazine» žurnalynda (1902 ý.) çap edilen makalasynda emanasiýa baradaky tejribelerde alnan netijeleri jemläp «..... toriniň, şeýle hem radiniň radioaktiwliginde çylşyrymly öwürmeler bolup geçýärler, olaryň her haýsysy radioaktiw maddanyň aýratyn görnüşleriniň üznüksiz emele gelmegi bilen bolup geçýär» diýip bellediler. Radiden we toriden emele gelýän ema-

nasiýa *inert gazydy*. Alymlar radioaktiwligiň *geliý* bilen baglanyşyklydygyna we onuň dargamanyň ahyrky önümi bolmagynyň mümkindigine üns berdiler.

Birnäçe radioaktiw elementleriň açylmaklygy radioaktiwligiň diňe bir urana mahsus häsiýet däldigini, onuň giňden ýaýran hadysadygyny görkezdi. Onandan hem başga, gurşundan agyr elementleriň hemmesiniň, şol sanda öň gaz bilen doldurylan ýagtylandyryş çyralarynda ulanylýan gyzdyryjy simleri okislemek üçin ulanylýan toriýniň hem radioaktiwligi belli boldy. Şol döwürde uran aýna çüýşeleri gara reňke boýamak we fotografiýada negatiwleri güýçlendirmek üçin hem ulanylypdyr. Şeýlelikde, köp ýyllaryň dowamynda adamlar radioaktiw maddalaryň adamyň saglygyna zyýanlydygyny bilmän onuň bilen iş salşyp gelipdiler. Ýeri gelende aýtsak, *uran* ilkinji gezek 1789-njy ýylda nemes fizigi Martin Genrih Klaprot (1743–1817 ý.) tarapyndan  $UO_2$ -niň okisi görnüşinde alnypdy we ol 1781-nji ýylda açylan *Uran* planetasynyň hormatyna şeýle atlandyrylypdy, *toriý* bolsa 1828-nji ýylda şwed himigi Ýens Ýakob Berselius (1779–1848 ý.) tarapyndan *torit mineralynda* açylypdy.

Radioaktiw şöhlemenmäniň madda täsiriniň başga bir ýüze çykyşy onuň ionlaşdyryjy ukybynyň barlygydyr: 1897-nji ýylda Rezerford zarýadlanan elektroskopa radiý serişdesini ýakynlaşdyranda, elektroskopyň tiz zarýadsyzlanýandygyny ýüze çykardy.

Rezerford we Soddi «*Radioaktiw öwrülmeleriň nazaryýeti*» makalalarynda radioaktiw öwrülmelerde bir himiki elementiň başga elementlere öwrülýändigini barada gutarnykly netijä geldiler.

1902–1903-nji ýyllarda Rezerford Frederik Soddi (1877–1956 ý.) bilen *radioaktiw dargama nazaryýetini* işläp düzdüler we *radioaktiw öwrülmeleriň kanunyny* döretdi. Bu kanuna görä *dargaman galan ýadrolaryň sany wagta görä eksponensial kanun boýunça kemelýär*:

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt \quad \text{ýa-da} \quad N = N_0 e^{-\lambda t},$$

bu ýerde  $dN$  –  $t$ -den  $t + dt$  wagt aralygynda dargaýan ýadrolaryň sany;  $N$  –  $t$  wagt pursadynda dargaman galan ýadrolaryň sany;  $N_0$  – başlangyç wagt pursadynda ýadrolaryň sany;  $\lambda$  – wagt birliginde her bir ýadronyň dargama ähtimallygyny häsiýetlendirýän radioaktiw dargama hemişeligi ( $s^{-1}$ ). Minus alamaty dargama prosesinde radioaktiw ýadrolaryň umumy sanynyň kemelýändigini aňladýar. Ýarym dargama peridy  $T$  we dargama hemişeligi  $\lambda$  özaralarynda şeýle baglanyşyklydyr:  $T = \frac{\ln 2}{\lambda}$ . Her bir radioaktiw madda özüniň dargama hemişeligi we ýarym dargama

peridy bilen häsiýetlendirilýär. Şunlukda  $\lambda$ -nyň bahasy näçe uly boldugyça, ýarym dargama peridy şonça-da kiçi bolýar we dargama şonça-da çalt geçýär.



Radiniň emanasiýasynyň açylmagy radioaktiw dargama kanunynyň nazaryýetini gutarnykly tassyklady.

**Frederik Soddi (1877–1956 ý.)** – iňlis fizigi, radiohimigi, Angliýanyň Korollyk jemgyýetiniň agzasy. Ol Angliýanyň Istborn şäherinde doguldy (141-nji surat). Onda ýaşlygyndan başlap ylma bolan höwes döredi. 1898-nji ýylda Oksford uniwersitetini tamamlady. 1904–1914-nji ýyllar aralygynda Soddi Glazgo şäherindäki uniwersitetiň professory boldy. 1914–1919-njy ýyllar aralygynda Soddi Aberdin uniwersitetiniň professory, 1919–1936-njy ýyllar aralygynda Oksford uniwersitetiniň professory boldy. 1910-njy ýylda Soddi Londonyň Korollyk jemgyýetiniň (LKJ) agzalygyna saýlandy, köpsanly daşary ýurt döwletleriniň Akademiýalarynyň agzasy, şol sanda öňki SSSR Ylymlar akademiýasynyň habarçy-agzasy boldy. Soddi matematika, mehanika we taryha degişli ylmy işleri etdi. Onuň esasy açyşlary atom we ýadro fizikasyna degişlidir. Soddiniň ady Rezerford bilen radioaktiw öwrülmeleriň nazaryýetini dörediji hökmünde (1901–1902 ý.) ylmyň taryhyna girdi. 1921-nji ýylda Soddi radioaktiw maddalaryň himiýasyna goşan goşandy we izotoplaryň tebigatyny öwrenmek boýunça geçiren derňewleri üçin Nobel baýragyna mynasyp boldy.



141-nji surat.  
Frederik Soddi

1903-nji ýylda iňlis alymlary U. Ramzaý (1852–1916 ý.) we F. Soddi bilelikde, spektroskopik usul bilen radiniň emanasiýasyndan geliniň alynýandygyny subut etdiler. Olar içi radili ýapyk ampulada, köp bolmadyk geliden başga-da, ýene-de bir maddanyň – radon radioaktiw gazynyň döreýändigini kesgitlediler. Radony radiden aýyranlarynda, onuň çalt ýitýändigini, onuň ýerine bolsa täze radioaktiw elementleriň – poloniniň, aktininiň we beýlekileriň döreýändigini gördüler. Diýmek, *radioaktiwlik bir elementiň atomlarynyň beýleki elementleriň atomlaryna öwrülmekleri bilen baglanyşykly*. Bu bir elementden beýleki elementiň alnyşyny resmi ýagdaýda tassyklaýan subutnama boldy. Bu hadysany atomlaryň *radioaktiw dargamasy* diýip atlandyrdylar.

1913-nji ýylda F. Soddi we Kazimir Faýans (1887–1975 ý.) biri-birinden habarsyz, empirik usul bilen *radioaktiw dargamada süýşme düzgünini* hödürlediler:  $\alpha$  – bölejikler goýberilende *ilkibaşdaky elementiň atomy, Mendeleyewiň periodik tablisasynda ilkibaşdaky elementden iki öýjük çepde ýerleşen başga bir elemente öwürülýär*.  $\beta$  – bölejikler goýberilende bolsa, *ilkibaşdaky elementiň atomy, Mendeleyewiň periodik tablisasynda ilkibaşdaky elementden bir öýjük sagda ýerleşen başga bir elemente öwürülýär*. Meselem, 92-nji öýjükdä ýerleşen atom  $\alpha$  – bölejigini goýberip, 90-njy elementiň atomyna – toriýa, toriý atomy bolsa  $\beta$  – bölejigini goýberip, 91-nji elementiň atomy – protaktiniýa öwürülýär.

Rezerfordyň we Soddiniň öňden görmeleri tassyklandy. Kýuriler, Rezerford we Soddi tarapyndan döredilen radiohimiýa usuly täze elementleri açmakda kuwwatly

serişde boldy. Bu usul bilen olar mukdary 17 atomdan ybarat bolan maddany – 101-nji elementi – *mendeleyewi* açdylar.

1913-nji ýylda Soddi *izotop* – *atomlarynyň ýadrolary birmeňzeş zaryada, emma massa sanlary dürli bolan şol bir elementiň dürli görnüşi* düşünjesini girizdi. 1915-nji ýylda Soddi urandan radiniň alnyşyny tejribede subut etdi. Ol *izomerleriň*, ýagny birmeňzeş zaryad we massa sanlary bolan, emma biri-birinden ýarym dargama peridy bilen tapawutlanýan (meselem,  $^{80}_{35}\text{Br}$  bromuň ýadrosynyň izomerleri, olaryň biriniň ýarym dargama peridy – 18 min, beýlekisiniňki – 4,4 sag) elementleriň bardygyny öňünden aýtdy.

Pýer Kýuri A. Lobard bilen bilelikde radiý duzlarynyň öz-özünden ýylylyk goýberýändigini ýüze çykarypdylar. Bu bolsa atom energiýasynyň bardygynyň ilkinji subutnamasydy. Mundan ugur alyp, Rezerford we Soddi radiý tarapyndan goýberilýän alfa – bölejikleriň energiýasyny hasaplap: «*Radioaktiv öwrülmeleriň energiýasy, islendik molekulýar öwrülmeleriň energiýasyndan azyndan 20 000 esse, mümkin million esse uludyr. Şunlukda, energiýanyň bu bahasy radioaktiv öwrülmäniň doly energiýasyna degişli bolman, şöhlenenme energiýasyna degişlidir. Radioaktiv öwrülmäniň doly energiýasy öz gezeginde atomyň içki energiýasynyň diňe bir bölegini düzýän bolmagy mümkin, sebäbi emele gelyän önümleriň içki energiýalary näbelliligine galýar*» diýlen netijä geldiler.

Netijede, Rezerforda we Soddä görä: «*Atomda jemlenen energiýa adaty himiki reaksiýalarda bölünip çykyan energiýadan köp esse uludyr*». Deňeşdirmek üçin, bir gram radiý darganda 25 tonna buzy eretmäge ýeterlik bolan ýylylyk bölünip çykyar. Şeýlelikde, 1903-nji ýyly radioaktiv öwrülmelerde ýüze çykyan energiýanyň täze görnüşiniň – *atom energiýasynyň* açylan ýyly hasaplamak bolar.

Soddi radioaktivlik we radiohimiýa boýunça birnäçe kitaplary ýazdy. Olardan «*Radiý we onuň manysyny açmak*», «*Materiýa we energiýa*», «*Radioelementleriň himiýasy*», «*Radiý we atomyň gurluşy*» rus diline terjime edildi.

Soddi atom energiýasy barada aýdanlaryň ilkinjileriniň biridir. Ol «*Radiý we onuň manysyny açmak*» kitabynda (onuň rus dilindäki terjimesi 1910-njy ýylda çykdy) ol şeýle soragy goýýar: *Radioaktiv däl elementler energiýa goruna eýemi?* Ol bu meseläni şeýle manyda çözüýär: «*Radiý bilen baglanyşykly işleriň netijesinde biz ilkinji gezek içki energiýa gory bilen tanyş bolduk. Bu içki energiýa goruna, umuman, ähli elementler uly ýa-da kiçi derejede eýedirler. İçki energiýa gory elementleriň içki gurluşlarynyň aýrylmaz aýratynlygydyr. Elementleriň transmutasiýasynda (öwrülmelerinde) energiýanyň bölünip çykmagy bolup geçýär*».

Soddi atomyň içki energiýasyny almaklygyň örän kyn meseledigini gowy bilýärdi we bu meseläni şol döwrüň tehniki serişdeleri bilen çözmekligiň kyndygyna düşüňýärdi. Ol: «*Häzirki wagtda himiki birleşmeleri dargadyp we döredip bilşimiz ýaly, biz geljekde elementleri dargadyp we döredip bileris*» diýip ýazdy.

Monrealda E. Rezerfordyň «Radioaktiwlik» atly belli monografiýasy çap edildi. Bu monografiýa soňra birnäçe gezek gaýtadan neşir edildi. Ol Monrealda alfa-bölejiklerini we olaryň madda bilen özara täsirlerini öwrendi. Bu bolsa ahyr soňunda atom ýadrosynyň açylmagyna getirdi.

Rezerfordyň ylmy jemgyýetde abraýy örän uludy. 1907-nji ýylda ol Angliýanyň Mançester uniwersitetine geçýär. Rezerford bilen H. Geýger, E. Marsden, G. Mozli, J. Çedwik, N. Bor, F. Gan we beýleki ýaş fizikleriň uly topary işleýärdi. Bu ýerde atomyň gurluşyny öwrenmek barada ägirt uly işler edildi. Mançesterde, Rezerfordyň barlaghanasynda kwant we ýadro fizikasynyň düýbi tutuldy. 1908-nji ýylda Rezerforda himiýa boýunça Nobel baýragy berildi, sebäbi şol döwürde radioaktiwlik himiýa degişli hasap edilýärdi.

1919-njy ýylda E. Rezerford Kawendiş barlaghanasynyň direktory wezipesine bellenilýär we ömrüniň ahyryna çenli bu wezipede işledi. Ol bu wezipä elementleriň emeli öwürlmeleriniň açylyşy bilen başlady. Bu açyş ýadro fizikasynyň ösüşine has-da täsirini ýetirdi.

Rezerfordyň ýolbaşçylygynda atom we ýadro fizikasyna degişli köp işler edildi. Rezerford massasy wodorodyň ýadrosynyň massasyna deň bolan bitarap (neýtral) bölejigiň – *neýtronyň* bardygyny önünden aýtdy. Neýtron soňra onuň okuwçysy we işgäri Jeýmis Çedwik (1891–1974 ý.) tarapyndan 1932-nji ýylda açyldy. Frensis Uilýam Aston (1877–1945 ý.) 1931-nji ýylda ilkinji *mass – spektrometri* gurnady we durnukly izotoplary açdy. Jon Duglas Kokraft (1897-1967 ý.) we Ernest Tomas Sinton Uoltan (1903-1995 ý.) özleri tarapyndan döredilen, dünýäde *ilkinji zarýadlanan bölejikleri tizlendirijide* protonlar bilen litini böldüler.

## 18.5. Atomyň gurluş nazaryýetiniň ösüş taryhy

Atom gurluşa eýemi ýa-da ýok, ol materiýanyň has ownuk bölejiklerinden ybaratmy ýa-da ýok, ol hakyky bölünmeýän bölejikmi we ş.m. – bu soraglar ylmyň we filosofiýanyň taryhynda köp wagtdan bäri bardy. Geçen asyrlaryň köp alymlary we filosoflary üçin atom hakykatdan-da bölünmeýän, içki gurluşy bolmadyk hasaplanýardy. Emma, atomyň gurluşy barada dürli çaklamalary hödürleýänler hem bardy. Dekart we onuň tarapdarlary bolan karteziýanlar atoma, tükeniksizlige çenli bölünmeýän materiýadan emele gelen bölejik hökmünde setdiler. Dekarta görä atomlar ýa-da, has takygy maddanyň bölejikleri, formalary we ululyklary boýunça üýtgap bilýärler. Emma Dekartyň bu çaklamasy uzak saklanmady we kabul edilmedi.

XIX asyryň başynda atomyň çylşyrymly gurluşy baradaky pikiri inlis alymy Uilýam Praut (1785–1850 ý.) aýtdy. Onuň ölçegleriniň netijeleri elementleriň atom agyryklarynyň wodorodyň atom agyrylygyna kratnydygyny görkezdi. Munuň esa-

synda Praut ähli elementleriň atomlary wodorod atomyndan ybarat diýlen çaklamany aýtdy.

XIX asyryň ortalarynda karteziýans garaýyşlaryň döremegi bilen, *ähli atomlar eýirdäki aýratyn emele gelmelerdir*, diýlen çaklama döredi. Şeýle çaklamany, ýagny atomlara köwlenmeli halkalar ýaly seretmelidigini Josef Jon Tomsonyň familiýadaşy Uilýam Tomson (Lord Kelwin) aýtdy (U. Tomsona ylymda gazanan üstünlikleri üçin 1892-nji ýylda *lord derejesi* berildi). Eger efire ideal suwuklyk hökmünde seredilse, bu halkalar ýitmeyärler, bölünmeyärler, olaryň arasynda molekulýar güýçlere meňzeş bolan güýçler täsir edýärler we ş.m. U. Tomson (Lord Kelwin) 1902-nji ýylda çap edilen «*Atomlaşan Epinus*» makalasynda, Lomonosowyň döwürdeşi, peterburgly akademik *Epinusyň nazaryýetini* ýatlaýar we *Epinusyň atom modelini* beýan edýär. *Epinusa görä, atom merkezinde elektron ýerleşen, deňölçegli zaryýadlanan položitel elektrik sferadyr*. Geljekde J. Tomson, atomyň tebigatyna baglylykda sany we ýerleşişleri üýtgeýän elektronlar sferanyň içinde aýlanýarlar diýip çak edip, bu modeli ösdürdi.

Atomyň çylşyrymly gurluşy baradaky garaýyşyň täze ösüşi Dmitriý Iwanowicz Mendeleyew (1834–1907 ý.) tarapyndan *periodik kanunyň* açylmagy bilen itergi aldy. Hakykatdan hem, atomyň gurluşy barada täze çaklamalar döredi. Meselem, inlis himigi we fizigi Uilýam Kruks (1832-1919 ý.), Mendeleyewiň açyşyna daýanyp, *ähli elementler käbir, «protila» diýilýän başlangyç maddanyň kondensasiýasy netijesinde emele gelýärler* diýlen çaklamany aýtdy.

Mendeleyewiň periodik kanunynyň açylmagy Nikolaý Aleksandrowicz Morozowy (1854-1946 ý.) atomyň çylşyrymly gurluşy baradaky garaýşa getirdi. 1886–1905-nji ýyllardaky rewolýusion hereketlere gatnaşanlygy üçin tussag edilen N. Morozow, tussagda wagtynda bu garaýyşy işläp düzdi. Ol özüniň derňewlerini 1907-nji ýylda, tussaglykdan çykandan soň çap etdi. *Morozowa görä himiki elementleriň ähli atomlary baş sany esasy bölejiklerden: atom agyrlyklary 1,2,4 bolan üç sany bölejiklerden (wodoroddan, protogeliden we arhoniýadan) we elektrigiň iki bölejiginden: otrisatel – «katodiden» hem-de položitel – «anodiden» ybarat*. Onuň nazaryýetine görä ähli himiki elementler häzirki wagtda aýdylyşy ýaly, elementar bölejikleriň birleşmesidir.

Morozow himiýa we fizika degişli birnäçe açyşlary önünden aýtdy. Ýagny, onuň «*katodiýsinde*» elektronyň şekilini görmezlik mümkin däl (elektronyň açylyandygyny ol tussaglykda bolandygy sebäpli bilmeýärdi). 1880-nji ýylda Moskwa uniwersitetiniň professory Boris Nikolaýewicz Çiçerin (1828–1904 ý.) hem Mendeleyewiň açyşynyň esasynda atomyň gurluşynyň nazaryýetini döretmäge synanyşdy. *Mendeleyewiň periodiki kanuny* nukdaýnazaryndan elementleriň häsiýetlerini derňäp, ol atomyň gurluşynyň çylşyrymly gurluşy baradaky çaklamany öňe sürdi. Çiçerine görä atomyň gurluşy Gün ulgamyna meňzeş. Atom daşynda periferiki (uzakda ýerleşen) massalar aýlanýan merkezi massadan – ýadrodan ybaratdyr; massalar bilen

ýadronyň arasynda, dartuw güýjüne meňzeş, dartyлма güýçleri täsir edýärler. Çi-çerin şeýle ýazýar: «*Şeýlelikde, her bir atom merkezi massaly we daşyndan jisimler aýlanyňan tükeniksiz kiçi Gün ulgamyna meňzeşdir*».

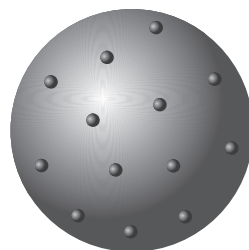
Ýöne, atomyň gulusynyň nazaryýeti diňe elektron we radioaktiwlik açylan-dan soň hakyky ösüş ýoluna düşdi. Radioaktiw dargamada zaryadlanan bölejik-ler uçup çykýarlar. Emma atom adaty ýagdaýda elektrik taýdan bitarap, diýmek, atomda zaryady ters belgili bolan beýleki bölejikler hem bolmaly. Bu bolsa atomyň çylşyrymly gurluşynyň bardygyna we atomy içki gurluşy bolmadyk bölejik diýip hasap etmeli dældigine şaýatlyk edýärdi.

J.J. Tomson elektrony açyp, maddanyň gurluşynda bu «*korpuskulyň*» ähmiýe-ti barada pikir etmän bilmezdi. Ol indi elektronlar baradaky garaýyşlary ulanyp, atomyň nusgasyny (modelini) gurmak barada synanyşmak gerek diýip hasap edýär-di. *Atomyň ilkinji şeýle modelini J.J. Tomson 1899-njy ýylda hödürledi: bitarap atom otrisatel zaryady «elektronlaryň otrisatel zaryadlarynyň jemine deň bolan položitel elektrik zaryady bolan nämendir bir zat bilen» kompensirlenýän köpsanly elektronlardan ybaratdyr.* Başgaça aýdanymyzda, bu modele görä «*Atom diňe elek-tronlardan ybarat bolman, ol ýene-de, heniz takyk kesgitlenmedik, atomyň merkezi bolup hyzmat edýän «bir zatdan» ybarat*».

Aslynda dogry bolan bu garaýyş heniz doly däl-di. Täze açyşlaryň esasynda ilkinji çaklama, atomyň ilkinji nusgasy (modeli) Jozef Jon Tomson (1856–1940 ý.) we oňa bagly bolmazdan U. Tomson (Lord Kelwin) (1824–1907 ý.) tara-pyndan işlenip düzüldi. Has gutarnykly görnüşinde bu mo-del J.J. Tomson tarapyndan onuň «*Elektrik we materiýa*» kitabynda 1903-nji ýylda beýan edildi. Bu modele atomyň gurluşynyň «*damja*» nusgasy (modeli) ýa-da «*kişmişli pu-ding modeli*» (*Plum puding model*) hem diýýärler (*142-nji surat*). Bu modele görä, atom içinde otrisatel zaryadlanan bölejikler «*ýüzýän*», položitel zaryadlanan sfera görnüşinde-dir. Atomdaky otrisatel zaryadlanan elektronlar pudingdäki (tүwüden, tworogdan, miwelerden we ş.m. taýýarlanyp bişirilýän tagam) kişmişler ýaly, sferanyň üstünde tegmil-tegmil bolup ýerleşýärler, ýagny awtoryň aýdyşy ýaly «*Otrisatel zaryadla-nan korpuskullar (elektronlar) položitel zaryadlanan sferanyň içinde kesgitli tertip bilen ýerleşýärler*».

Daşky güýçleriň täsiri netijesinde elektronlar deňagramlylyk ýagdaýyndan çykarylsa, onda elektronlar *kwazimaýyşgak güýçleriň* täsiri netijesinde üznüksiz yrgyldyly hereket ýagdaýynda bolýarlar. Bu yrgyldylaryň netijesinde atom töwere-gindäki giňişlige elektromagnit energiýany şöhlendirip başlaýar.

J.J. Tomsona görä elektronlaryň yrgyldylarynyň ýygylgy sferanyň radiusy, elektronyň zaryady we massasy bilen kesgitlenýär hem-de atomyň spektral çyzyk-



*142-nji surat.*  
J.J. Tomsonyň hödürleşen  
atom modeli



lary bilen gabat gelýär. Emma ol spektral kanunalaýyklyklary düşündirip bilmedi. Metallaryň atomlary daşky elektronlaryny ýeňil ýitirýärler we netijede olar geçirijilik elektronlary bolýarlar diýip hasap edip, J. Tomson *metallaryň geçirijiligini* hem düşündirdi.

J.J. Tomsonyň hasaplamalaryna görä köp elektronly atomlarda elektron durnukly konfigurasiýalar boýunça ýerleşýär. Oňa görä, atomyň durnukly halynda ondaky elektronlar her bir gatlakda kesgitli elektronlary bolan konsentrik gatlaklar boýunça ýerleşmeli. J.J. Tomsona görä, bu konfigurasiýalaryň her haýsysy atomlaryň himiki häsiýetlerini kesgitleýär. J.J. Tomson, hatda, *Mendeleyewiň elementleriň periodik ulgamyny* hem nazary düşündirmäge synanyşdy. Öňe gidip aýtsak, N. Bor J.J. Tomsonyň nazaryýetiniň tejribe bilen ylalaşmaýandygyny belledi.

J.J. Tomson radioaktiw hadysany hem düşündirmäge synanyşdy, ýagny radioaktiw elementleriň atomlaryna örän köpsanly elektronlary saklaýan atomlar hökmünde seretdi. Oňa görä, radioaktiw atomlarda şöhlelenme netijesinde elektronlaryň tizligi ýuwaş-ýuwaşdan kemelýär we käbir çäk baha ýetende, atomlar şöhlelenmä energiýalaryny sarp edýändigleri sebäpli durnuksyz bolýarlar we dargaýarlar (şunlukda energiýa bölünip çykýar, ýagny atomyň ýarylması bolup geçýär). Netijede, bölejikler zyňylýarlar we atomyň täze gurluşy emele gelýär.

J.J. Tomsonyň çaklamasy şol döwürde belli bolan köpsanly maglumatlary: metallar gyzdyrylanda erkin elektronlaryň döreýşini, katod şöhleleriniň döreýşini we radioaktiw dargama bilen baglanyşykly bolan käbir maglumatlary:  $\alpha$  – dargamada  $\alpha$  – bölejik görnüşündäki položitel zarýadlanan suwuklyk «*damjasynyň*» uçup çykmagyny we  $\beta$  – dargamada elektronyň uçup çykmagyny düşündirdi. Şol sebäpli käbir wagtyň dowamynda J.J. Tomsonyň modeliniň tarapdarlary köp boldy.

Emma tiz wagtdan J.J. Tomsonyň modeliniň çäkliligi ýüze çykarylan hem bolsa, bu model atomyň gurluşynyň nazaryýetinde oňyn ähmiýete eýe boldy. J.J. Tomsonyň nazaryýetinden birnäçe garaýyşlar, ilkinji nobatda atomda elektronlaryň gatlaklar boýunça ýerleşiş baradaky we onuň esasynda elementleriň periodik ulgamyny düşündirmek garaýyşy alyndy. Bu barada N. Bor şeýle ýazdy: «... J.J. Tomsonyň atomda položitel zarýadyň paýlanyşy baradaky çaklamasy radioaktiw maddalary öwrenmeklik esasynda alnan tejribe maglumatlary bilen ylalaşmady. Emma muňa garamazdan bu iş köp täsin garaýyşlary özünde saklaýar we atom nazaryýetiniň soňky ösüşlerine uly täsirini ýetirdi».

Şeýlelikde, XX asyryň başynda atom antik alymlarynyň pikir edişleri ýaly hyýaly (gipotetik) bölejik bolman, nazary we tejribe derňewleriň hakyky iş ýeri hökmünde ýüze çykdy. Atomyň bölünmeýän bölejik dældigi belli boldy.

1904-nji ýylda ýapon fizigi Hantaro Nagaoka atomyň planetar modelini hödürledi. H. Nagaoka Saturn planetasynyň halkalarynyň durnuklylygy barada Makswelliň derňewlerinden ugur alyp, atomyň gurluşy Gün ulgamynyň gurluşyna meňzeş diýip hasap etdi. Günün işini atomyň položitel zarýadlanan bölegi ýerine

ýetirýär, onuň daşynda kesgitli halka görnüşli orbitalar boýunça «planetalar» – elektronlar hereket edýärler. Ujypsyz üýtgemeler netijesinde elektronlar elektromagnet tolkunlaryny oýandyrýarlar. Nagaokiniň hasaplamalaryna görä bu oýandyrýlan tolkunlaryň peridy käbir elementleriň spektral çyzyklarynyň ýygylgy bilen bir tertipedir. Onuň modeli käbir kesgitli derejede Rezerfordyň planetar modeliniň öň ýanyndaky model bolsa hem, alymlar Hantaro Nagaokiniň modeline üns bermediler.

**Hantaro Nagaoka (1865–1950 ý.)** – ýapon fizigi (143-nji surat), ýapon fizikasyny esaslandyryjylaryň biri we ylmy mekdebi esaslandyryjy. Ýapon Ylymlar akademiýasynyň agzasy we prezidenti (1939–1948 ý.), Nagasaki şäherinde (Ýaponiýa) eneden doguldy. Tokiýo uniwersitetini tamamlady (1887 ý.) we şol ýerde 1926-njy ýyla çenli işledi (1896-njy ýyldan başlap professor, 1916-njy ýyldan başlap uniwersitetiň ýanyndaky fizika Institutynyň direktory). 1920–1939-njy ýyllar aralygynda Ýaponiýanyň Milli barlag sowetiniň fizika bölümine ýolbaşçylyk etdi. 1931–1934-nji ýyllarda Osaka uniwersitetiniň prezidenti boldy. Öňki SSSR Ylymlar akademiýasynyň daşary ýurtly agzasy (1930 ý.). Ylmy işleri elektrige, magnetizme, atom we ýadro fizikasyna, spektroskopiýa, matematiki fizika, geofizika bagyşlanandyr.



143-nji surat. Hantaro Nagaoka

1905-nji ýylda Wilgelm Win (1864–1928 ý.) Mýunhende nemes tebigaty öwrenijileriň we lukmanlaryň 77-nji gurultaýynda eden çykyşynda atomyň planetar modeli barada durup geçdi we elektron nazaryýeti nukdaýnazaryndan atomlaryň çyzykly spektrlerini düşündirmegiň kyndygy barada aýtdy. Aslynda Win planetar modele garşy boldy, sebäbi bu model boýunça gurlan atom elektronlaryň şöhlelenmekleri we energiýalaryny çalt ýitirmekleri sebäpli, durnukly bolmaýar. Ol şeýle diýdi: «*Her atoma položitel zarýadlanan merkezli we daşynda planetalar ýaly elektronlar aýlanýan ulgam hökmünde düşünmek örän ýeňil bolardy. Ýöne, şeýle ulgam elektronlaryň energiýany şöhlelendirýändigini üçin durnukly bolup bilmez. Şoňa görä-de, şeýle garaýyş köp şübhe döredýän hem bolsa biz elektronlary oňnositel dynçlykda ýa-da kiçi tizliklerde bolýan ulgama ýüz tutmaga mejbur bolýarys*». Şeýle statik model J.J.Tomsonyň «damja» modelidi («Tomsonyň atomy»). Winiň görkezzen sebäplerine görä bu model hemmeler tarapyndan kabul edilipdi.

Atomyň planetar modeli barada Anri Puankare (1854–1912 ý.) we Jan Batist Perren (1870–1942 ý.) hem aýdypdy. Ýöne bu model, Winiň belleýşine görä, geçip bolmaýan päsgelçilige sezewar boldy we şol sebäpli özüniň ornuny J.J.Tomsonyň modeline berdi. «Damja» modeli Rezerfordyň planetar modeli döreýänçä we Boruň atom modeline çenli saklandy.

Emma tiz wagtdan täze tejribe maglumatlary J.J.Tomsonyň modelini inkär etdiler we planetar modeli ykrar edildi.

1904-nji ýylda planetar modelniň tassyklanmagyna getiren derňewler başlandy. Uilýam Bregg (1862-1942 ý., Awstriýa) alfa-bölejikleriň maddadan geçişini öwrenip, olaryň maddada kesgitli gönüçyzykly aralygy – *ylgaw ýolunyň uzynlygyny* geçip ýuwdulýandyklaryny kesgitledi. 1909-njy ýylda E.Rezerford we J.Roýdis Mançesterde geçiren tejribelerinde alfa-bölejikleriň geliniň iki gezek ionlaşan (ýagny iki elektronyny ýitiren) atomlarydygyny subut etdiler. Emma fizikler muňa diňe Mançesterde soňky geçirilen tejribelerden soň ynandylar. Ýadro fizikasynyň döremeginde we ösmeginde geliniň atomynyň ýadrosynyň – *alfa-bölejigiň* ähmiýeti örän uludyr.

Atomda položitel we otrisatel zarýadlanan bölejikleriň paýlanyşyny derňemeklige J.J. Tomsonyň okuwçylarynyň biri E. Rezerford hem synanyşdy.

1909-njy ýylda E. Rezerford alfa-bölejikleriň maddadan pytramasyny öwrenmekligi Gans Wilgelm Geýgere we Ernest Marsdene (1889–1970 ý.) tabşyrýar.



144-nji surat. Gans  
Wilgelm Geýger

**Gans Wilgelm Geýger (1882–1945 ý.)** – nemes fizigi (144-nji surat), Mançester uniwersitetiniň fizika barlaghanasynyň ylmy işgäri. Ol Noýştadt şäherinde (Germaniýa) doguldy. Rezerfordyň aspiranty Ernest Marsden bilen alfa-bölejikleriň pytramasy boýunça geçiren tejribelerinden başga-da, Geýger bölejikleriň gaz zarýadsyzlandyrjy sanaýjysyny (*Geýger-Mýulleriň sanaýjysy*) oýlap tapyjy (1908 ý.) hökmünde hem bellidir. Geýger J. Nettol bilen bilelikde alfa-radioaktiw ýadrolaryň ýarymdargama periody bilen uçup çykýan alfa-bölejikleriň energiýasynyň arasyndaky baglanyşyk kanunyny (*Geýger-Nettolýň kanuny*) döretdi (1911 ý.).

145-nji suratda alfa-bölejikleriň maddadan pytramasyny öwrenmeklige degişli tejribe desgasynyň she-masy görkezilen. Gurşun gutuda 1 ýerleşdirilen radioaktiw çeşmeden goýberilýän alfa-bölejikler kollimirlenen (göni ugrukdyrylan) şöhle goýberýän ýşyndan ge-çip, galyňlygy  $\sim 0,1$  mikron bolan altyn folganyň 2 üstüne düşýärler. Folgadan göni çyzyk boýunça we käbir burça gysarýan alfa-bölejikler kükürtli zink ( $ZnS$ ) çäýylan, flýuoressirlenýän ekrana 3 düşýärler. Kameranyň 5 hereket edýän bölegi daýanç 6 bilen wertikal okuň daşynda aýlanyp bilýär. Koniki birikme 7 kamera aýlananda onuň germetikligini üpjün edýär. Kameranyň aýlanma burçy 8 hasap şkalasy bilen kesgitlenýär. Kameranyň içinde döredilýän wakuum turbanyň 9 üsti bilen sorujy arkaly amala aşyrylýar. Tejribede  $\alpha$  - bölejikleriň çeşmesi hökmünde ýarymdargama periody  $T_{1/2}=3,82$  gün bolan radon  ${}_{86}Rn^{222}$  ulanyldy.  $\alpha$  - bölejikleriň energiýasy –  $5,49 MeV$  boldy.

3 ekrana düşýän bölejikleriň ýylpyldylaryny 50 esse ulaldýan 4 mikroskop bilen görüp bolýar. Olaryň hasaplamalaryna görä bir sekundyň dowamynda 0,001 gram radiden 130 müň alfa - bölejik uçup çykýar. Tejribede  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $20^\circ$ , ... burçlara gyşarýan bölejikleriň sany kesgitlendi. Emma alfa-bölejikleriň örän az mukdarynyň (8000 bölejikden birisi)  $90^\circ$  we ondan hem uly burçlara, käbirleriniň bolsa  $180^\circ$  burça serpigýändikleri görüldi. Şeýle agyr bölejigiň uly burça gyşarmagy, Rezerfordyň aýdyşyna görä, okuň papiros kagyzyndan yzyna serpigishi ýaly, akyla sygmajak zatdy. Tejribede alnan maglumatlary düşündirmek gerekdi. Alnan maglumatlar Rezerford tarapyndan hödürlenen atomyň modeli bilen düşündirildi. Alfa-bölejikleri göni çyzykly ýaýraýan ugrundan gyşardýan bölejikleriň elektronlar bolmagy mümkin däl, sebäbi elektronlaryň massasy  $\alpha$  - bölejikleriň massasyndan 7360 esse kiçidir.

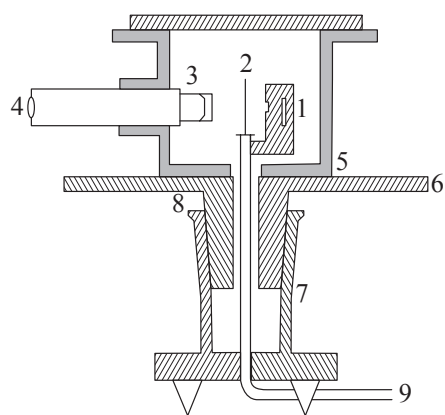
$\alpha$ -bölejikleriň pytramagy we olaryň yzyna serpikmegi atomyň düzüminde massiw bölejigiň bardygyna şaýatlyk edýär. Rezerford ony biologiýada kabul edilen we janly öýjügiň merkezi bölegini aňladýan adalga meňzeşlikde, *ýadro* (*nucleus*) diýip atlandyrdy. Rezerfordyň hasaplamalaryna görä ýadronyň ölçegi  $10^{-15} \div 10^{-14} m$  tertipde bolmaly. Bu *atomyň planetar nusgasynyň (modeliniň)* tas-syklanamasy boldy (1911 ý.). Rezerford  $\alpha$ -bölejikleriň ýadrodan serpikme ähtimallygyny hasaplady we bu ähtimallygyň atomyň konsentrasiýasyna, plastinanyň galyňlygyna aşakdaky formula bilen aňladylýan  $b^2$  ululyga proporsionaldygyny görkezdi:

$$b^2 = \frac{2NeE}{m\vartheta^2},$$

bu ýerde  $Ne$  – atomyň merkezindäki zarýad;  $E$  – serpigýän bölejigiň zarýady;  $m$  – onuň massasy;  $\vartheta$  – onuň tizligi.

Ondan başga-da, bu ähtimallyk pytrama  $\theta$  burçuna proporsionaldyr. Onda meýdan birligine degişli pytran bölejikleriň sany  $\text{cosec}^4 \frac{\theta}{2}$  bagly bolar. Bu belli «*kosekans kanuny*» Geýger tarapyndan tejribede barlanyldy we tassyklanyldy.

1911-nji ýylyň maý aýynda Londonyň Korollyk jemgyýetiniň «*Filosofik žurnalynda*» Rezerfordyň «*Maddada  $\alpha$ - we  $\beta$ -radiasiýalaryň pytramagy we atomyň gurluşy*» atly makalasy çap edildi. Bu iş atomyň täze planetar modeliniň döredilendigini habar berýärdi.



145-nji surat. Rezerfordyň desgasynyň shemasy

*Planetar modele görä atomyň gurluşy Gün ulgamynyň gurluşyna meňzeş: merkezde ýerleşen agyr ýadronyň daşynda otrisatel zarýadlanan elektronlar tegelek orbitalar boýunça aýlanýarlar.*

Planetar modeliniň ulanyş çägi juda çäklidi. Muňa Rezerfordyň özi hem, beýleki alymlar hem düşünyärdiler, sebäbi elektrodinamiki nazaryýeti nukdaýnazaryndan planetar nusga durnukly däl: käbir merkeze ymtylýan tizlenme bilen ýadronyň daşynda aýlanýan elektron elektromagnit tolkunlarynyň çeşmesi bolup hyzmat edýär. Atomyň ýadrosynyň daşynda aýlanma ýygylýgyna deň bolan ýygylýkda tolkunlaryň şöhlendirip, elektronlar energiýalaryny, ýagny, tizliklerini ýitirip, ýuwaş-ýuwaşdan ýadro golaýlaşýarlar we  $10^{-8}$  sekuntadan soň, ýadro gaçarlar. Şunlukda, atom ýok bolar. Emma hakykatda şeýle hadysalar bolup geçmeýär, atomlar durnukly we olaryň bitaraplygy bozulmaýar.

Rezerford atomyň şeýle täsin häsiýetini ähtimallyk häsiýetleriň ýüze çykmagynda diýip düşündi. Ähtimallyklar nazaryýetinde ol güýçli däl. Şeýlelikde, Nobel baýragynyň eýesi Rezerford iki ýylyň dowamynda matematik G. Lembiň ähtimallyk nazaryýeti boýunça okan leksiýalaryna gatnady. Emma ähtimallyklar nazaryýetini öwrenmekligi, onuň planetar nusgasyny halas etmedi. Atomyň planetar nusgasyny düşündirip biljek täze nazaryýete garaşmakdan başga çykalga ýokdy.

Rezerfordyň nusgasyna planetar nusga diýilýär, sebäbi ilkinji garaýyşda atomyň gurluşy edil Gün ulgamynyň gurluşyna örän meňzeş. Emma onuň derňewleri bu tassyklamanyň nädogrudygyny subut etdi. Dartyлма güýçleri bilen baglanyşykly planetalaryň tersine, elektronlar biri-birlerini itekleşýärler. Günün daşky planetalara täsiri, içki planetalar tarapyndan dartyлма bilen güýçlenýär. Atomda bolsa tersine, içki elektronlar ýadrony daşky täsirlerden gorap (ekranirläp), ýadronyň daşky elektronlara täsirini gowşadýarlar.

Planetalaryň massalary birmeňzeş däl, emma elektronlaryň massalary we zarýadlary birmeňzeş. Esasy tapawut çuň we wajypdyr, ýagny atom planetalar ulgamyna mahsus bolmadyk örän durnukly häsiýete eýedir. Bu hakykatdan hem şeýledir we atomlar oýandyrylmadyk ýagdaýynda, elektromagnit tolkunlaryny şöhlendirmän çäksiz wagt bolup bilýärler.

Umuman, atomyň planetar nusgasy bilen nusgawy elektrodinamikanyň arasyndaky gapma-garşylygy, XX asyryň iň görnükli fizikleriniň biri bolan Rezerford aýryp bilmedi. Atom ölçeglerindäki hadysalara nusgawy fizikanyň kanunlaryny ulanyp bolmady.

Planetar nusganyň esasynda golland alymy Antonius Wan den Bruk (1870–1926 ý.) 1911-nji ýylda, atomyň planetar nusgasy döredilenden bir aýdan soň, *elementiň periodik ulgamdaky tertip belgisi, san taýdan atomdaky elektronlaryň sanyna we netijede atomyň ýadrosynyň položitel zarýadyna (elementar zarýadyň birliginde, ýagny elektronuň zarýadyna) deňdir*, diýlen çaklamany hödürledi. Bu çaklama Mozli tarapyndan tejribede tassyklandy. Şeýlelikde, elementleriň häsiýet-



leriniň periodik üýtgemekliği atom agyrlygyna bagly bolman, elementiň atom belgisine baglylygy kesgitlendi.

1913-nji ýylda Wan den Bruk atom ýadrolarynyň gurluşynyň *proton-elektron nusgasyny (modelini)* hödürledi. Bu modele görä ýadro protonlardan we aýratyn ýadro elektronlaryndan düzülendir. Wan den Bruka görä, ýadro elektronlary radio-aktiw elementleriň ýadrolary tarapyndan beta-şöhleleri görnüşinde goýberilýärler. Ýadronyň proton-elektron çaklamasy 1932-nji ýyla çenli hemmeler tarapyndan makkullandy.

Öňe gidip aýtsak, Rezerfordyň okuwçysy we işgäri Jeýmis Çedwik (1891–1974 ý.) tarapyndan 1932-nji ýylda neýtron açylandan soň nemes fizigi W.K. Geýzenberg we oňa bagly bolmazdan rus fizigi D.D. Iwanenko (1904–1994 ý.) *ýadronyň protonlardan we neýtronlardan ybarat bolan modelini* hödürlediler.

## 18.6. Boruň atom nazaryýeti

Atomyň planetar nusgasy baradaky garaýyş bilen nusgawy elektrodinamikanyň arasyndaky gapma-garşylygy täze fizikany döredijileriň biri N. Bor çözdü.

**Nils Hendrik Dawid Bor (1885–1962 ý.),** daniýaly fizik (*146-njy surat*). Ol Kopengagen uniwersitetiniň professorynyň maşgalasynda doguldy. Mekdepde ol fizika, matematika we filosofiýa bilen içgin gyzyklanydyr. 1903-nji ýylda ol Kopengagen uniwersitetine okuwa girdi. Talyp döwründe Boruň fizikada üst dartylmasy boýunça ýerine ýetiren ylmy işi bäsleşikde ýeňiji bolýar we Daniýa Ylymlar akademiýasynyň altyn medalyna mynasyp bolýar. 1909-njy ýylda onuň bu işi Londonyň Korollyk jemgyýetiniň işlerinde çap edilýär. 1909-njy ýylda Bor magistr derejesini alýar.



146-njy surat. Nils  
Hendrik Dawid Bor

1911-nji ýylyň başynda N. Bor «*Metallaryň elektron nazaryýetiniň derňewi*» temasy boýunça doktorlyk dissertasiýasyny goraýar we şol ýylyň sentýabr aýynda Angliýanyň Kembriž uniwersitetine, J.J. Tomsonyň ýanyna işlemäge geçýär. 1912-nji ýylyň mart aýyndan başlap N. Bor Mançesterde Rezerfordyň ýanynda işleýär. 1916-njy ýylda ol Kopengagen uniwersitetinde nazary fizikanyň professory bolýar, bu ýerde N. Bor nazary fizika institutyny döredýär. 1922-nji ýylda N. Bora «*atomyň gurluşyny öwrenmekde bitiren hyzmatlary üçin*» fizika boýunça Nobel baýragy berildi.

1939-njy ýylda ilkinji jahan urşy başlandy we 1940-njy ýylda Daniýa gitler Germaniýasy tarapyndan basylyp alyndy. Bu döwürde ýadronyň bölünişiniň zynjyrlý reaksiýasyny amala aşyrmagyň üstünde işlenilýärdi. 1942-nji ýylda ABŞ-da Ferminiň ýolbaşçylygynda ilkinji reaktor gurlupdy. Atom bombasyny döretmek boýunça işler güýçli depginde alnyp barylýardy. Boruň Daniýada galmagy howp-

ly bolup başlady. Bor maşgalasy bilen Şwesiýa gaçýar. Şol ýerden 1943-nji ýylyň 6-njy oktýabrynda Bory ogly Ore bilen, iňlis harby uçarynyň bomba goýulýan boş bölümüne ýerleşdirip, Angliýa geçirýärler. Soňra Bor ABŞ-a gidýär we Los-Anjelesde Nikolas Beýkeriň ady bilen atom bombasyny döretmek boýunça işlere gatnaşýar. 1945-nji ýylyň awgustynda Bor Daniýa dolanyp gelýär. Bütün dünýä Hirosima we Nagasaki şäherlerini weýran eden atom bombasy barada bilýärdi. Şu pursatdan başlap we ömrüniň ahyryna çenli atom urşunyň öňüni almak baradaky mesele hakynda Bor gyzyklanyp geldi. Ol atom energiýasyny parahatçylyk maksatlary üçin ulanmak boýunça ilkinji Zenewa maslahatyna gatnaşdy. 1957-nji ýylda N. Bora «*Atom parahatçylyk üçin*» atly ilkinji baýrak berildi.

1961-nji ýylda Bor öňki SSSR-e geldi. Ol Dubna şäherindäki Ýadro barlaglarynyň Birleşen institutyna, öňki SSSR Ylymlar akademiýasynyň Fizika institutyna, Moskwa döwlet uniwersitetine we Tbilisi döwlet uniwersitetine bardy, olaryň işgärleri bilen duşuşdy.

Uzyn boýly, degişgen Bor özüniň dostanalygy we myhmansöýerligi bilen bellidi. Ol gürrüňsiz beýik ylmy akyldarlaryň biridi. N. Bor özüniň nazaryýetinde örän uly ussatlyk bilen Rezerfordyň atomyň planetar nusgasyny, atom spektrlerindäki empirik tapylan kanunalaýyklyklary we şöhlenenme baradaky kwant garaýyşlary birleşdirdi.

Bor edil J.J. Tomson ýaly, atomyň fiziki we himiki häsiýetlerini düşündirer ýaly, atomda elektronlaryň paýlanyşyny gözleýärdi. Emma Bor esas hökmünde Rezerfordyň nusgasyny aldy. Bu atomyň köp häsiýetleri oňa bellidi, emma iki aýratynlyk: nusgawy elektrodinamika bilen ylalaşmaýan atomyň durnuklylygy we spektrleriň döreýşi düşnüksiz bolup galýardy.

Çyzyklaryň seriýalaryndan ybarat bolan spektrler, gürrüňsiz, atomyň himiki häsiýetleri bilen baglanyşyklydyr.

Şweýsar fizigi Iogann Balmer (1825–1898 ý.) 1885-nji ýylda wodorodyň dört sany  $H_\alpha$ ,  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$ ,  $H_0$  çyzyklarynyň tolkun uzynlyklaryny

$$\lambda = 3645,6 \frac{m^2}{m^2 - 4} \quad (m = 3, 4, 5, 6, \dots)$$

formula (*Balmeriň formulasy*) bilen hasaplap bolýandygyny empirik usul bilen tapdy. Bu formula wodorod atomynyň spektral seriýasynyň (*Balmeriň seriýasynyň*) göze görünýän bölegindäki çyzyklaryň tolkun uzynlygyny hasaplamaga mümkinçilik berýär. 1889-1890-njy ýyllarda şwed fizigi Ýohannes Robert Ridberg (1854–1919 ý.) *Balmeriň formulasyny* umumylaşdyrdy we bu formulany wodorod atomynyň elektromagnit şöhlenenmesiniň spektrniň ähli çägi, ýagny ultramelewşe we infragyzyň çägi üçin hem ulandy. Ý. Ridberg uniwersal hemişeligi (*Ridbergiň hemişeligi*) girizdi we himiki elementiň islendik seriýasy üçin aňlatmany tapdy. Netijede, spektroskopiiýanyň esasy kanuny (*Ritsiň kombinasion prinsipi*) kesgitlen-

di: *Her seriýanyň çyzyklarynyň ýygylgy iki sany agzanyň – termliň tapawudy görnüşinde aşakdaky ýaly aňladylyp bilner:*

$$\nu = T' - T'',$$

bu ýerde  $\nu$  – spektral çyzyklaryň ýygylgy;  $T' - T''$  - berlen himiki elementi häsiýetlendirýän iki spektral *term* (*seriýanyň araçäğine degişli bolan ýygylgy*) diýilýär.

N. Bor bu formulany nazary getirip çykardy. Şeýlelikde, N. Bora spektroskopianyň bu esasy kanunyny düşündirmek başartdy. Ol *Ridbergiň hemişeligini* fundamental ululyklaryň (elektronyň zarýady we massasy, ýagtylygyň tizligi we Plankyň hemişeligi) üsti bilen aňlatdy we ony hasaplady. Emma munuň üçin Bor atom fizikasyna, nusgawy fizika ýat bolan düşüňjeleri girizmeli boldy.

N. Bor Rezerfordyň planetar modelindäki gapma-garşylyklary nusgawy fizikanyň çäklerinde çözüp bolmajakdygyna düşünyärdi. Ol atomyň planetar modeline Plankyň we Eýnşteýniň kwant garaýyşlaryny ulanmaklygy maksat edindi. N. Bor «*Atomlaryň we molekulalaryň gurluşy barada*» makalasynda (1913 ý.) bir wagtyň özünde nusgawy mehanikany we şöhlelenmäniň kwant nazaryýetini ulandy we özüniň belli *postulatlaryny* hödürledi:

- *1-nji postulat (durnukly (stasionar) hallar baradaky postulat):*

*Atom diňe içki hereketiniň kesgitli hallarynda bolup bilýär. Bu hallara durnukly (stasionar) hallar diýilýär. Atom stasionar halda energiýany şöhlendirmeyär we ýuwutmaýar.*

Bu stasionar hallara elektronlaryň hereket edýän käbir stasionar orbitalary degişlidir. Elektronlar stasionar orbitalarda hereket edenlerinde, olaryň tizlenmeleriniň barlygyna seretmezden, elektromagnit tolkunlaryny şöhlendirmeyärler. Atomlar stasionar hallarda  $E_1, E_2, \dots E_n$  kesgitli (diskret) hatary emele getirýän energiýalara eýedirler.

2-nji postulat «*Nähili orbitalara durnukly (stasionar) orbitalar diýlip aydylyar?*» diýlen soraga jogap berýär.

- *2-nji postulat (orbitalary kwantlama düzgüni):*

*Elektronyň hereket mukdarynyň (impuls) momentiniň Plankyň  $\hbar$  hemişeliginiň bitin sanyna deň bolup hereket edýän orbitalaryna durnukly (stasionar) orbitalar diýilýär, ýagny:*

$$m_e \vartheta \cdot r = n \frac{h}{2\pi} = n\hbar,$$

bu ýerde  $m_e$  – elektronyň massasy;  $\vartheta$  – onuň tizligi;  $r$  – tegelek orbitanyň radiusy;  $n=1, 2, 3, \dots$  – orbitanyň san belgisini görkezýän bitin san,  $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,054 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{c}$  –

Plankyň hemişeligi. Başgaça aýdanymyzda, elektron stasionar halda tegelek orbita boýunça hereket edende, onuň impuls momenti kesgitli (diskret) bahalara eýe bolmalydyr.

- 3-nji postulat (ýygýlyklar düzgüni):

*Atom bir durnukly (stasionar) haldan beýlekä geçende energiýanyň bir kwanty şöhlelendirilýär ýa-da ýuwudylýar:*

$$h\nu = E_n - E_m,$$

bu ýerde  $E_n$  we  $E_m$  – atomyň başlangyç we ahyrky stasionar hallardaky energiýalary.

Atom energiýasy uly haldan energiýasy kiçi hala geçende şöhlelenýär. Bu ýagdaý elektron ýadrodan has uzakda ýerleşen orbitadan ýadro golaý ýerleşen orbita geçende ýüze çykýar.

Atom energiýasy kiçi haldan energiýasy uly hala geçende energiýany ýuwudýar. Bu ýagdaý elektron ýadro golaý ýerleşen orbitadan, ýadrodan has uzakda ýerleşen orbita geçende ýüze çykýar.

Şeýlelikde, N. Bor atomyň energiýany şöhlelendirmegi we ýuwutmagy baradaky kwant düşüňjesine esaslanyp, atomyň durnuklylygyny we atom spektrlerindäki kanunalaýyklyklary düşündirdi.

*Boruň postulatlary* wodorod we wodoroda meňzeş atomlaryň spektral kanunalaýyklyklaryny düşündirmäge mümkinçilik berdi. *Wodoroda meňzeş ion (wodoroda izoelektron ion)*, bu –  $+Ze$  ( $Z$  – bitin san) zarýady bolan ýadrodan we bir elektrondan ybarat bolan ulgamdyr. Başgaça aýdanymyzda wodoroda meňzeş atom, bu – bir elektronyndan başga ähli elektrony goparylan,  $Z$  tertip belgili atomdyr.  $Z = 1$  bolanda bu ulgam wodorod atomyny,  $Z = 2$  bolanda bu ulgam geliniň bir gezek ionlaşan atomyny ( $He^+$ ),  $Z = 3$  bolanda litiniň iki gezek ionlaşan atomyny ( $Li^{++}$ ),  $Z = 4$  bolanda berilliniň üç gezek ionlaşan atomyny ( $Be^{+++}$ ) aňladýar.

Wodorod atomynyň şöhlelenme spektri çyzyklydyr. Bor wodorod atomynyň nazaryýetini işläp düzmek arkaly nazary usul bilen wodorod atomynyň şöhlelenme spektriniň çyzyklarynyň ýygýlygyny hasaplamaga mümkinçilik berýän formulany (*Balmeriň – Ridbergiň formulasyny*) nazary getirip çykardy:

$$\nu = \frac{1}{\lambda} = \frac{m_e Z^2 e^4}{64\pi^3 \varepsilon_0^2 \hbar^3 c} \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad \text{ýa-da} \quad \frac{1}{\lambda} = RZ^2 \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right),$$

bu ýerde  $m_e$  we  $e$  – deňşililikde, elektronyň massasy we zarýady;  $Z$  – elementiň tertip belgisi;  $\varepsilon_0$  – elektrik hemişeligi;  $\hbar$  – Plankyň hemişeligi;  $c$  – ýagtylygyň tizligi;  $R$  – Ridbergiň hemişeligi;  $n$  we  $m$  – baş kwant sanlary, şunlukda  $m > n$ . *Ridbergiň hemişeligi* aşakdaky ýaly kesgitlenýär:

$$R = \frac{m_e e^4}{64\pi^3 \varepsilon_0^2 \hbar^3 \cdot c} \quad \text{ýa-da} \quad R = \frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 \hbar^3 \cdot c}.$$

*Ridbergiň hemişeliginiň* bahalary aşakdaka deňdirler (deňşililikde,  $s^{-1}$ -de we  $m^{-1}$ -de):

$$R = 3,288 \cdot 10^{15} s^{-1} \quad \text{we} \quad R = 10967757,77 m^{-1}.$$

Bu postulatlaryň we Rezerfordyň atom modeliniň kömegi bilen N.Bor şol döwürde belli bolan spektral seriýany (*Balmeriň seriýasyny*, ýagny  $n = 2$  we  $m = 3, 4, 5, \dots$  bolanda), ýagny spektriň göze görünýän böleginde ýerleşen çyzyklaryň döreýşini düşündirmekligi başardy. Olardan başga-da, ol ýene-de, beýleki seriýalaryň bolmalydygyny hem öňünden aýtdy. Bu seriýalar hakykatdan hem soň tapyldy we olar spektriň ultramelewşe böleginde ýerleşen çyzyklar üçin  $n = 1$  we  $m = 2, 3, 4, \dots$  bolanda Teodor *Laymanyň* (1874–1954) *seriýasy* we spektriň unfragyzyl böleginde ýerleşen üç sany seriýalaryň çyzyklary üçin, ýagny  $n = 3$  we  $m = 4, 5, 6, \dots$  bolanda Frederik *Breketiň* (1896–1988) *seriýasy*,  $n = 4$  we  $m = 5, 6, 7, \dots$  bolanda Awgust German *Pfundyň* (1876–1949) *seriýasy*,  $n = 5$  we  $m = 6, 7, 8, \dots$  bolanda Fridrih *Paşeniň* (1865–1947) *seriýasy* diýlip atlandyryldy. Şeýle hem  $\xi$  Gäminiň burny atlandyrylan ýyldyzyň spektrindäki Uilýam Heýuard *Pikkeriň* (1910–2004 ý.) *seriýasy* hem düşündirildi. Ol seriýa ionlaşan geliniň spektrine degişlidir.

Boruň nazaryýeti ýeterlik yzygider we umumy däl. *Bu nazaryýet aşakdaky kemçiliklere eýedir:*

- Diňe wodorod we wodoroda meňzeş atomlar üçin ulanarlyklydy;
- Hat-da, geliniň atomynyň nazaryýetini döretmäge mümkinçilik bermedi;
- Wodorodyň molekulasyndaky ( $H_2$ ) iki atomyň özara täsiriniň sebäbini düşündirip bilmedi;
- Ýagtylygyň dispersiýa hadysasynyň nazaryýetini döretmeklige ýardam edip bilmedi;
- Spektral çyzyklaryň intensiwligini hasaplamaga mümkinçilik bermedi.

Boruň nazaryýetiniň esasy kemçiligi, ol hem, onuň içki logiki gapma-garşylygydyr. Bu nazaryýet yzygiderli nusgawy hem däl, şeýle hem, yzygiderli kwant nazaryýeti hem däl, ýagny bir hadysany (meselem, orbitalaryň radiuslaryny kesgitlemekde) düşündirmek üçin nusgawy mehanikanyň kanunlaryny peýdalanýardy, beýleki hadysalary (meselem, orbitalary kwantlama düzgüninden) düşündirmek üçin bolsa kwant nazaryýetiniň şertlerinden peýdalanýardy.

## 18.7. Kwant mehanikasynyň döremegi. Boruň nazaryýetiniň ösdürilmegi

Soňky işlerinde Bor özüniň nazaryýetini birsydyrgyn takyklady we üstüni ýetirdi. Ol öz nazaryýetini *gabaty gelme prinsipi* (1918 ý.) bilen giňelttdi. Bu prinsip spektral çyzyklaryň intensiwligi we polýarizasiýasy barada netije çykarmaga we *saýlama düzgünini* döretmäge mümkinçilik berdi. *Gabaty gelme prinsipini* şeýle häsiýetlendirmek bolar: *Kwant mehanikasynyň kanunlary kwant sanlarynyň uly bahalarynda nusgawy fizikanyň kanunlaryna geçmelidirler.*

*Gabaty gelme prinsipi* kwant mehanikasyny döretmekde uly ähmiýete eýe boldy. 1925-nji ýylda B. Geýzenberg matrisaly kwant mehanikasyny döredende bu prinsipden ugur aldy.



*Gabat gelme prinsipini* has umumy beýan edeliň: nusgawy nazaryýetiň ösmegi bilen dörän islendik täze, has umumy nazaryýet, nusgawy nazaryýeti doly inkär etmeýär, bu täze nazaryýet, ulanyş araçäklerini görkezip özüne nusgawy nazaryýeti girizýär, şunlukda, kesgitli çäk ýagdaýlarda täze nazaryýet köne nazaryýete geçýär. Meselem,  $g \ll c$  ýagdaýda ýörite görälik nazaryýetiniň kinematiki we dinamiki formulalarynyň deregine Nýutonyň nusgawy mehanikasynyň formulalaryny ulanmak bolýar.

Boruň nazaryýeti atom fizikasynyň ösmeginde uly ädim boldy. Nusgawy fizikanyň kanunlary bilen atomyň içindäki hadysalary düşündirip bolmaýandygy uly aýdyňlyk bilen ýüze çykyp başlady. Şol bir wagtyň özünde wodoroddan soň gelýän geliniň bitarap atomynyň energetik derejelerini gurmak şowsuz boldy. Şol sebäpli Boruň atom nusgasy A. Zommerfeld tarapyndan kämilleşdirildi.



147-nji surat. Arnold  
Iogannes Wilgelm  
Zommerfeld

**Arnold Iogannes Wilgelm Zommerfeld (1868–1951 ý.)** – nesmes fizigi-nazaryýetçisi, matematigi. Ol Kennisberg şäherinde doguldy, Kennisberg uniwersitetini tamamlady, uzak wagtyň dowamynda Mýunhen uniwersitetinde işledi (147-nji surat). Alymyň ylmy işleri atomyň kwant nazaryýetine, spektroskopiiya, metallaryň kwant nazaryýetine, matematiki fizika bagyşlanan. Zommerfeld - nazary fizika boýunça okuw kitaplarynyň awtorydyr, nazary fizika boýunça ilkinji ylmy mekdebi esaslandyryjydyr. W. Geýzenberg, I. Rabi, P. Debaý, H. Bete, W. Gaýtler, L. Brillýuen, F. London we beýlekiler onuň okuwçylarydyr. Zommerfeld Boruň kwantlama düzgünini köp erkinlik derejeleri bolan çylşyrymly ulgamlar üçin ulandy.

*n sana baş kwant sany* diýilýär. Zommerfeld 1915–1916-njy ýyllarda atomlaryň elliptik orbitalarynyň kwant nazaryýetini işläp düzdi. Ol  $l$  orbital we  $m$  kwant sanlaryny ulanyşa girizdi. Bu bolsa  $n$  baş kwant sanynyň şol bir sanyna, giňişlikde dürli hili ýerleşen, şeýlelikde, sferiki atomyň ähli giňişligini doldurýan bir däl-de, birnäçe dürli derejeli süýndürilen (ellipsler görnüşinde) orbitalaryň degişli bolmagyna getirdi.

$n$  baş kwant sanynyň şol bir sanyna degişli bolan ähli orbitalary *elektron gabygy* diýip atlandyryp başladylar. Bu adalga has oňaýly boldy we häzirki wagta çenli hem ulanylýar. Emma orbitalary käbir sebäplere görä, häzirki wagtda örän seýrek ýatlaýarlar (18.8-nji baba seret).

Zommerfeld P. Debaý bilen bilelikde fizika *magnit kwant sanyny* girizdi.

Zommerfeld massanyň tizlige baglylygynyň relýatiwistik üýtgemesini girizip, spektral çyzyklaryň *inçe gurluşynyň nazaryýetini* hem dörettdi. Ol bu hasaplamlaryna *inçe gurluşyň hemişeligi* atly düýpli hemişeligi hem girizdi:

$$\alpha = \frac{2\pi e^2}{hc} = \frac{1}{137},$$

bu ýerde  $e$  – elementar elektrik zaryadynyň moduly;  $c$  – ýagtylygyň wakuumdaky tizligi. Ylmyň soňky ösüşleriniň görkezişine görä, bu ululyk, häzirkî zaman fizikasynyň bir bölümi bolan *kwant elektrodinamikasynda* esasy ululykdyr.

Zommerfeldiň bu işlerinden soň atomyň nazaryýetini *Boruň - Zommerfeldiň nazaryýeti* diýip atlandyrdylar. 1916-njy ýyldan başlap Boruň nazaryýeti köp alymlar tarapyndan ulanylyp başlandy. Meselem, spektral çyzyklaryň magnit we elektrik meýdanlarynda dargamasyny düşündirýän *Zeyemanyň effektiniň we Ştark effektiniň* kwant nazaryýetleri döredildi. 1922-nji ýylda Bor Nobel baýragyny almagy mynasybetli okan leksiýalarynda atom nazaryýetiniň ösüşini, geljegini giňden beýan etdi. Ol himiki elementleriň D.I. Mendeleyew tarapyndan döredilen periodik ulgamyny kwant-mehaniki esaslandyrmaga synanyşdy. *Pauli prinsipi we elektronnyň spini* barada hiç zat bilmän Bor periodik ulgamyň gurluşynyň dogry ýoluny salgy berdi, hat-da, käbir täze elementleri öňünden aýtdy. 1921–1923-nji ýyllarda çap eden ylmy işlerinde özüniň hödürlän atom modeliniň, spektroskopik maglumatlaryň we elementleriň umumy häsiýetleri esasynda elektron orbitalaryň (häzirkî zaman adalgasyňa görä – *gabyklaryň*) doldurylyş shemasyny hödürläp himiki elementleriň D.I. Mendeleyew tarapyndan döredilen periodik ulgamyny düşündirmek Bora başartdy. Periodik ulgamyň bu düşündirilişiniň dogrulygy Dirak Kosteriň (1859–1950 ý.) we Georg Karl fon Heweşiň (1885–1966 ý.) 1992-nji ýylda *gafniý* elementi açmagy bilen tassyklandy.

Bor ilkinji gezek atomyň kwant nazaryýetine rentgen spektrlerine seretmekligi hem goşdy. Bor 1913-nji ýylda şeýle ýazdy: «*Eger haýsy bolsa-da bir daşky täsir, meselem, katod şöhleleri bilen içki halkalaryň elektronlary goparylan bolsa rentgen şöhlelenmesi ulgam kadaly (normal) hala gaýdyp gelende şöhlelenýär*».

*Rentgen şöhleleriniň tolkun häsiýeti* M. Laue tarapyndan kesgittildi we 1912–1913-nji ýyllarda rentgen şöhleleriniň interferensiýasynyň bardygyny subut edildi.

---

**Maks Feliks Teodor fon Laue (1879–1960 ý.)** – nemes alymy (148-nji surat), Berlin uniwersitetini tamamlady, Germaniýanyň dürli uniwersitetlerinde işledi. Alymyň ylmy işleri kristallohimiýa, aşageçirijilige, kristallofizika, kwant nazaryýetine we beýleki ugurlara degişlidir. 1914-nji ýylda Laue «*Kristallarda rentgen şöhleleriniň difraksiýasyny açandygy üçin*» fizika boýunça Nobel baýragyny aldy.

---



148-nji surat. Maks Feliks Teodor fon Laue

1912-nji ýylda M. Laue kristaly rentgen şöhleleri üçin *difraksiýa gözenegi* hökmünde ulanmak baradaky ideýany hödürledi. Onuň bu ideýasyny Walter Fredrih (1883–1968 ý.) we Paul Knipping (1883–1935 ý.) tejribede barladylar. Sink obmankasy (obmanka – başga minerallaryň ýa-da metal magdanlaryň alamatlary özünde bar bolan käbir minerallaryň

adynyň düzümleri), daş duzy we gürşün kristallar bilen geçirilen tejribeler Laueniň çaklamasyny tassyklady. Laueniň, Fredrihiň we Knippingiň işleriniň netijeleri 1912–1913-nji ýyllarda çap edilen «*Rentgen şöhlelerindäki interferensiýa hadysalary*» atly makalalarda beýan edildi.

Fizikanyň taryhynda M. Laue *rentgen şöhleleriniň difraksiýasynyň nazaryýetini* dörediji (1913 ý.) hökmünde bellidir. Onuň bu nazaryýeti tejribede doly tassyklanyldy. Bu açyş diňe bir rentgen şöhleleriniň elektromagnit tebigatynyň bardygyny subut etmän, ol maddanyň gurluşyny derňemekligiň kuwwatly serişdesi bolan *rentgen gurluş derňewi* görnüşinde giňden ulanylyşyny tapdy.

Rentgenskopiýanyň we rentgen gurluş derňewiň esaslaryny Uilýam Genri Bregg (1862–1942 ý.) we onuň ogly Uilýam Laurens Bregg (1890–1971 ý.) döredtiler. U.L. Bregg we rus alymy Georgiý Wiktorowiç Wulf (1863–1971 ý.) tarapyndan rentgen şöhleleriniň tolkun uzynlyklaryny ölçemäge mümkinçilik berýän formula (*Wulf–Breggiň formulasy*) alyndy:

$$2d\sin\varphi = m\lambda,$$

bu ýerde  $d$  – kristalda düwünleriň arasyndaky uzynlyk;  $\varphi$  – typma burçy;  $m$  – serpikmäniň tertibi. Bu formula rentgen şöhlelenmäniň tolkun uzynlygy ( $10^{-8}$  sm) bilen we kristal gözenegiň periodyny baglanyşdyrýar. Bu formulanyň kömegi bilen kesgitli tolkun uzynlykly rentgen şöhlelerini ulanyp maddanyň gurluşyny, şeýle hem belli gurluşly kristaly ulanyp rentgen şöhlelerini öwrenip bolýar. Bu işleri üçin U.G. Bregge we U.L. Bregge 1915-nji ýylda Nobel baýragy berildi.



149-njy surat. Georgiý Wiktorowiç Wulf

**Georgiý Wiktorowiç Wulf (1863–1925 ý.)** – öňki SSSR-iň kristallografi (149-njy surat), öňki SSSR Ylymlar akademiýasynyň habarçy-agzasy. Ol Ukrainada (Nežin ş.) doguldy, Warşawa uniwersitetini tamamlady, Moskwa uniwersitetinde işledi. Alymyň esasy işleri kristallofizika, rentgen şöhlelerine we minerallary öwrenmäge bagyşlanandyr. G.W. Wulf 1913-nji ýylda U.L. Bregge bagly bolmazdan kristaldan rentgen şöhleleriniň iterferension serpikme şertini (*Wulf – Breggiň formulasyny*) getirip çykardy. Wulf Russiýada ilkinji bolup rentgen gurluş derňewlerini yzygiderli geçirip başlady.

1903-nji ýylda iňlis fizigi Çarlz Glower Barkla (1877–1944 ý.) agyr elementler üçin rentgen şöhlelenmesiniň iki düzüjiden: has «*gaty*» ilkinji şöhlelenmeden we dargadyjy madda tarapyndan goýberilýän hem-de diňe onuň üçin häsiýetli bolan, az geçijilik ukyby bolan «*yumşak*» şöhlelenmeden ybaratdygyny görkezdi. Bu şöhlelenmä *häsiýetli (harakteristik) şöhlelenme* diýip at berdiler. Barkla tarapyndan açylan *harakteristik şöhleler* rentgen spektroskopiyada  $K$ ,  $L$ ,  $M$ ,  $N$ ,... harplar bilen belgilenýän seriýalarda ýerleşýän, çyzykly spektri emele getirýärler.

1904-nji ýylda Barkla tejribe arkaly rentgen şöhleleriniň, rentgen turbasynyň anodyna urulýan elektronlaryň sãgindirilmegi (tormozlanmagy) netijesinde döreýän, elektromagnit yrgyldylarydygyny subut etdi. *Rentgen şöhleleriniň* tolkun tebigatyny tassyklaýan bu tolkunlaryň polýarizasiýasy hem ýüze çykarylady. 1917-nji ýylda Barkla «*elementleriň karakteristik rentgen şöhlelenmesini açandygy üçin*» fizika boýunça Nobel baýragy berildi.

**Genri Gwin Jewris Mozli (1887–1915 ý.)** – iňlis fizigi (150-nji surat), rentgen spektroskopıýany esaslandyryjylaryň biri. Ol Ueýmut şäherinde (Angliýa) eneden doguldy, Oksford uniwersitetini tamamlady (1910 ý.).



150-nji surat. Genri Gwin Jewris Mozli

1913-nji ýylda Genri Mozli Barklanyň netijelerini ulanyp karakteristik rentgen şöhlelenmäniň spektral çyzyklarynyň ýygylgy bilen şöhlelenýän elementiň atom belgisiniň arasyndaky baglanyşygy (*Mozliniň kanuny*) aldy:

$$\sqrt{\nu} = a(Z - b),$$

bu ýerde  $\nu$  – karakteristik rentgen şöhläniň ýygylgy;  $a$  we  $b$  – hemişelik ululyklar;  $Z$  – elementiň tertip belgisi.

Bu formuladan görnüşi ýaly rentgen şöhleleriniň gatylygyny kesgitleýän ýygylgyk, elementiň tertip belgisiniň artmagy bilen artýar. *Mozliniň kanuny* atom ýadrosynyň gurluşyna düşünmäge möhüm ädim boldy. Bu kanunyň kömegi bilen himiki elementleriň D.I. Mendeleýew tarapyndan döredilen periodik ulgamynyda elementleriň dogry ýerleşendigini subut etmek we  $Z$  zaryad sanynyň manysyna düşünmek mümkin boldy. Boruň garaýşy esasynda rentgen spektrleriniň ilkinji nazaryýetine görä, rentgen şöhleleri içki elektron gabyklaryndaky boş ýerlere elektronlaryň geçmegi bilen döreýärler. Şeýle garaýşy 1916-njy ýylda Zommerfeld beýan etdi. Şeýle hem, 1916-njy ýylda Piter Iozef Debaý (1884–1966 ý.) we P. Şer-rer rentgen gurluşy derňewinde giňden ulanylýan poroşokda kristallaryň rentgen derňewini geçirmekligiň usulyny dörediler.

Nemes fizikleri Jeýms Frank (1882–1964 ý.) we Gustaw Lýudwig Gers (1887–1976 ý.) Boruň atom modelini gös-göni tejribede tassykladylar. Olar elektronlaryň gazyň atomlary bilen maýyşgak hem-de maýyşgak däl çaknyşyp bilýändiglerini öwrendiler. Maýyşgak çaknyşmada elektron agyr atomdan (meselem, simabyň atomyndan), energiýasyny ýitirmän yzyna serpigýär, maýyşgak däl çaknyşmada elektronyň energiýasy atoma geçirilýär. Şunlukda, atom oýandyrylýar ýa-da ionlaşýar. Atomy oýandyrmak üçin gerek bolan energiýany hasaplap bolýar. Meselem, simabyň atomlary üçin bu energiýa kwanty  $4,9 \text{ eV}$  deň. Bu energiýa simabyň atomyndan şöhlelenýän, tolkun uzynlygy  $\lambda = 2537 \text{ Å}$  deň bolan ultramelewşe şöhläniň

kwantyna deňdir. Bu tejribeleri üçin Frank we Gers 1925-nji ýylda Nobel baýragyna mynasyp boldular. 1925-nji ýylda P. Erenfestiň işgärleri, amerikan fizikleri Jorž Ýujin Ulenbek (1900–1988 ý.) we Semýuel Abraham Gaudsmit (1902–1975 ý.) *elektron hususy mehaniki impuls momentine - spine eýedir* diýlen düşüňjani girizdiler («*to spin*» iňlis sözi bolup, türkmençe *pyrlanmak* diýmekdir). Oňa degişli bolan magnit momentine *spin magnit momenti* diýilýär.

Bu açyşlaryň hemmesi N. Boruň gönüden-göni gatnaşmagynda bolup geçdi.



151-nji surat.  
Wolfgang Pauli

**Wolfgang Pauli (1900–1958 ý.)** – şweýsar fizigi – nazaryýetçisi. Ol Wena şäherinde doguldy (151-nji surat), Mýunhen uniwersitetini tamamlady (1921 ý.). 1918-nji ýylda onuň grawitasiýanyň, elektrigiň we magnitiň bitewi nazaryýetiniň matematiki soraglaryna degişli ilkinji işi çap edildi. 1919-njy ýylda talyp Pauli «*Otnositellik nazaryýeti*» atly makala – monografiýany ýazdy. Onuň bu işi 1921-nji ýylda *Matematika ensiklopediýasynda* çap edildi. 1921-nji ýylda Pauli Mýunhen uniwersitetinde A. Sommerfeldiň ýolbaşçylygynda doktorlyk dissertasiýasyny gorady. 1921–1922-nji ýyllarda Gettingen uniwersitetiniň nazary fizika kafedrasynda M. Bornuň assistenti boldy. Pauli N. Bor bilen 1922–1923-nji ýyllarda Kopengagende (Daniýa) nazary fizika Institutynda işledi. 1923-nji ýylda Pauli Gamburg uniwersitetiniň dosenti, 1928-nji ýyldan başlap Sýurihdäki Ýokary tehniki uçilişede professor (1935–1936-njy we 1940–1946-njy ýyllarda ol Prinstonda (ABŞ) düýpli derňewler institutynda işledi) bolup işledi.

Pauli 1925-nji ýylda häzirki zaman nazary fizikasynyň möhüm prinsipleriniň biri bolan prinsipi (*Pauli prinsipini*) hödürledi. Aýratyn elektronynyň haly dört sany kwant sanlary ( $n, l, m_l, m_s$ ) bilen aňladylýan bolsa, onda *dört kwant sanlary* ( $n, l, m_l, m_s$ ) *birmeňzeş bolan iki elektron bir kwant halda bolup bilmeýärler, ýagny bir kwant halda  $n, l, m_l$  we  $m_s$  kwant sanlary bolan bir elektron bolup bilýär* (*Pauli prinsipi*). 1 orbital kwant sanynyň berlen bahasyna  $m_l$  orbital magnit sanynyň  $(2l + 1)$  bahasy degişli bolsa, onda  $m_s$ -iň her bir bahasyna  $m_s$  spin kwant sanynyň iki bahasy:  $m_s = \pm \frac{1}{2}$  degişli bolar. Eger şeýle bolsa, onda *Pauli prinsipine görä,  $(n, l, m_l)$  kwant halda spinleri garşylykly ugrukdyrylan iki elektron-dan köp elektron bolup bilmez*. Bu açyşy üçin Pauli 1945-nji ýylda fizika boýunça Nobel baýragyna mynasyp boldy.

*Pauli prinsipi* atomlaryň elektron gabyklarynyň elektronlar bilen doldurylyş kanunalaýyklaryna düşündiriş berdi we bu esasyda *D.I. Mendeleyewiň himiki elementleriň periodik ulgamyny* düşündirdi. Bu prinsip atom spektrleriniň inçe we aşa inçe gurluşyny düşündirmekde başlangyç nokat boldy. Şeýle hem *Pauli prinsipi* spinleri ýarym bitin bolan bölejikleriň (*fermionlaryň*) statistikasyny bolan *Fermi – Diragyň statistikasynyň* döremegine getirdi. Pauli 1931-nji ýylda *neytrinonyň* (dynçlyk mas-



sasy nol we spini  $\frac{1}{2}$  bolan bitarap bölejik) bardygy barada çaklamany aýtdy. Pauli elementar bölejikleriň nazaryýeti boýunça düýpli işleriň, şeýle hem *ýadro güýçleri-niň mezon nazaryýetiniň* awtorydyr.

Kwant mehanikasy bilen bir hatarda, Bor ýadro fizikasyna degişli işler hem etdi. Ol *ýadronyň aralyk (düzüm) modeliniň* (1936 ý.), *ýadronyň damja modeliniň* (1936 ý.) we *atom ýadrosynyň bölünme nazaryýetiniň* (1939 ý.) hem awtorydyr.

## 18.8. Kwant mehanikasynyň ösüşi

Kwant mehanikasynyň ösüşi Werner Geýzenbergiň, Erwin Şredingeriň, Maks Bornuň, Lui de Broýlyň, Wolfgang Pauliniň, Pol Diragyň we beýlekileriň atlary bilen baglanyşyklydyr. Alymlaryň esasy meselesi kwant mehanikasynyň matematik guralyny işläp döretmek boldy. Bu ugurda Lui de Broýl esasy ädim ätdi. Ol Eýnşteýniň ýagtylygyň korpuskulýar – tolkun tebigaty baradaky garaýşyny maddalar üçin ulandy. Bu – *bölejikleriň hereketini tolkunynyň ýaýramagy bilen deňeşdirmek mümkin diýmekligi aňladýar*. Bu tolkun geljekde *de Broýl tolkunlary* diýip atlandyryldy.

Eýnşteýniň fotoeffektiň kwant nazaryýetine (1905 ý.) görä, *ýagtylyk kwantlaryň (fotonlaryň) akymydyr*, ýagny fotoeffektde ýagtylyk tolkunyny bölejigiň häsiýetini ýüze çykarýar. 1917-nji ýylda Eýnşteýn atomyň şöhlelenme nazaryýetini döredýärkä bu meselä ýene-de gaýdyp geldi, ýagny fotonyň energiýasynyň, impulsynyň we ýagtylyk tolkunynyň ýygylgynyň arasynda şeýle baglanyşygy hödürledi:

$$E = h\nu = h\frac{c}{\lambda} \quad \text{we} \quad E = mc^2,$$

bu ýerde  $E$  – ýagtylyk kwantynyň (fotonyň) energiýasy,  $\nu$  – fotonyň ýygylgy,  $m$  – fotonyň massasy,  $c$  – ýagtylygyň tizligi,  $\lambda$  – ýagtylygyň tolkun uzynlygy,  $h$  – Plankyň hemişelegi. Bu formulalardan fotonyň massasy we impulsy üçin aşakdaky aňlatmany alarys:

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{hc}{\lambda c^2} = \frac{h}{\lambda c} \quad \text{we} \quad p = mc = \frac{h}{\lambda c} c = \frac{h}{\lambda} \quad (1)$$

Bu gatnaşyklarda massa we impuls bölejigi häsiýetlendirýän ululyklardyr,  $\nu$  – ýygylgy we  $\lambda$  – tolkun uzynlygy tolkunyny häsiýetlendirýän ululyklardyr.

A. Kompton hem açan effektiniň (*Kompton effekti*, 1922 ý.) netijelerini derňäp, olaryň Eýnşteýniň ýagtylygyň korpuskulýar tebigaty baradaky garaýyşlary bilen ylalaşandygyny gördi. *Kompton effekti* Eýnşteýniň foton nazaryýeti esasynda örän oňat düşündirildi. Elektron bilen çaknyşmada foton oňa energiýasynyň bir bölegini berýär, netijede pytran foton ilkibaşdaky energiýasyndan az energiýa eýe bolar.

Bilşimiz ýaly, ýagtylyk birwagtyň özünde üznüksiz elektromagnit tolkunlardyr hem-de diskret bölejiklerdir – fotonlardyr. Ýagtylygyň bu iki häsiýeti – *tolkun we korpuskulýar* – biri-birini inkär etmeýärler. Bu iki gapma-garşylykly häsiýetleriň ýüze çykmagynda kesgitli kanunalaýyklyklar bar.

Tolkun uzynlygynyň kiçelmegi bilen (ýygtylygyň artmagy bilen) şöhlelenmäniň kwant (korpuskulýar) häsiýetleriniň ýüze çykmagy has ýiti bolýar. Diňe şol sebäpli, ýagtylygyň kwant häsiýetleri has ýiti ýüze çykýan *fotoeffekt we Kompton effekti* ýagtylygyň korpuskulýar nazaryýeti bilen düşündirilýär.

Tersine, uzyn tolkun uzynlykly (kiçi ýygtylykly) şöhlelenmede kwant häsiýetleri az derejede ýüze çykýar we bu ýagdaýda ýagtylygyň tolkun häsiýetleri uly ähmiýete eýedir. Şol sebäpli uzyn tolkun uzynlykly şöhlelenmä degişli bolan optiki hadysalaryň uly toparynyň (*interferensiýa, difraksiýa, polýarizasiýa*) tolkun nazaryýeti esasynda düşündirilýär.

1923-nji ýylda Lui de Broýlyň üç makalasy çap edildi. Ol bu makalalarynda düýbünden täze garaýşy teklipl etdi. Bu garaýşa görä *ýagtylygyň korpuskulýar – tolkun dualizmi häsiýeti* materiýanyň bölejiklerine – elektronlara, atomlara, molekulalara geçirýär. Lui de Broýlyň çaklamasyna görä korpuskulýar – tolkun dualizmi meýdanyň we maddanyň umumy häsiýetidir we bu ideýany mikrobölejiklere hem degişli etmek bolar. 1923-nji ýylda A. Eýnşteýniň ýagtylygyň ikileýin tebigaty baradaky garaýşyny maddanyň bölejikleri üçin ulanyp, de Broýl *material bölejikleriň akymy, olaryň massasy we energiýasy bilen bagly bolan tolkun häsiýetlerine hem eýe bolmalydyr* diýlen çaklamany hödürledi. Bu çaklama tejribede tassyklanyldy.

De Broýla görä, fotonyň impulsy üçin ýazylan  $p = \frac{h}{\lambda}$  gatnaşyk köpugurlydyr, ýagny islendik bölejik üçin  $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m\vartheta}$  gatnaşygy ýazyp bolýar (bu ýerde  $\lambda$  – de Broýl tolkun uzynlygy,  $\vartheta$  – bölejigiň tizligi,  $m$  – onuň massasy).

1924-nji ýylda de Broýl Boruň orbitalary kwantlama düzgünini, orbitanyň uzynlygy boýunça bitin sany  $\lambda = \frac{h}{m\vartheta}$  tolkun uzynlygy ýerleşýär diýlen talapdan ugur alyp, düşündirip bolýandygyny açdy. Şunlukda, orbitanyň uzynlygy:

$$2\pi r = n\lambda = n \frac{h}{m\vartheta}.$$

Bu ýerden *Boruň orbitalary kwantlama düzgünini* alyp bolýar:

$$m\vartheta r = n \frac{h}{2\pi} = n\hbar.$$

---

**Lui de Broýl (1892–1987 ý.)** – fransuz fizigi-nazaryýetçisi (*152-nji surat*), kwant mehanikasy esaslandyryjylaryň biri. Ol Dýep şäherinde baý maşgalada doguldy. 1909-njy ýylda de Broýl Pariž uniwersitetinde taryh boýunça bakalawr derejesini aldy. Birinji Jahan urşy ýyllarynda goşun-

da gulluk edenden soň ol dogany Moris de Broýlyň barlaghanasynda işledi. Ol bu ýerde ýokary ýygyllykly şöhlelenmeleri derňedi. Bu işleriň netijesinde de Broýl 1924-nji ýylda «*Kwant nazaryýetiniň çägindäki derňewler*» atly temadan doktorlyk dissertasiýasyny gorady. 1928–1962-nji ýyllar aralygynda de Broýl Pariž uniwersitetiniň professory, 1933-nji ýyldan başlap fransuz Ylymlar akademiýasynyň agzasy, 1942-nji ýylda bu akademiýanyň kätipleriniň biri boldy. Lui de Broýl «*Täze fizika we kwantlar*» atly belli kitabyň hem awtorydyr. Elektronynyň tolkun tebigatyny açanlygy üçin Lui de Broýl 1929-njy ýylda Nobel baýragyna mynasyp boldy.

---



152-nji surat. Lui de Broýl

Lui de Broýlyň işleri tolkun mehanikasynyň (kwant mehanikasynyň) başlangyjy boldy. Tolkun optikasynyň tolkun uzynlygynyň kiçelmegi bilen geometrik optika geçişi ýaly, tolkun mehanikasy hem de Broýlyň tolkun uzynlygynyň kiçelmegi bilen (bölejigiň massasynyň artmagy bilen) nusgawy fizika geçýär. De Broýlyň formulasyndan görnüşi ýaly, bölejigiň massasy näçe uly boldugyça, oňa degişli bolan tolkun uzynlygy şonça-da, kiçi bolýar. Netijede, onuň tolkun häsiýetleri şonça-da, gowşak ýüze çykýar. Şoňa görä-de, de Broýl tolkunlaryny ýüze çykar-maklygyň ähtimallygy örän azdyr.

Munuň üçin düýpli tejribeleri geçirmek gerekdi.

De Broýlyň çaklamasynyň tejribede ilkinji tassyklanmasy 1927-nji ýylda amerikan fizikleri K. Dewisson (1881–1958 ý.) we L. Jermer (1896–1971 ý.) tarapyndan amala aşyryldy. Olar kristallarda elektronlaryň difraksiýasyny öwrenmek boýunça tejribeleri geçirdiler. Olaryň tejribesi elektronlaryň tolkun häsiýetleriniň bardygyny tassyklaýan güýçli subutnama boldy. Tejribede elektronlaryň dessesi potensiallaryň tapawudy (100–150)  $W$  bolan elektrik meýdanynda tizlendirildi. Bu elektronlar difraksiýa gözeneginiň ornuny ýerine ýetirýän nikel monokristalynyň üstüne düşürildi. Netijede, edil ýagtylyk şöhleleriniň difraksiýasynda bolşy ýaly, intensiwligiň iň uly we kiçi bahalaryny şekillendirýän surat alyndy. Bu tejribe mikrobölejikleriň tolkun häsiýetiniň bardygyny örän ajaýyp tassyklady.

K. Dewissona we L. Jermere bagly bolmazdan 1928-nji ýylda iňlis fizigi J.P. Tomson elektronlaryň kristaldaky difraksiýasyna gözegçilik etdi.



153-nji surat. Jorj Pajet Tomson

---

**Jorj Pajet Tomson (1892–1975 ý.)** (153-nji surat) – iňlis fizigi, 1937-nji ýylda fizika boýunça «*kristallarda elektronlaryň difraksiýasyny tejribede açandygy üçin*» (Josef Dewisson bilen bilelikde) Nobel baýragyna mynasyp boldy.

---

Elektronlaryň, neýtronlaryň we beýleki bölejikleriň, şeýle hem atomlaryň we molekulalaryň tolkun häsiýetleri diňe bir tejribede tassyklanylman, olar ýokary çözüjilik ukyby bolan desgalarda hem ulanylýar. Elektronlaryň difraksiýasy boýunça geçirilen tejribeler geljekde elektron mikroskoplary üçin magnit linzalaryny döretmekde örän uly ähmiýete eýe boldy.

Elektron mikroskopynyň işleýşi bölejikleriň de Broýl tolkunlarynyň barlygyna esaslanandyr. Çalt hereket edýän, ýagny ýokary energiýaly elektronlara degişli bolan tolkun uzynlygynyň, ýagtylygyň göze görünýän şöhleleriniň tolkun uzynlygundan ep-esli kiçidigi sebäpli, elektron mikroskopynyň çözüjilik ukyby optiki mikroskopdan birnäçe esse uludyr. Elektron mikroskopynyň kömegi bilen molekulalara, atomlara hatda atom ýadrolaryna gözegçilik etmek bolýar. Häzirki wagtda bölejikleri derňemekligiň difraksiýa usuly maddanyň gurluşyny we häsiýetlerini öwrenmekde giňden ulanylýar.

Köpsanly üstünliklerine garamazdan, Boruň «ýarymnusgawy» nazaryýetiniň köpsanly kemçilikleri hem bardy. *Birinjiden*, ol içki gapma-garşylyga eýedi: kesgitli orbitalar boýunça hereket edýän bölejikler baradaky nusgawy garaýşy ol nusgawy mehanika häsiýetli bolmadyk kwantlama düzgüni bilen üstüni ýetirdi we nusgawy elektrodinamika ters gelýän çaklamalar bilen zarýadlanan elektronyň orbita boýunça şöhlenenmän, tizlenmeli hereketiniň mümkindigini aýtdy. *Ikinjiden*, bu nazaryýet köp belli maglumatlary düşündirip bilmedi, meselem, elektronlar çylşyrymly atomlarda nähili hereket edýärler we olar bir orbitadan beýleki orbita nähili geçýärler? Soňra atomlarda elektronlaryň hereketini nusgawy mehanikanyň adalgalarynda beýan edip bolmaýandygy we aralyk hallar (meselem, elektron bir orbitadan beýlekä geçende) baradaky soragyň özüniň kwant bölejikleri dünýäsinde manysynyň ýokdugy düşnükli boldy. Diňe ulgamyň başlangyç we ahyrky hallaryny kesgitleýän ululyklary ulanyp bilýän täze nazaryýet gerekdi.



154-nji surat. Werner Karl Geýzenberg

Kwant mehanikasynyň birinji görnüşi – *matrisaly kwant mehanika* 1925-nji ýylda W. Geýzenberg tarapyndan işlenip düzüldi. Onuň matrisaly kwant mehanikasynda elektronlaryň koordinatalarynyň we tizlikleriniň deregine käbir abstrakt matematik ululyklar – *matrisalar* ulanylýardy. Matrisalaryň gözegçilik edilýän ululyklary – *energiýa derejeleri we geçişleriň intensiwlikleri* bilen baglanyşygy ýönekeý düzgünler bilen berilýärdi. Emma tiz wagtdan matrisaly mehanikanyň hem ähli görünýän hadysalary ýeterlik doly beýan etmeýändigini belli boldy.

---

**Werner Karl Geýzenberg (1901–1976 ý.)** – nemes fiziki-nazaryýetçisi (154-nji surat), kwant mehanikasyny döredijileriň biri. Ol Wýürsburg şäherinde doguldy, Mýunhen we Gettingen uniwersite-

terini tamamlady. Germaniýanyň birnäçe uniwersitetlerinde işledi. W. Geýzenberg 1932-nji ýylda matrisaly kwant mehanikasyny döredendigi üçin Nobel baýragyna eýe boldy.

Şeýle hem W. Geýzenberg kwant elektrodinamikasyna, meýdanyň relýatiwistik kwant nazaryýetine, kosmos şöhleleriniň fizikasyna, elementar bölejikleriň nazaryýetine we hatda, filosofiýa degişli ylmy işleri hem ýerini ýetirdi.

W. Geýzenberg çalşyk özara täsir garaýyşlarynyň ferromagnitiň nazaryýetine, ýadronyň proton-neýtron modeline we beýlekilere degişli birnäçe görnükli işleriň awtorlarynyň biridir. Filosofiýada onuň işleri akyl ýetiriş nazaryýetine bagyşlanan-dyr (bu ýerde onuň garaýyşlary idealistik häsiýetde boldy).

Elektronlaryň tolkun häsiýetleri baradaky garaýyş örän önjeýli boldy. Munuň şeýledigini mikrobölejikleriň hereketi baradaky häzirki zaman ylmyň de Broýl tolkunlarynyň mehanikasydygy tassyklaýar.

Emma awstriýaly alym Şredinger de Broýlyň garaýşyndan we Gamiltonyň optika – mehanika meňzetmesinden (bölejigiň traýektoriya boýunça hereketine, ýagytylygyň tolkun häsiýetlerini hasaba alman, şöhläniň ýaýraýşy ýaly seredilýär) ugur aldy. *Geometrik optika* kiçi tolkun uzynlyklar üçin ulanarlyklydyr. Tolkun uzynlygyny hasaba almaly bolsa, onda *tolkun optikasynyň* kanunlary güýje girip başlaýar.

Makrobölejikler üçin de Broýl tolkun uzynlygy örän kiçidir we olaryň hereketi nusgawy mehanikanyň kanunlary bilen beýan edilýär. Emma mikrobölejikler üçin tolkun uzynlygyny hasaba almaly bolýar we olaryň hereket kanunlary, optikada tolkun deňlemesine meňzeş bolan deňlemeler bilen beýan edilmelidir. Öz döwründe Nýutonyň makrobölejigiň hereketini doly beýan edýän dinamikanyň esasy deňlemesini (*Nýutonyň ikinji kanunyny*) hödürleýşi ýaly, 1926-njy ýylda E. Şredinger «*Tolkun mehanikasy baradaky makalalar*» kitabynda mikrobölejikleriň hereketini beýan edýän deňlemäni hödürledi. Umuman, Şredinger *bölejikleriň hereket nazaryýetini* – *tolkun mehanikasyny* dörettdi. Onuň esasy bolup *Şredingeriň deňlemesi* hyzmat edýärdi.

Mikrobölejigiň halyny beýan etmek üçin Şredinger «*ψ (psi) tolkunfunksiýasyny*» girizdi. Şredingeriň deňlemesi bu funksiýanyň daşky güýç meýdanlarynda özüni alyp barşyny beýan edýär:

$$-\frac{\hbar}{2m} \Delta \psi + U(x, y, z) \psi = E \psi,$$

bu ýerde  $\hbar = h/2\pi$  – Plankyň hemişeligi;  $E$  we  $m$  – degişlilikde, bölejigiň energiýasy we massasy;  $\Delta$  – *Laplasyň operatory*  $\left( \Delta \psi = \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} \right)$ ;  $U(x, y, z)$  – güýç meýdanynyň potensialy. Bu potensialy bilip Şredingeriň deňlemesini çözüp bolýar,



ýagny giňişlikde bölejigiň koordinatalarynyň, umumy görnüşde bolsa wagtyň hem funksiýasy bolan  $\psi$  tolkun funksiýasyny tapyp bolýar. Giňişligiň çäkli çäginde ýerleşýän kwant ulgamlary üçin Şredingeriň deňlemesi  $E$ -niň diňe kesgitli bahalarynda çözülişe eýedir. Bu bahalary *hususy bahalar* diýip atlandyryrlar we olar berlen ulgamyň eýe bolup biljek energiýalarynyň diskret bahalaryny (*energetik derejeler* diýip atlandyrylýan) aňladýrlar.



155-nji surat. Erwin  
Rudolf Ýozef Aleksandr  
Šredinger

**Erwin Rudolf Ýozef Aleksandr Šredinger (1887–1961 ý.)** – awstriýaly fizik-nazaryýetçi (155-nji surat). Ol Wena şäherinde doguldy, kwant mehanikasyny döredijileriň biri, fizika boýunça Nobel baýragynyň eýesi (1933 ý.). Wena uniwersitetini tamamlady, 1914–1920-nji ýyllar aralygynda bu uniwersitetiň mugallymy boldy. Ýewropanyň köp uniwersitetlerinde professor wezipesinde işledi. 1956-njy ýyldan başlap Šredinger Wena uniwersitetiniň professory we Awstriýanyň Ylymlar akademiýasynyň agzasy boldy. 1934-nji ýylda ol öňki SSSR-iň Ylymlar akademiýasynyň daşary ýurtly agzalygyna saýlandy. Alymyň esasy işleri kwant mehanikasyna, statistiki fizika we umumy görälik nazaryýetine degişlidir. Ol köpugurly adam bolupdyr, antik filosofiýasy, heýkeltaraşlyk, genetika we beýleki ugurlar bilen hem gyzyklanypdyr.

Šredinger onuň adyny göterýän kwant mehanikasynyň fundamental deňlemesini döredendigi bilen dünýä bellidir. Ol şeýle hem, häzirki zaman fizikasynda ýakynlaşýan hasaplamalaryň möhüm guraly bolan – *oýandyrmalar nazaryýetiniň* awtorydyr.

Ol kwant mehanikasynyň kanunlarynyň ähtimallyk häsiýetlerini kabul etmedi. Bu ony egindeşleri, şol sanda N. Bor bilen hem köp jedellere getirdi.

Indi, tolkun funksiýasynyň manysyna düşünmek gerek. *Tolkun funksiýasy* impulsy käbir baha eýe bolan erkin bölejigiň hereketini beýan edýär we *de Broýl tolkun* görnüşine eýedir. Šredingeriň çaklamasyna görä tolkun funksiýalarynyň biri-biriniň üstüne goýulmagy netijesinde hereket edýän mikrobölejigi aňladýan «*tolkun bukjasy*» emele gelýär, sebäbi de Broýl boýunça tolkunlaryň *topar tizligi* bölejigiň tizligine deňdir. Tolkun bukjasyňyň iň uly hereketine gözegçilik etmek bolar. Bu hereket bilen tolkunyň *topar tizligi* baglanyşyklydyr. *Topar tizligi* – *tolkun*yň *frontunyň tizligidir*. Topar tizligi bilen tolkun energiýasy alnyp gidilýär.

Emma iki sany bölejik üçin şeýle düşündiriliş ýeterlik bolmady. «*Tolkun bukjasy*» wagtyň geçmegi bilen aýdyň däl bolýar. Šredingeriň tolkun funksiýasy islendik wagt pursadynda giňişligiň her bir nokadynda, mikrobölejigiň bu nokatda bolmak ähtimallygy bilen baglanyşykly tolkun funksiýasynyň bahasyny hasaplamaga mümkinçilik berdi. Nemes fizigi M. Born tolkun funksiýasyny *ähtimallyk* düşüňjesi bilen düşündirdi, ýagny *tolkun funksiýasynyň modulynyň kwadrat*  $|\psi|^2$  bölejigi giňişligiň berlen nokadynda *äşgär etmekligiň ähtimallygynyň* dykzlygyny kesgitleýär.

M. Born tarapyndan hödürlenen bu statistik düşündirme tolkun funksiýasyny bölejigiň gurluşy bilen baglanyşdyрмаýar. Tolkun funksiýasynyň üýtgemegi bilen diňe bölejigi giňişligiň haýsy hem bolsa bir nokadynda äşgär etmekligiň ähtimallygy üýtgeýär. Tolkun funksiýasynyň adaty deňlemesiniň, meselem, suwuň üstünde tolkunynyň ýaýramasyny beýan edişine meňzeşlikde, Şredingeriň deňlemesi giňişligiň berlen nokadynda bölejigiň bolmaklygynyň ähtimallyk tolkunynyň ýaýraýşyny beýan edýär. Bu tolkunynyň depeleri (ähtimallygyň maksimal nokatlary) giňişligiň haýsy ýerinde bölejigiň has-da ýüze çykjakdygyny aňladýar. Şeýlelikde, tejribede görüňän, elektron desseleri tarapyndan döredilýän difraksiýa suratlaryndaky maksimumlar elektronlaryň has uly ähtimallyk bilen düşýän nokatlarydyr, minimumlar bolsa olaryň has kiçi ähtimallyk bilen düşýän nokatlarydyr. Başgaça aýdylanda, bölejek özüniň tolkun funksiýasy nola deň bolmaýan, giňişligiň islendik nokadynda ol ýa-da başga ähtimallyk bilen ýüze çykarylyp bilner. Şeýlelikde, kwant mehanika fiziki ululyklaryň takyk bahalaryndan peýdalanman, berlen ululygyň ol ýa-da beýleki bahasyny ýa-da bölejigiň giňişligiň ol ýa-da beýleki nokadynda bolup bilmekliginiň ähtimallyklaryndan peýdalanýar. Ine, şu döwürde hem *atomda elektronlaryň takyk orbitalary baradaky garaýyşlardan ýüz öwürdiler*.

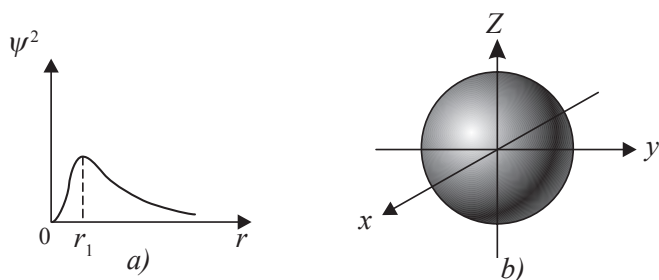
Ähtimallaýyn düşündiriliş atomyň içinde elektronyň özüni alyp barşyny beýan etmekde hem ulanylýar. Hususan-da, elektronyň tolkun häsiýetiniň bardygy sebäpli onuň maddasy we zarýady bir nokatda jemlenmän, giňişligiň käbir çäginde «*çyrşalandyr*». Meselem, esasy haldaky wodorod atomy üçin zarýadyň dykzylygynyň paýlanyşy *156-njy a suratdaky* görnüşe eýedir. Suratdan görnüşine görä atomyň kesgitli anyk araçäkleri ýok, sebäbi zarýadyň dykzylygy ýadrodan  $r_1$  aralykda maksimuma eýe bolup, asimptotik nola ymtylýar.

Tolkun garaýyşlaryna esaslanan kwant mehanikasy  $r_1$  üçin Boruň nazaryýetiniň berýän bahalaryny berýär. Bu ululygyň düşündirilişi bolsa düýbünden dürli. N. Bora görä, radiusy  $r_1$  bolan tegelek orbita boýunça hereket edýän zarýad «*nokatda*» – *elektron*da jemlenen.

Kwantmehaniki modelde esasy halda elektron zarýadynyň ýadronyň daşynda paýlanyşy *merkezi simmetrik* görnüşindedir. Zarýad hiç ýerde nola deň däl, merkezden  $r_1$  aralykda bolsa käbir uly baha eýedir (*156-njy a surat*).

Şeýlelikde, Şredingeriň deňlemesiniň çözülişi atomyň ähli göwrümini eýeleýän, emma dürli nokatlarda dürli dykzylyga eýe bolýan tolkun funksiýasyny berdi. Şoňa görä-de, hat-da, wodorod atomyň bir elektrony üçin hem onuň suraty dumanly «*bulutjagaz*» ýaly görnüşe eýedir (*156-njy b surat*). Şunlukda, bu «*bulutjagazyň*» dürli dykzylygy elektrony giňişligiň ol ýa-da beýleki nokadynda ýüze çykmaklygyň dürli ähtimallyklaryna degişlidir. Köp elektronly atomlar üçin bu suratyň has çylşyrymly boljakdygy düşnüklidir.

Şredingeriň deňlemesinden şeýle netije gelip çykýar: *tolkun häsiýetlerine eýe bolup, baglanyşykly elektron, meselem, atomdaky elektron, energiýanyň diňe diskret*



156-njy surat. a) esasy haldaky wodorod atomy üçin zarýadyň dykzlygynyň paýlanylyşy;  
b) esasy halda elektronyň zarýadynyň ýadronyň daşynda paýlanylyşy

(kesgitli) bahalaryny alýar. Ýagny, Bor tarapyndan postulirlenýän energiýanyň kwantlanýandygy baradaky çaklama, indi bu deňlemäniň netijesi hökmünde ýüze çykýar. Şredingeriň deňlemesi, Nýutonyň deňlemesi ýaly, getirilip çykarylmaýar. Şredingeriň deňlemesiniň dogrulygy, ondan alynýan netijeleriň tejribede alnan bahalar bilen gabat gelmegi arkaly subut edilýär.

1926-njy ýylda Şredinger tolkun mehanikasy bilen Geýzenbergiň matrisaly mehanikasynyň ekwiwalentdigini subut etdi. Şredingeriň ilkinji işlerinden soň matrisaly we tolkun mehanikasynyň hakykatdan hem, olaryň daşky tapawutlaryna garamazdan, düýbünden biri-birine garşylykly däldikleri belli boldy. Şonuň üçin biri-birini özara doldurýan, bütewi kwant nazaryýetiniň iki görnüşü hökmünde seredilip bilner. Meselem, matrisanyň elementlerini tolkun mehanikasynyň differensial deňlemeleriniň çözülişlerinden alnan tolkun funksiýalaryny integrirlemek bilen hasaplap bolýandygy belli boldy. Şunlukda nusgawy fizikanyň determinirlenen usullaryndan doly ýüz öwürmeli boldy: kwant-mehaniki çemeleşmäniň maksady, düzgün bolşy ýaly, fiziki ululyklaryň takyk bahalaryny tapmak däl-de, berlen ululygyň şol ýa-da beýleki baha eýe bolup bilmekliginiň ähtimallyklaryny tapmaklykdyr. Degişlilikde, atomda elektronlaryň orbitalary ýaly düşüňjelerden ýüz öwürüp, elektrony atomyň ähli göwrümini doldurýan özboluşly «bulutjagaz» ýaly garaýyş bilen çalyşmaly boldy. Şunlukda, bu «bulutjagazyň» dykzlygy elektrony giňişligiň ol ýa-da başga nokadynda äşgär etmekligiň ähtimallygyna baglydyr. Ol «köne» orbitalaryň çäginde in uly baha eýedir.

Sowet fizigi-nazaryýetçisi Wladimir Aleksandrowiç Fok (1898-1974 ý.) magnet meýdanyndaky ýagdaý we relýatiwistik zarýadlanan bölejigiň elektromagnet meýdanyndaky hereketi üçin ulanyp bolýan Şredingeriň deňlemesiniň umumylaşdyrylan görnüşini dörettdi.

**Maks Born (1882–1970 ý.)** – nemes fizigi-nazaryýetçisi (157-nji surat), matematigi, kwant mehanikasyny döredijileriň biri. Ol Breslaw (häzirki Wroslaw ş., Polşa) şäherinde doguldy, onuň kakasy anatomiýanyň professory we zehinli pianist bolupdyr. 1904-nji ýylda ol Gettingen uniwersitetine okuwa girýär. Born görnükli matematikler D. Gilbertiň, F. Kleýniň we G. Minkowskiň okuwçysy bo-

lupdyr. 1905-nji ýylda Born Gilbertiň assistenti bolýar, 1907-nji ýylda maýyşgak jisimleriň durnuklylyk nazaryýetinden dissertasiýa goraýar.

1915-nji ýylda Born Berlin uniwiersitetinde nazary fizika boýunça M. Plankyň assistent - professory boldy. Bu döwürde onuň Eýnşteýn bilen köp ýyllyk dostlugy başlandy. Olary fizikadan başga, saza bolan söýgi dostlaşdyrdy. Çünki skripkada – Eýnşteýn, fortepýanda – Born saz çalýardy. 1919-njy ýylda Born Frankfurt uniwersitetinde fizikanyň professory we Nazary fizika institutynyň direktory, 1921-nji ýylda Gettingen şäherinde Fizika institutynyň direktory boldy.



157-nji surat.  
Maks Born

M. Born Eýnşteýniň garaýşyny we Minkowskiň matematiki çemeleşmesini birleşdirip, elektronyň massasyňy hasaplamagyň ýönekeý usulyny döretdi. Kristallary öwrenmekligi dowam etdirip M. Born kwant nazaryýetiniň matematiki esaslaryny döretmekligiň üstünde işläp başlady. 1926-njy ýylda Born öz assistenti W. Geýzenberg we nemes fizigi we matematigi P. Ýordan (1902–1980) bilen kwant mehanikasynyň matematiki esaslaryny işläp düzdüler. Soňra Born E. Şredinger tarapyndan girizilen tolkun funksiýasynyň statistiki düşündirmesini berdi we onuň amplitudasynyň kwadratynyň bölejigiň berlen nokatda bolmak ähtimallygyna deňdigini görkezdi.

Born ýokary energiýaly fizika üçin örän wajyp bolan, bölejikleriň çaknyşmalarynda kwant-mehaniki meseleleri çözmek usulyny (*Bornuň ýakynlaşma usuly*) işläp düzdi, N. Winer bilen bilelikde kwant mehanikasyna *operator* düşüňjesini girizdi. 1927-nji ýylda M. Born (R. Oppengeýmer bilen bilelikde) iki atomly molekullaryň gurluşynyň nazaryýetini işläp düzdi.

Gitleriň hökümet başyna geçmegi bilen Born 1933-nji ýylda Angliýa geçýär. Üç ýyl Kembrij uniwersitetinde sapak berdi, 1936–1955-nji ýyllar aralygynda Edinburg uniwersitetiniň naturfilosofiýa boýunça professory boldy. 1934-nji ýylda Born öňki SSSR Ylymlar akademiýasynyň daşary ýurtly agzalygyna saýlandy. 1954-nji ýylda M. Borna fizika boýunça Nobel baýragy berildi.

**Wiktor Frederik Waýskopf (1908–2002 ý.)** – gelip çykyşy awstriýaly bolan, amerikan fizigi-nazaryýetçisi (*158-nji surat*), Manhетен taslamasyna gatnaşyjy, Milli ylymlar Akademiýasynyň agzasy (1952 ý.), Wena şäherinde doguldy, Gettingen uniwersitetini tamamlady (1931 ý.). 1932–1934-nji ýyllarda Kopengagen uniwersitetinde, 1934–1937-nji ýyllarda Sýurih politehnikumynda işledi. 1937-nji ýylda ABŞ-a geçdi. 1937–1943-nji ýyllarda Roçester uniwersitetinde, 1943–1946-njy ýyllarda Los-Alamos barlaghanasynda, 1946–1960-njy ýyllarda Massaçuset tehnologik institutynda işledi we 1965-nji ýyldan başlap şol institutyň professory we 1961–1965-nji ýyllarda Ýadro barlaglarynyň Ýewropa merkeziniň (*CERN*) baş direktory wezipesinde işledi.



158-nji surat. Wiktor  
Frederik Waýskopf

Birnäçe Ylymlar akademiýalarynyň (şol sanda öňki SSSR Ylymlar akademiýasynyň, 1976 ý.) we jemgyýetçilik birleşmeleriniň agzasy, Plank medaly (1956 ý.), E. Rezerford medaly, ylymda bitiren hyzmatlary üçin Milli medaly (1980 ý.) we beýlekiler bilen sylaglandy.

W.F. Waýskopf ýadro fizikasyna, elementar bölejikleriň fizikasyna, meýdanyň kwant nazaryýetine, kwant elektrodinamikasyna, gaty jisimiň fizikasyna degişli ylmy işleri etdi. 1934-nji ýylda W. Pauli bilen bilelikde skalýar meýdanyň yzygiderli nazaryýetini döretmegiň mümkindigini görkezdi. Ol wakuumyň polýarlaşma nazaryýetini döretti (1936 ý.) we bu hadysanyň hasaplamalaryny geçirdi.

W.F. Waýskopf ýadrolaryň ölçegleriniň aşa inçe gurluşa täsirini (*Bor-Waýskopfyň hadysasy*) derňedi. H. Bete we L.D. Landau bilen bir hatarda ýadronyň statistik nazaryýetini döredijidir (1937 ý.). Ýadrolaryň kulon tolgunmasyny öňünden aýtdy (1938ý.). G. Feşbah bilen bilelikde ýadro reaksiýalarynyň shematik nazaryýetini ösdürdi. *Lemb süýşmesini* derňedi we beýlekilere bagly bolmazdan ony düşündirdi (1947ý.). E. Konuell bilen bilelikde (1950) äkidijileriň zarýadlanan garyndylarda we şikeslerde pytramasyny öwrendi (*Konuell-Waýskopfyň formulasy*). G. Feşbah we K. Porter bilen bilelikde ýadronyň optiki modelini döretti (1954 ý.).

W.F. Waýskopf kwant elektrodinamikasynda dargamaklygyň logarifmik häsiýetini görkezdi, elektrodinamikada massanyň we zarýadyň aşa normirlenmeginiň meselesine düýpli goşant goşdy. Şeýle hem elementar bölejikleriň kwark gurluşynyň nazaryýetine degişli işleri geçirdi.



159-njy surat. Pol Andrien Moris Dirak

**Pol Andrien Moris Dirak (1902–1984 ý.)** – görnükli iňlis fizigi – nazaryýetçisi (*159-njy surat*), kwant mehanikasyny döredijileriň biri. Ol Bristol şäherinde doguldy, Bristol we Kembriž uniwersitetlerini tamamlady, otuz ýyldan gowrak Kembrij uniwersitetiniň professory boldy. Dirak fizika boýunça Nobel baýragynyň eýesi (1933 ý.).

P. Diragyň esasy ylmy açyşlary kwant mehanikasyna degişlidir. 1926-1927-nji ýyllarda ol kwant mehanikasynyň matematik guraly bolan *öwürmeler nazaryýetini* işläp düzdi, *ikilenji kwantlanma usulyny* hödürledi.

P. Dirak ilkinjileriň biri bolup kwant mehanikasynyň prinsiplerini elektromagnit meýdany üçin ulandy. Ol relýatiwistik kwant mehanikasynyň awtorydyr. P. Dirak 1928-nji ýylda Şredingeriň çözüp bilmedik meselesini, spini düşündirmäge mümkinçilik beren *elektronyň relýatiwistik deňlemesini* (*Diragyň deňlemesi*) hödürledi. P. Dirak tarapyndan hödürlenen elektron üçin tolkun deňlemesi aýratyn möhüm ähmiýete eýedi. Bu deňlemeden Şredingeriň relýatiwistik däl deňlemesinde bolmadyk spiniň bardygy gelip çykýardy. Bu deňleme wodorod atomynyň energetik derejeleriniň *inçe gurluşyny* berdi. Diragyň nazaryýeti elek-



tron üçin *garşy bölejigiň (antibölejigiň)* bardygyny öňünden aýtdy. Bu antibölejik soňra açyldy we ol *pozitron* diýlip atlandyryldy. Garşylykly zarýady we garşylykly ugrukdyrylan mehaniki we magnit momentleri bolan antibölejikleriň bolmaklygy elementar bölejikleriň häsiýeti ekeni. Bölejikler we antibölejikler çaknyşanlarynda, beýleki bölejikleriň emele gelmekleri bilen olaryň ýok bolmagy (ýagny *annigilyasiýa*) bolup geçýär. Meselem, elektronyň we pozitronyň çaknyşmasy iki fotony berýär, protonyň we antiprotonyň çaknyşmasy netijesinde – dört mezon we ş.m. emele gelýär.

1931-nji ýylda P. Dirak *magnit zarýadynyň polýusynyň (Diragyň monopoly)* bardygy barada çaklamany aýtdy. Bu bölejigi gözlemeklik häzirki wagt hem dowam etdirilýär (*10.2-nji baba seret*). Ol *wakuumyň polýarizasiýa efektini* hem postulirledi. Bu işlerden başga-da, Dirak kwant statistikasyna (*Fermi-Dirak statistikasy*), kwant elektrodinamikasyna, grawitasiýa nazaryýetine we häzirki zaman meselesi diýip atlandyryp boljak köpsanly meselelere degişli işleri etdi. Häzirki wagtda hem P. Diragyň köpsanly garaýyşlary özüniň tejribelerde tassyklanmagyna garaşýar. P. Dirak fiziki kanunlara düşünmek boýunça, bir wagtlar kwant mehanikasyny döretmeklige bilelikde gatnaşan öz egindeşlerinden hem öňe geçdi. P. Diragyň ylmy döredijiligi – XX we XXI asyrlaryň fizikasynyň arasyndaky özboluşly köprüdir.

Ulgamyň fiziki häsiýetleriniň *statistiki usul* bilen beýan edilişine seredeliň. Baryp, 1868–1871-nji ýyllarda L. Bolsman nusgawy mehanikanyň kanunlary boýunça hereket edýän, köpsanly özara täsir edişmeýän bölejikleri saklaýan ulgamlaryň fiziki häsiýetlerini statistik usul bilen beýan etmekligi işläp düzdi. Ol şeýle bölejikleriň energiýalar boýunça paýlanyşy üçin formulany getirip çykardy. Bu formula häzirki wagtda şeýle ýazylýar:

$$\bar{n}_i = \exp \left\{ \frac{\mu - E_i}{kT} \right\},$$

bu ýerde  $\bar{n}_i - E_i$  energiýanyň golaýynda, birlik energiýa aralykda ýerleşýän bölejikleriň sany;  $\mu$  – himiki potensial;  $k$  – *Bolsmanyň hemişeligi*. Ideal gazyň bölejikleri üçin ulanylyan bu formula *Bolsmanyň paýlanyşy* adyny aldy.

1924-nji ýylda hindi fizigi Şatýendra Hat Boze *simmetrik tolkun funksiýasy* (iki bölejikleriň orunlary çalşanda alamatlaryny üýtgetmeýän tolkun funksiýalary) bilen beýan ediliýän, bitin (0, 1, 2, ...) spinleri bolan kwant bölejikleri üçin statistikanı dörettdi.

Bu bölejikleriň özlerini alyp baryşlary birnäçe aýratynlyklara eýe. Hususan-da, şol bir halda bölejikleriň islendik sany ýerleşip bilýär. 1924-nji ýylda Bozenin statistikasy Eýnşteýn tarapyndan ideal gaz üçin ösdürildi we *Boze-Eýnşteýn statistikasy* diýlip atlandyrylyp başlandy. Bu statistikada bölejikleriň energiýalar boýunça paýlanyşy *Bolsmanyň statistikasynan* tapawutlanýar we aşakdaky görnüşe eýedir (*Boze – Eýnşteýn statistikasy*):

$$\bar{n} = \frac{1}{\exp\left\{\frac{E_i - \mu}{kT}\right\} - 1}.$$

*Boze – Eýnşteýniň statistikasyna* boýun egýän bölejikleri *bozonlar* diýip atlandyryrlar.



160-njy surat. Satýendra  
Hat Boze

**Satýendra Hat Boze (1894–1974 ý.)** – hindi fizigi (160-njy surat), kwant statistikasyny döredijileriň biri. Ol Hindistanyň Kalkutta şäherinde doguldy, Kalkutta uniwersitetini tamamlady. 1924–1925-nji ýyllarda Parižde Mariýa Sklodowskaýa – Kýuriniň ýanynda işledi, 1926–1945-nji ýyllarda Daks, 1945–1956-njy ýyllarda Kalkutta uniwersitetleriniň professory we 1958-nji ýyldan başlap Hindistanyň milli professory boldy. Onuň hatyrasyna spinleri bitin sana deň bolan bölejikleri *bozonlar* diýip atlandyrdylar. Boze kwant statistikasyny (*Boze – Eýnşteýn statistikasy*) we *Boze–Eýnşteýn kondensatynyň* nazaryýetini döredijileriň biridir. Özüniň statistikasyny fotonlar üçin ulanyp, absolýut gara jisimiň ýylylyk şöhlelenmesi üçin Planknyň kanunyny getirip çykardy. Londonyň Kollyk jemgyýetiniň agzasy (1858 ý.).

1926-njy ýylda Fermi we Dirak antisimmetrik tolkun funksiýasy bilen beýan edilýän, ýarymbitin ( $\frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{5}{2}, \dots$ ) spinleri bolan kwant bölejikleri üçin statistikany dörediler. Bu bölejikleriň özlerini alyp baryşlary köp babatda bitin spinleri bolan bölejikleriň özlerini alyp baryşlaryndan tapawutly. *Fermi–Diragyň statistikasy* boýunça ýarymbitin spinleri bolan kwant bölejikler *Pauli prinsipine* boýun egýärler, ýagny kesgitli kwant sanlary bolan halda diňe bir bölejik bolup bilýär. Bu statistikada bölejikleriň energiýalar boýunça paýlanyşy *Boze – Eýnşteýniň statistikasyna* meňzeş we ondan maýdalawjydaky alamat bilen tapawutlanýar (*Fermi – Diragyň statistikasy*):

$$\bar{n} = \frac{1}{\exp\left\{\frac{E_i - \mu}{kT}\right\} + 1}.$$

Uly energiýalarda iki soňky formulardaky eksponentalar birden köp esse uly bolsalar, kwant paýlanyşlaryň ikisi hem nusgawy *Bolsmanyň paýlanyşyna* geçýärler. Bu bolsa nusgawy we kwant nazaryýetleriň arasynda *gabaty gelme prinsipiniň* ýüze çykýandygyna şaýatlyk edýär. *Fermi–Diragyň statistikasyna* boýun egýän bölejiklere *fermionlar* diýip atlandyryrlar.

**Enriko Fermi (1901–1954 ý.)** – italiýaly fizik (161-nji surat), dünýäde ilkinji ýadro reaktoryny dörediji. Ol Rim şäherinde eneden doguldy. E. Fermi ýadro fizikasynyň, elementar bölejikleriň fi-

zikasynyň, kwant we statistik mehanikanyň ösmekligine uly goşant goşdy. E. Fermi de Linçey Milli akademiýanyň agzasy (1935 ý.) we öňki SSSR Ylymlar akademiýasynyň habarçy-agzasy (1929 ý.) boldy. Ol beta – dargamanyň we neýtronlaryň haýallanmagy nazaryýetlerini dörettdi. E. Fermi 1939-njy ýylda zynjyrlý reaksiýa düşünjesini girizdi, atom bombasyny döretmek boýunça taslama gatnaşdy we «atom bombasynyň atalarynyň» biri hasaplanýar. Onuň hormatyna *Fermi – Diragyň paýlanyşy*, *Tomas – Fermiň modeli*, *fermiý* himiki elementi we beýlekiler atlandyrylýar.



161-nji surat.  
Enriko Fermi

Indi, kwant mehanikasynyň fundamental düşüňjeleriniň biri bolan *kesgitsizlikler baglanyşygyna* seredeliň.

Nusgawy mehanikada her bir bölejigiň koordinatasyny we tizligini (impulsyny) takyk kesgitlep bolýar. Wagtyň başlangyç pursadynda bölejigiň koordinatasyny we tizligini (impulsyny) bilip, dinamikanyň kanunlaryndan peýdalanyň, wagtyň islendik pursady üçin olaryň bahalaryny kesgitlep bolýar, ýagny nusgawy mehanika bölekleriň traýektoriasyny kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Emma mikrodünýäde kesgitli traýektoriya diýlen düşüňje öz manysyny ýitirýär, ýagny isendik tolkuný koordinatasy bar we ol giňişligiň kesgitli bir ýerinde bar diýip aýtmaklygyny manysy ýokdur.

*Korpuskulýar-tolkun dualizmi* bölekleriň korpuskulýar we tolkun häsiýetleriniň biri-birinden aýrylmazdygyny aňladýar. Bölejigiň koordinatasy onuň korpuskulýar häsiýetlerini, de Broýlyň tolkun uzynlygy we onuň bilen baglanyşykly bolan impuls, bölejigiň tolkun häsiýetlerini häsiýetlendirýär. Bölejigiň koordinatasyny takyk kesgitlemek onuň korpuskulýar häsiýetleriniň tolkun häsiýetlerden we bölejigiň impulsynyň kesgitlenen ululygy onuň tolkun häsiýetleriniň korpuskulýar häsiýetlerden ileri tutulýandygyny aňladýar.

Mikrobölekleriň tolkun häsiýetleriniň bardygyna görä, mikrobölekler bir-wagtda takyk koordinata we impulsa eýe dälirler. Mikrobölekler üçin nusgawy mehanikada ulanylýan koordinata we impuls diýen düşüňjeleri ulanmak bolmaz. Şeýlelikde, haýsy ýagdaýlarda bölejigiň tolkun häsiýetlerini göz önüne tutmaly we haýsy ýagdaýlarda onuň bu häsiýetini hasaba alman nusgawy mehanikanyň kanunlaryny ulanyň boljakdygyny beýan edýän, haýsy-da bolsa bir ölçegiň zerurlygy ýüze çykýar. Şeýle ölçeg bolup 1927-nji ýylda nemes fizigi W. Geýzenberg tarypyndan hödürlenen *kesgitsizlikler baglanyşygy* hyzmat edip biler. Kesgitsizlikler baglanyşygynyň häzirki wagtda has giň ýaýran ýazylyş görnüşi:

$$\Delta p_x \cdot \Delta x \geq \hbar,$$

ýagny bölejigiň koordinatasynyň kesgitsizliginiň impulsyň kesgitsizligine köpeltmek hasyly Plankyň hemişeliginden kiçi bolmadyk ululyga eýedir.

Beýleki iki koordinatalar üçin hem ýokarka meňzeş deňsizlikleri ýazmak bolar:

$$\Delta p_y \cdot \Delta y \geq \hbar,$$

$$\Delta p_z \cdot \Delta z \geq \hbar,$$

bu ýerde  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  we  $\Delta z$  –  $OX$ ,  $OY$  we  $OZ$  oklar boýunça bölejigiň koordinatalaryny ölçemekdäki kesgitsizlik (nätaýyklyk);  $\Delta p_x$ ,  $\Delta p_y$  we  $\Delta p_z$  – bu oklar boýunça impulsyň proyeksiýalarynyň düzüjisini ölçemekdäki kesgitsizlik (nätaýyklyk);  $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{c}$  – Plankyň hemişeligi.

Bellemeli zat, bu ululyklary ölçemekdäki nätaýyklar (kesgitsizlikler) abzal-laryň kämil daldiginden däl-de, öwrenilýän bölejikleriň tebigatyndandyr.

Kesgitsizlikler baglanyşygy bölejigiň, meselem,  $x$  koordinatasy we onuň im-pulsynyň  $\Delta p_x$  proyeksiýasy birwagtyň özünde kesgitli bahalara eýe bolup bilmeýän-digini görkezýär. Birwagtyň özünde  $\Delta x$  we  $\Delta p_x$  nola deň bolup bilmeýär, sebäbi, birwagtyň özünde  $\Delta x = 0$  we  $\Delta p_x = 0$  bolsa, kesgitsizlik baglanyşygy manysyny ýitirýär. Ýöne, bu kesgitsizligiň biriniň nola deň bolmagy mümkin.

Goý, bölejigiň  $p$  impulsy (tizligi) takyk kesgitlenen, ýagny impulsy kesgitle-mekdäki kesgitsizlik (nätaýyklyk)  $\Delta p_x = 0$  bolsun. Onda kesgitsizlikler baglanyşy-gyndan alarys:  $\Delta x \geq \frac{\hbar}{\Delta p}$ . Onda,  $\Delta x \rightarrow \infty$  we bölejigiň  $OX$  okuň ugrundaky ko-ordinatasy düýbünden kesgitsiz bolýar: bölejigi  $OX$  ugruň islendik ýerinde ýüze çykaryp bolar.

Eger bölejigiň  $x$  koordinatasy takyk kesgitlenen bolsa, onda koordinatany öl-çemekdäki kesgitsizlik (nätaýyklyk)  $\Delta x = 0$  bolar. Bu ýagdaýda  $\Delta p_x \geq \frac{\hbar}{\Delta x} \rightarrow \infty$  we  $\Delta p_x$  impulsyň bahasy düýbünden kesgitsiz bolar.

Şeýlelikde, kesgitsizlikler baglanyşygy şu aşakdakyny tassyklaýar: *bölejigiň koordinatasyny näçe takyklyk bilen ölçeyän bolsak, onuň impulsyny kesgitlemekte şonça-da uly nätaýyklyk goýberilýär we tersine.*

Kesgitsizlikler baglanyşygy bölejikleriň hereketini ýazyp beýan etmek üçin nusgawy mehanikanyň kanunlaryny ulanmaklygyň ölçegi bolup hyzmat edýär. Im-pulsyň proyeksiýasynyň düzüjisini ölçemekdäki kesgitsizligi (nätaýyklygy) tizligiň  $\Delta \vartheta$  kesgitsizligi bilen aňlatsak, ýagny  $\Delta p_x = m \cdot \Delta \vartheta$ , onda  $m \cdot \Delta \vartheta \cdot \Delta x = \hbar$ . Bu deňlikden alarys:

$$\Delta \vartheta = \frac{\hbar}{m \cdot \Delta x}.$$

Ýokarky aňlatmada deňsizlik alamatyny aýyrdyk, sebäbi örän seýrek ýag-daýlarda  $\Delta p_x \cdot \Delta x \gg \hbar$  bolýar. Santimetrde ölçenilýän  $\Delta x$  islendik ýagdaýda  $\hbar$ -yň

bahasyndan uly. Şoňa görä-de,  $m$ -iň uly bahasynda tizligiň  $\Delta v$  kesgitsizligi nola ymtylýar. Bu bolsa makroskopik jisimler üçin tizligiň kesgitsizliginiň elmydama kiçidigini, ýagny olaryň tolkun häsiýetleriniň ýüze çykmaýandygyny aňladýar.

$m$  massanyň bahasy örän kiçi bolanda, diňe şonda tizligiň  $\Delta v$  kesgitsizligi uly bolup biler. Elementar bölejikleriň, atomlaryň, hatda molekulalaryň gram hasabyndaky bahalary  $\hbar$ -yň san bahasyna golaý (meselem, elektronyň massasy  $m = 9,1 \cdot 10^{-28} \text{ g}$ ). Şoňa görä-de  $\Delta x$ -iň käbir bahalarynda tizligiň  $\Delta v$  kesgitsizligi uly baha eýe bolup biler, ýagny tolkun häsiýetleri uly bolar.

Kesgitsizlikler baglanyşygy diňe bir koordinatalar we impulslar üçin ýüze çykmaman, Geýzenbergiň görkeziji ýaly, meselem, bölejigiň  $E$  energiýasy bilen ony ölçemekligiň wagtyň arasynda hem ýüze çykyp bilýär. Eger bölejik käbir  $\Delta t$  wagt aralygynda stasionar däl (oýandyrylan) halda bolan bolsa, onda onuň bu haldaky energiýasy  $\Delta E$  takyklyk bilen kesgitlenip bilner.  $\Delta E$  we  $\Delta t$  kesgitsizlikler aşakdaky baglanyşyk bilen aňladylýar:

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar,$$

bu ýerden  $\Delta E \geq \frac{\hbar}{\Delta t}$ , ýagny käbir halda bölejik näçe az  $\Delta t$  wagt bolsa, onuň energiýasy şonça-da, nätakyk kesgitlenir we tersine, bölejigiň bolmak wagty tükeniksizlige ymtylýan durnukly (stasionar) halda bolsa, onda onuň energiýasy doly kesgitlenendir, sebäbi  $\Delta E \rightarrow 0$ .

*Mikrobölejikleriň korpuskulýar – tolkun häsiýetlerine biri-birinden baglanyşyksyz seretmek mümkin däl; sebäbi olar baglanyşyklydyrlar. Bir wagtyň özünde bölejigiň koordinatasyny we impulsyny kesgitlemek mümkin däl. Bu Geýzenbergiň kesgitsizlikler baglanyşygyndan gelip çykýan esasy netijedir.*

Elektronyň häsiýetlerini içgin öwrenmeklik fiziklere nusgawy garaýyşlardan el çekmekligiň zerurdygyny has-da köp ynandyrdy. Meselem, *tunnel effekti* diýip atlandyrylýan kwant hadysasy açyldy. Onuň manysy, elektronlar beýikligi bölejigiň doly energiýasyndan uly bolan potensial päsgelçiligiň içinden (tunnelden) geçip bilýärler. Bu hadysany beýan etmek üçin energiýa-wagtyň kesgitsizlik baglanyşygyndan peýdalanýarlar. Bu ýagdaýda wagtyň  $\Delta t$  kesgitsizligi bölejigiň potensial päsgelçiligiň  $\Delta x$  inini geçmek wagty bilen kesgitlenýär. Onda  $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$  baglanyşykdan alarys:  $\Delta E \geq \frac{\hbar}{\Delta x}$  (bu ýerde  $\Delta x$  – bölejigiň tizligi), ýagny  $\Delta x$  - iň ýeterlik kiçi bahasynda bölejik päsgelçiligiň içinden (tunnelden) geçmäge ukyply bolýar. Tunnel effektiniň ýüze çykmagyna mysal hökmünde güýçli elektrik we elektromagnit meýdanlarynda atomyň awtoionlaşmasyny, awtoelektron emissiýany, galtaşma gatlagyndaky hadysalary we ş.m. görkezmek bolar.



## **19-njy bap. YLYM WE JEMGYÝET. FIZIKA BOÝUNÇA NOBEL BAÝRAKLARY**

Soňky 300 ýylyň içinde ylmy bilimleriniň toplanmagy bütindünýä ylmy-tehniki rewolýusiýa getirdi. Emma ylym deňölçegli ösmedi. Uly açyşlar ya-da oýlap tapyşlar bilen baglanyşyklykda onuň ýokary görerilen döwürleri, şeýle hem ylmyň we tehnikanıň üstünliklerine bolan gyzyklanmalaryň peselen döwürleri hem boldy.

Ylmyň ösüşiniň başlangyç döwründe onuň üstünlikleri adaty adamlary az gyzyklandyrýardy. Şeýle ýagdaý XVII-XVIII asyrlarda, ýagny ylym bilen meşgullanmaklyk diňe uniwersitetlerde alnyp barylýan döwürde boldy we alynýan netijeler jemagata örän seýrek aýan bolýardy. Diňe örän belli açyşlar we aýratyn oýlap tapyşlar giň köpçülige bellidi.

XVIII asyryň ahırynda ylma bolan garaýyş üýtgep başlady. Tehniki ösüşiniň güýçli ösmegi diňe bir ylmy barlaglaryň giňelmegini talap etmän, jemgyýetiň dürli gatlaklarynyň ylma, şol sanda fizika bolan gyzyklanmalarynyň düýpli ösmegine getirdi. Örän köpsanly adamlar fiziki tejribeler bilen gyzyklanyp başladylar. Ondan başga-da, görnükli alymlaryň Londonda, Parižde, Filadelfiýada ýa-da Sankt-Peterburgda jemagat önünde fizikadan okan leksiýalary köp adamlary ýygnaıy. Şeýle ýagdaý XIX asyryň köp böleginde saklandy.

Bu ýagdaý XIX asyryň ahırynda, nusgawy fizika täze fiziki hadysalary düşündirip bilmeýän döwründe, düýpli üýtgedi. Şol döwürde adamlar dünýä nähili gurlan diýlen soraga anyk we kesgitli jogap almak isleýärdiler. Bu soraga diňe hünärmen alym-fizikler jogap berip biljekdi. Ýuwaş-yuwaşdan ylmy açyşlar jemgyýeti has içgin gyzyklandyryp başlady. Şunlukda, dünýä ylmy ösüşini şeýle bir kosmiki tizlenmä eýe boldy welin, diňe bir ýönekeý adamlara ylmy täzelikleriň durmuşa ornaşdyrylyş işine goşulýşmagyna kynçylyk döretmän, eýsem, olara bu täzeliklere akyl ýetirmeklige kynçylyk dörettdi. Eger ön ylym özbaşdak bolan bolsa, indi XX asyrda ol jemgyýetçilik durmuşynyň absolýut zerur meselesi hökmünde ýüze çykdy. Häzirki wagtda öz durmuşmyzy ylmy açyşlaryň netijesi bolan köpsanly kämilleşdirilen tehniki abzalsyz we enjamsyz göz önüne getirip bilmeýäris. Adamzat özüniň ýaşan döwründe ilkinji gezek, örän az wagtyň dowamynda, ylmyň ägirt uly gazananlarynyň tehniki özleşdirilişiniň zerurlygy bilen ýüzbe-ýüz boldy. Netijede, ylmyň köpsanly gazananlarynyň durmuşa çalt ornaşdyrylmagy, jemgyýetçilik aňynyň yza galmagyna getirdi. Ine, bu ýerde, XX asyryň möhüm üstünligi *Nobel baýragy* kömege geldi.

*Nobel baýragy* barada aýtmazdan ön, onuň döredilişini barada aýtmak gerek. Nobelleriň şejeresi XVII asyryň başyndan başlanýar. Maşgala başy Emma-nuel Nobel Şwesiýanyň Upsala şäherindäki uniwersiteti tamamlady we Stokgolm

şäherinde arhitektor bolup işledi. Ol şeýle hem talantly oýlap tapyjy bolupdyr. E.Nobel suwasty minalaryny oýlap tapyjy hökmünde bellidir. Täjirçilikde bolan şowsuzlyklary sebäpli ol watanyny taşlap gitmäge mejbur bolýar. 1837-nji ýylda ol Russiýa gelýär we baş ýyldan soň ol bu ýere ähli maşgalasyny, şol sanda, öz ogullary Roberti, Lýudwigi we Alfredi getirýär.

Sankt-Peterburgda E.Nobel suwasty minalarynyň täsirini Russiýanyň döwlet ýolbaşçysyna görkezýär. Tiz wagtdan E.Nobel Sankt-Peterburgda minalary we tokar stanoklaryny öndürýän zawody esaslandyrýar. XIX asyryň 80-nji ýyllarynyň başynda Lýudwig, doganlary Robert, Alfred we beýleki adamlar bilen bilelikde «*Nobel doganlarynyň birleşmesi*» atly nebit kompaniýasyny döredýär. Bu kompaniýa tiz wagtyň içinde nebit önümlerini öndürmek, gaýtadan işlemek we daşamak boýunça Russiýada we Ýewropada iň gowy kompaniýalaryň biri boldy.

E.Nobeliň Russiýada başlan işi, ylaýta-da, Krym urşy döwründe has-da pajarlap ösdi. Emma uruşdan soňky dörän maliýe çökgünligi sebäpli, Alfred kakasy bilen watanyna dolanmaga mejbur bolýar.

Şwesiýada E. Nobel öz mülkünde kiçi ogullary Alfred we Emil bilen uly bolmadyk barlaghanany açýar. Alfred bu barlaghanada fiziki we himiki tejribeler bilen meşgul bolýar we *nitrogliserini* bitaraplaşdyrmagyň usullaryny gözleýär.

*Dinamiti* oýlap tapan we baýragy esaslandyran A. Nobeliň terjimehalyna seredeliň. Şwed himigi, inženeri, oýlap tapyjysy, telekeçisi Alfred Bernhard Nobel (162-nji surat) 1833-nji ýylyň 21-nji oktýabrynda Şwesiýanyň Stokgolm şäherinde eneden doguldy. Onuň çagalygynda saglygy gowşak bolupdyr. Alfred zähmetsöýer we ukyply bolupdyr, himiýa bilen gyzyklanypdyr.

Alfred çagalygynda Lukmançylyk-hirurgiýa akademiasynyň himiýa kafedrasynyň işgäri, belli himik Nikolaý Nikolaýewiç Sininiň (1812–1880 ý.) elinde bilim aldy. N.N. Sinin E. Nobele we onuň ogluna italýan himigi Askanio Sobroniň (1812–1888ý.) 1846-njy ýylda *nitrogliserini* açandygyny habar berdi. Sininiň maslahat bermegi bilen Alfredi daşary ýurda, Ž.L. Geý-Lýussagyň okuwçysy, belli himik Teofil-Žýul Peluryň (1807–1867 ý.) ýolbaşçylyk edýän Pariž barlaghanasyna iberýärler. 1852-nji ýylda Alfred nitrogliserin bilen tejribeleri geçirmäge taýýar hünärmen bolup, Peterburga gaýdyp gelýär.

1863-nji ýylda Alfred azot kislotasy we gliserin (nitrogliseriniň düzüjileri) üçin *inžektor* – *garyşdyryjyny* oýlap tapýar. Bu açyş geljekde bu ugurdan senagat önümçiliginiň döremeginiň esasy boldy. 1864-nji ýylyň 3-nji sentýabrynda 100 kg nitrogliseriniň ýarylmagy netijesinde birnäçe adam, şol sanda, Alfrediň kiçi dogany Emil hem heläk bolýarlar.



162-nji surat. Alfred Bernhard Nobel

Nitrogliseriniň *detonirlenmegini* nähili peseltmeli? Alfred onuň ajaýyp çözgüdini tapdy. Ol öýjükli tebigy absorbirlenen materiala – *kizelgura* (*diatomit*, «*infuzor topragy*») – nitrogliserini siňdirdi. Bu material suwotulary bilen örtülen, owrangyç kremniý çökündili dag jynsydyr. Inertli materialyň örän ownuk öýjüklerine siňip, nitrogliserin howply bolmaýar. Şeýlelikde, nitrogliseriniň öz-özünden ýarylmasy aradan aýryldy. Ondan başga-da, bu garyndyny gysyp (presläp) oňa zerur formany berip bolýar. *Dinamit* şeýle döredi.

1887-nji ýylda Alfred *tüssesiz därini* – *ballistit* döredip, täze açyş etdi. Nitroketçatkany nitrogliserin bilen garyp, kuwwatly, ýöne dolandyrylmaýan ýaryjy garyndyny almak bolýandygy subut edildi.

Nobel on ýylyň dowamynda ony peseltmegiň üstünde işledi. Köpsanly tejribeler, diňe üçünji düzüjini – *kamfary* goşmak gerekdigini görkezdi. Netijede, parahat ýanýan, mehaniki işläp bejermek üçin ýeňil bolan garyndy alyndy. Ballistit harby işde giňden ulanylyp başlandy. Eger öň uruş meýdany däriniň goýy tüssesi bilen örtülen bolsa, indi, garşydaşlar biri-birini oňat görüp we netijede takyk nyşana alyp bilýärdiler.

Alfred Nobel Ýewropanyň dürli ýurtlarynda köpsanly kärhanalary açýar, Fransiýada, Şwesiýada, Italiýada we beýleki ýerlerde öýleri we mülkleri satyn alýar we satýar. Alfred bütün ömründe dünýäniň ähli künjeklerinde ýerleşen zawodlarynyň arasynda gatnap geçirdi. Belli ýazyjy Wiktor Gýugo Alfred Nobeli «*Ýewropanyň in bay sergezdaný*» diýip atlandyrdy. 1896-njy ýylda onuň 355 kepillendirmesi bolup, olaryň esasynda 20 ýurtda 90-a golaý kärhanany gurdurypdy. Suw ölçeýji, barometr, sowadyjy enjam, gaz gorelkasy we başga-da köp oýlap tapyşlar oňa degişlidir. Onuň baýlygynyň artmagyna Russiýada kakasynyň işini dowam etdiren doganlary bilen işewür hyzmatdaşlyk hem ýardam etdi.

Nobeliň ömrüniň soňky döwri rahat geçdi diýip bolmaz. Uly dogany Lýudwig, bir ýyldan soň onuň soňky daýanjy bolan ejesi aradan çykýar. Inlisler hem, düzümi boýunça ballistitden birazrak tapawutlanýan *tüssesiz därini* – *korditi* oýlap tapan-dyklary barada kepillendirmä arza berdiler. Olar bilen uzak wagtlaýyn kazyýet seljermesi Nobeliň peýdasyna bolmady.

1891-nji ýylda Nobel Fransiýany taşlap gitmek barada netijä gelip, özüniň ýaşajak ýerini Riwerýede (Italiýa), San-Remoda esaslandyrdy. Nobel öz mülkünde uly bolmadyk barlaghanany gurýar we *sintetik kauçugy* we *emeli ýüpegi* almaklygyň üstünde işleýär. Bu ýerde, Nobel özüniň ömrüniň soňky ýyllaryny geçirdi. 1896-njy ýylyň 10-njy dekabrynda Alfred Nobel beýnisine gan inip aradan çykýar.

Geň galmaly zat, dinamiti oýlap tapyjy, parahatçylygy goramak boýunça kongresleri guramaklyga gatnaşdy.

A. Nobel özüniň belli wesýetnamasyna 1895-nji ýylyň 27-nji noýabrynda gol çekdi. Ol özüniň ähli baýlygyny (31,6 *mln* şwed krony) maýa goýuma öwürmekligi we onuň göterimlerini baýrak hökmünde, geçen ýylyň dowamynda adamzada uly

hyzmatlary eden adamlaryň arasynda paýlamaklygy wesýet etdi. Maýadan girýän girdeji baş baýragy bermek üçin, baş deň bölege bölünmelidi: *birinjisi – fizikadan, ikinjisi – himiýadan, üçünjisi – fiziologiýa we lukmançylykdan has möhüm açyşlar üçin, dördünjisi – has oňat edebi eserler üçin, bäşinjisi – halklary ýakynlaşdyrmaga, goşunlary kemeltmäge, şeýle hem, «Parahatçylyk kongresslerini döretmek we berkitmek» işlerine ýardam eden adamlara gowşurylmaly.*

Nobeliň wesýetnamasy hukuk taýdan ýeterlik resmileşdirilmändi. Muňa köp adamlar, ilkinji nobatda onuň garyndaşlary razy dældiler. Emma onuň wesýetini durmuşa geçirmäge ýardam etjek adamlar hem bardy. Şeýle adam, onuň şahsy kätibi, himik Ragnar Sulmandy. Ol A. Nobeliň wesýetnamasynyň kanunylygyna degişli kazyýet işiniň üstünlikli geçmegini gazandy we garyndaşlary kabul ederlikli ýerini dolma bilen, olary miras talap etmeklikden boýun gaçyrmaga uryp bildi. Şeýlelikde, kazyýet işi tamamlandy we 1900-nji ýylyň 19-njy iýunynda Şwed parlamenti (Riksdag) *Nobel fondunyň Düzgünnamasyny* tassyklady.

Düzgünnama görä fizika we himiýa boýunça *Nobel baýraklary Korollyk şwed Ylymlar akademiýasy*, fiziologiýa we lukmançylyk boýunça baýraklar – *Korollyk Karolin lukmançylyk – hirurgiýa instituty*, edebiýat boýunça baýrak – *şwed edebiýat akademiýasy*, parahatçylyk Nobel baýragy bolsa – *norweg Stortingiň (parlamentiniň) ýanyndaky ýörite Nobel komiteti* tarapyndan berilýär. Bu guramalaryň hemmesi 15 gözegçini saýlaýarlar, olar bolsa öz gezeginde, gaznanyň *direktorlar Sowetini* saýlaýarlar; onuň başlygyny we başlygyň orunbasaryny Şwesiýanyň koro­ly saýlaýar. Ondan başga-da, 1969-njy ýyldan başlap her ýyl *ykdysadyýet* boýunça *Nobel baýragy* berilýär. Bu baýrak *Şwesiýanyň banky* tarapyndan A. Nobeliň hormatyna döredildi we ykdysady ylymlarda gazanylan üstünlikler üçin *şwed Ylymlar akademiýasy* tarapyndan gowşurylýar.

Düzgünnama görä, baýragy berýän ähli guramalarda *Nobel institutlary (Nobel hauslar)* döredildi. Olaryň ýanynda 5 sany ýörite *Nobel komitetleri* bar. Olaryň her haýsysy 5 agzadan ybarat we maslahatlaşmak üçin garaşsyz bilermenleri (ekspertleri) çagyrmaga hukuklary bardyr. Her ýyl *Nobel komitetleri* görnükli alymlara, baýraga mynasyp bolup biljekler barada hödürnamalary ibermeklerini haýyş edip, örän köp mukdarda çakylyklary iberýärler. Dalaşgärleriň alnan sanawyndan 30-40 sany has mynasyp alymlary saýlap alýarlar, olar hem soňra bäsleşige gatnaşýarlar. Dalaşgärleri saýlap almaklyk her ýylyň 1-nji fewralyna çenli dowam edýär. Soňra oktýabr aýynda *Ylymlar akademiýasynyň* we *Karolin institutynyň* agzalary öz mejlislerinde gutarnykly çözüdi kabul edýärler. Şunlukda, doly gizlinlik saklanylýar, alymlaryň atlary bildirilmeýär.

Baýraga mynasyp bolan täze saýlananlar baradaky habar A. Nobeliň doglan gününde – 21-nji oktýabrda halka ýaýradylýar. *Nobel baýragynyň* resmi gowşurylyş dabarasy onuň aradan çykan günü – 10-njy dekabrdan geçirilýär. 10-njy dekabrdan baýrak aljaklar Stokgolma gelýärler we filarmoniýanyň konsert berilýän otagyn-

da sylaglanma taýýarlygyny geçmek üçin ýygnanýarlar. Sylaglanyş dabarasy şol gün agşam geçirilýär. Dabaranyň başynda *Nobel komitetiniň* wekili dabara gatnaşyjylary şwed dilinde baýraga mynasyp bolan adam bilen tanyşdyrýar, soňra bu teksti iňlis dilinde gaýtalaýar we soňunda ony baýrak almaga çagyryr. Baýrak almaly adam otagyň merkezine geçýär we *N* harpy şekillendirilen halynyň üstüne baryp durýar. Şwesiýanyň koroly haty (gramotany) we medaly alyp otagyň merkezine tarap ýöreýär. Dabaranyň bütin dowamynda dabaraly saz ýaňlanýar. Resmi bölek gutarandan soň hemmeler Stokgolmyň ratuşasyna tarap, baýramçylyk dabarasyna ugraýarlar. Ertesi gün baýrak alan adamlar pul baýragyny alýarlar. Bu adamlaryň her biri Nobeliniň *şekili bolan altyn medal we diplom* hem alýarlar.

Baýragyň pul böleginiň ululygy *Nobel baýragynyň gaznasynyň maýasynyň* arassa girdejisiniň ululygyna baglylykda üýtgäp durýar. Ilkibaşda, *Nobel baýragynyň gaznasy 31,6 mln şwed kronyna* deňdi (häzirki wagtyň bahalaryna görä bu, takmynan, 1,65 mlr şwed kronyna, ýagny 9 mln amerikan dollaryna deň). 2015-nji ýylyň dekabry aýyna görä *Nobel baýragynyň gaznasy 4,065 mlr şwed kronyna* deňdi, *Nobel baýragynyň* ölçegi bolsa *8 mln şwed kronyna (1,1 mln amerikan dollaryna)* deňdi.

*Nobel gaznasynyň Düzgünnamasyna* laýyklykda, bu baýragy alan her bir adam, «*eger hiç hili päsgelçilik bolmasa, baýrak berlenden soň alty aýyň dowamynda, baýrak alan temasy boýunça jemagat önünde leksiýa okamaly*» (*Nobel leksiýalary*).

*Nobel leksiýalary* okalyança, onuň Şwesiýanyň hiç bir ýerinde jemagat önünde çykyş etmäge hukugy ýokdur. Eger baýrak iki ýa-da üç alyma berlen bolsa, olar *Nobel leksiýalaryny* bir mejlisde – baýragy beren guramanyň kararynda familiýalaryň geliş tertibinde çykyş edýärler. Olar bu çykyşlarynda özleriniň gazanan in soňky ylmy üstünliklerini, düşnükli (populýar) dilde jemagata ýetirýärler.

*Nobel baýragy* ilkinji gezek 1901-nji ýylda berildi. *Nobel baýragyna ilkinji mynasyp bolanlar:*

- Fizika boýunça – Wilgelm Konrad Rentgen - X-şöhlelerini açandygy üçin;
- Himiýa boýunça – Ýakob Henrik Want – Goff – himiki kinetikadan geçiren derňewleri üçin;
- Lukmançylyk boýunça – Emil Adolf Bering – garahassalyga garşy sanjym döredendigi üçin;
- Edebiýat boýunça – Rene Sýulli Prýudom;
- Parahatçylyk boýunça – Žan Anri Dýunan – Gyzył Ýarymaýyň Halkara komitetini esaslandyrandygy we Frederik Passi «Parahatçylygy goramak boýunça hemişelik Halkara Ligasyny» esaslandyrandygy üçin.

Nobel baýraklaryny indi, 100 ýyldan gowrak wagtdan bäri berýärler. Nobel baýragyny alanlaryň hemmesi (ýa-da bu baýraga mynasyp bolan diňe fizikler) barada gürrüň bermek mümkin däl, sebäbi fizikleriň özleri 210 adam. Şol sebäpli Nobel baýragyny alanlaryň toparlaýyn suratyny, onuň daş sypatyny düzmäge synanyşalyň.



Nobel baýragyny alanlary haýsy syptlary boýunça häsiýetlendirmek bolar? Olaryň köpüsi - *zehinliler*. Olar 19-20 ýaşlarynda uniwersitetleri tamamladylar, 25 ýaşlarynda ylmlaryň doktorlary boldular. Olaryň mugallymlary, düzgün bolşy ýaly, görnükli alymlar. Kâbir alymlaryň birnäçe okuwçylary, mysal üçin, Enriko Ferminiň alty okuwçysy, Ernest Lourensiň we Nils Boruň her haýsysynyň – dört, A.F. Ioffäniň - üç okuwçysy Nobel baýragyna mynasyp boldular.

Dünýä ylmynda birnäçe ylmy merkezleri «*Nobel baýragyna mynasyp bolanlaryň sallançagy*» diýip atlandyrmak bolar. Olardan ilkinji nobatda fizika we himiýa boýunça Nobel baýragyna mynasyp bolanlaryň 20 sanysy işläň *Kawendiş barlaghanasyny* görkezmek bolar. ABŞ-nyň Berkli şäherindäki *E. Lourens adyndaky Radiasiýa barlaghanasynda* Nobel baýragyny alanlaryň birnäçesi işledi. Öňki SSSR-de we Russiýada şeýle ylmy merkezler hökmünde *P.N. Lebedew adyndaky Fizika instituty* (dürli wagtlarda bu ýerde E.I. Tamm, I.M. Frank, P.A. Çerenkow, N.G. Basow, A.M. Prohorow, W.L. Ginzburg, A.D. Saharow işlediler), *Moskwadaky fiziki meseleler instituty* (bu ýerde belli sowet fizikleri L.D. Landau, A.A. Abrikosow, P.L. Kapisa işlediler), Sankt-Peterburgdaky *Fizika-tehnika instituty* (bu ýerde ylmy döredijilikleriniň başynda işläň, geljekki Nobel baýragynyň eýeleri P.A. Kapisa, L.D. Landau we N.N. Semenow işlediler, häzirki wagtda bolsa 2000-nji ýylyň Nobel baýragynyň eýesi Žores Alferow işleýär) görkezmek bolar.

Nobel baýragyna mynasyp bolanlaryň ortaça ýaşı 36. Şolaryň içinde Lorens Bregg (1890–1971 ý.) 25 ýaşynda (1912 ý.) Nobel baýragyna mynasyp boldy. Artur Eşkin – kiçi (1922-nji ýylda dogulan) fizika boýunça Nobel baýragyna 96 ýaşynda (2018 ý.) mynasyp boldy.

Düzgünnama görä *Parahatçylyk boýunça* baýrakdan beýleki baýraklar diňe bir gezek berilmeli, emma Nobel baýragynyň taryhynda kadadan çykma hökmünde 4 adam Nobel baýraklaryna 2 gezek mynasyp boldular:

1. Mariýa Sklodowskaýa – Kýuri, 1903-nji ýylda fizika boýunça , 1911-nji ýylda himiýa boýunça;
2. Laýnus Poling, 1954-nji ýylda himiýa boýunça , 1962-nji ýylda parahatçylyk boýunça;
3. Jon Bardin, 1956-njy we 1972-nji ýyllarda fizika boýunça;
4. Frederik Senger, 1958-nji we 1980-nji ýyllarda himiýa boýunça.

Nobel baýragynyň taryhynda diňe 3 sany zenan fizika boýunça Nobel baýragyna mynasyp boldy:

1. Mariýa Sklodowskaýa – Kýuri (Polşa), 1903-nji ýylda. Şeýle hem ol Nobel baýragyna mynasyp bolan ilkinji zenandyr;
2. Mariýa Geppert – Maýer (Germaniýa, ABŞ), 1963-nji ýylda;
3. Donna Striklend (Kanada), 2018-nji ýylda.

*Fizika boýunça* Nobel baýragyna mynasyp bolanlaryň sany belläp geçişimiz ýaly 210 adam, fiziki derňewleri bolsa bu döwürde milliondan hem köp alymlar geçirdiler. Bu olaryň sähelçe böleginiň ýokary ada mynasyp bolýandygyna şaýatlyk edýär. Hakykatda, bu ada mynasyp boljak alymlar gaty köp. Şeýle-de bolsa, *Nobel komiteti* öz tarapyndan baýraklar berlende, olaryň derejesini kemeltmän, adalatsyzlygy azaltmaga çalyşýar. Munuň üçin soňky ýyllarda baýraklary, Nobel komitetiniň görnükli üstünlik hökmünde bellän, ylmyň kesgitli böleginiň ösüşine deň goşant goşan birnäçe alymlaryň arasynda bölýärler. Şeýle çemeleşme toplumlaýyn ylmy mekdepleriň bäsleşigi we ş.m. bolýan fizikanyň häzirki zaman ýagdaýy bilen laýyk gelýär. Baýrak aýratyn ýa-da bir wagtda birnäçe alymlar tarapyndan bilelikde ýerine ýetirilen işler üçin berilýär. Muňa garamazdan, baýraga mynasyp bolman galan işler henize çenli köp. Olara teselli hökmünde, görnükli üstünlikleri gazanan alymlara köpsanly baýraklar, medallar we beýleki tapawutlandyryş nyşanlary berilýär. Düzgün bolşy ýaly, olar Nobel baýraklary ýaly uniwersal häsiýetde bolman, ylmyň kesgitli pudagyna degişli bolýarlar. Olardan käbirlerini, has bellilerini mysal getireliň. *Matematikler* 40 ýaşyna çenli *Fildow baýragy* bilen sylaglanylsa, *Guggenhaýmlar baýragy* *astronawtika* pudagynda edilen görnükli üstünlikler, *Denni Haýneman baýragy* *matematiki fizika* pudagynda gazanylan üstünlikler üçin berilýär. Inlisler öz raýatlaryny, şeýle hem daşary ýurt alymlaryny, *Wollastonyň*, *Rezerfordyň*, *Reýliniň* we beýlekileriň medallary bilen sylaglaýarlar. ABŞ-da tehnika pudagynda bitiren hyzmatlary üçin *S. Bellen-taýnyň altyn medaly* berilýär. Ony *B. Franklin instituty* berýär we ol ABŞ-da *kiçi Nobel baýragy* (pul sylagy berilmeýär) hasaplanýar.

Öňki Sowet Soýuzynda aýratyn alymlara we ylmy-barlag toparlaryna ylymda gazanan üstünlikleri üçin *Lenin we Döwlet baýraklary* berilýärdi. *Russiýa Federasiýasynyň Döwlet baýragy* häzir hem bar we örän abraýly baýrak hasaplanýar. Russiýanyň Ylymlar akademiýasynyň ýokary sylagy *Lomonosow medalydyr*, 1956-njy ýyldan bäri ol baýrak bilen her ýyl bir Russiýanyň raýaty we bir daşary ýurtly alym sylaglanylýar.

Nobel baýraklarynyň dünýä ähmiýetine seredeliň. Nobel baýragynyň islendik alym üçin in arzyly baýrakdygy gürrüňsizdir. Bu baýrak diňe bir ylmy dünýäde alymyň abraýyny artdyрман, ol jemgyýetde tanymal, meşhur adamlaryň biri bolýar.

Nobel baýragynyň ýene-de bir möhüm tarapyňy bellemek zerurdyr. Baýraga hödürlemeklik uly düşündiriş işini geçirmek bilen alnyp barylýar. Ol jemgyýetiň ylmy üstünliklere gyzyklanmasyny döredýär we bu tema degişli köpsanly makalalaryň we ylmy işleriň çap edilmekligini höweslendirýär.

Bu bolsa öz gezeginde, bu ugurdan hünärmen däl adamlara ylmyň köpugurly we elmydama düşnükli däl dünýäsinde ylmyň ugruny kesgitlemäge kömek edýär. Şeýlelik bilen, fizika bilen baglanyşygy bolmadyk, emma onuň bilen gyzyklanýan adamlar üçin Nobel baýragy ylmyň gözýetmez ummanynda, özboluşly maýak ýaly-

dyr. Ine, şu hem Nobel baýraklarynyň baş hyzmatydyr. Tersine bolanda, köpsanly fiziki açyşlar jemgyýet tarapyndan ykrar edilmän galardy. Nobel baýragynyň ýene-de bir ähmiýetli tarapy, *Nobel komitetleri* ol ýa-da beýleki açyşyň ösüşiniň geljegine (perspektiwasyňa) örän uly üns berýärler.

A. Nobeliň ykbaly Russiýa bilen ýakyndan baglanyşyklydyr. Ylmyň hemişelik ösüşinde A. Nobeliň ägirt uly hyzmatyna Russiýada ýokary baha berýärler. Sankt-Peterburgda, Newa derýasynyň kenarynda, 25-nji öýüň golaýynda, 1991-nji ýylyň 20-nji oktyabrynda memorial bellik oturdyldy: ýarylyş massalary bilen çylşyrymly örülen ýagdaýda bolan, açyk-altyn öwüşginli agaç görnüşli gurluşdan, parahatçylygyň nyşany bolan – kepderi uçup çykýar.

Fizika boýunça Nobel baýragyna mynasyp bolan alymlar barada doly maglumatlar (1901-nji ýyldan, ýagny baýraklaryň berlip başlanan ýylyndan, 2018-nji ýyla çenli) bilen *2-nji Goşmaçada* tanşyp bolar.

## **20-nji bap. RUS WE ÖŇKI SOWET FIZIKASY**

### **20.1. Rewolýusiýadan öňki Russiýada ylmyň ösüşi**

Bu döwürde rus fizikasy dünýä ylmyň ösüşine özüniň saldamly goşandyny goşdy. Emma esasy garaýyşlar we wajyp tejribeler, düzgün bolşy ýaly, beýleki ýurtlaryň alymlaryna degişlidi. Muňa ýönekeý jogap bermek bolar: Russiýa XIX-XX asyryň başlarynda, gürrüňsiz welaýat (prowinsial) häsiýetli ylmy bolan ýurtdy. Rewolýusiýadan öňki Russiýanyň ylmyň häsiýetlendirýän aýratynlyklary:

- Fizika ähli ugurlar boýunça däl-de, diňe aýratyn, ýeterlik dar ugurlar boýunça ösdi;
- Ylmy barlaglar diňe uniwersitetlerde alnyp barylýardy. Şol döwürde ähli ösen ýurtlarda bar bolan ýörite ylmy edaralar Russiýada ýokdy;
- Döwlet, şeýle hem hususy adamlar tarapyndan ylma goýulýan maýa goýumlary ujypsyz azdy;
- Belli alymlar-guramaçylar tarapyndan ýolbaşçylyk edilýän ylmy mekdepler azdy;
- Uniwersitet we tehniki bilim ulgamynyň ylmy derejesi ýokary derejeli alymlary taýýarlamak üçin ýeterlik däl.

Bulara giňişleýin seredeliň. XIX asyrdaky ylym fransuz, iňlis, nemes, rus we beýlekilere ýüzleý bölünýän hem bolsa, ýeterlik derejede halkara ýagdaýynda. XX asyryň başlaryna ylymda millilik, aýratyn-da, ylmyň tehnika bilen baglanyşýan çäklerinde, güýçlenip başlaýar. Munuň şeýle bolmagynyň sebäbi, ylym has-da harbylaşdyrylyp başlandy, döwletara bäsdeşlik bolsa bu prosesi güýçlendirýär. Ikinji jahan urşundan soň bu ýagdaý has-da aýdyň ýüze çykdy. Uly döwletler bolan ABŞ we SSSR beýleki döwletleriň başaryp bilmeýän ylmy barlaglaryny geçirip bildiler.

Bu döwürde ylmyň ýagdaýyny nähili bahalandyryp bolar? Ylmyň ösmekligi üçin şertler ABŞ-da we SSSR-de dürli-dürlüdi. ABŞ-da alymlaryň ylmy derejesi düýpli ýokarydy. Onuň ylmy düzümi Ýewropanyň, Aziýanyň, Latyn Amerikasynyň alymlaryndan düzülendi (fizikleriň diňe 20%-i amerikalylardy). SSSR öz güýçleri bilen oňmaly boldy. Şol wagtyň özünde SSSR-de ylmyň guralyşy, aýratyn-da, fizikanyň öňdebaryjy pudaklarynda we beýleki wajyp ylymlarda örän ýokarydy. Hususan-da, bu ylmy fiziki mekdepleriň önjeýli işleri sebäpli mümkin boldy.

Rewolýusiýadan öň Russiýada esasy ylmy barlaglar uniwersitetlerde, onda-da Moskwa, Sankt-Peterburg, Kazan, Kiýew, Waşawa, Harkow, Noworossiýskiý we beýleki öňdebaryjy uniwersitetlerde jemlenendi. Şol döwürde Germaniýada, Angliýada, ABŞ-da we Fransiýada dürli görnüşlerde hereket edýän ylmy institutlar ýaly institutlar Russiýada ýokdy. Şeýle syýasat netijesinde Russiýada diňe aýratyn ýokary derejeli alymlar, köplenç, matematikada we himiýada döredi. Fizikada bolsa olaryň sany azdy: fizika toparlaýyn zähmeti talap edýär, muny bolsa ýörite ylmy edaralarsyz amala aşyrmak kyndy.

Rewolýusiýadan öňki Russiýada ylmy ösdürmek üçin goýulýan döwlet maýa goýumy örän azdy. Günbatarda bolsa uly firmalar ylmy barlaglara pul serişdelerini işjeň çykarýardylar. Russiýada bolsa ylmy diňe Nobeliň maşgala agzalary material taýdan goldaýardylar.

Günbatarda ylmy barlaglar A.Kundt, J.J.Tomson, E.Rezerford, N.Bor, A.Zommerfeld, E.Fermi we ýene-de köpsanly alym guramaçylar, ylmy mekdepleriň ýolbaşçylary tarapyndan hem ösdürilýärdi. Russiýada şeýle mekdepler düýbünden ýok diýen ýalydy. Diňe Moskwadaky P.N.Lebedewiň ylmy mekdebi (bu mekdepde P.P.Lazerew, S.I.Wawilow, A.P.Kolli, B.K.Arkadýew, N.A.Kapsow, T.P.Krawes we beýlekiler işlediler) daşary ýurt mekdepleri bilen käbir derejede bäsleşip bilýärdi.

Rewolýusiýadan öňki Russiýada uniwersitet bilimi özüniň derejesi boýunça ýeterlik ýokary dälidi. Şol sebäpli bu bilim talantly alymlaryň ylma gelmegini üpjün edip bilmeýärdi. Şoňa görä-de, fizika bilen gyzyklanýan adamlar daşary ýurtlara okamaga gidýärdiler, köplenç, şol ýurtlarda köp ýyllaryň dowamynda işlemäge galýardylar. Ine, şular Russiýada ylmy mekdepleriň ýoklugyna we fizikanyň ösüş depgininiň uly bolmazlygyna getirdi.

## 20.2. Öňki sowet fizikasynyň taryhy

Oktýabr rewolýusiýasyndan soň Russiýada ylym başga ýol bilen ösdi. Ol dünýä derejesine çykdy, her näme bolsa-da, muny fizika barada aýtmak bolar. Sowet fizikasynyň taryhy – bu örän giň tema. Diňe aýratyn, has görnükli alym – fizikleriň ylmy döredijiliklerine seredeliň.

Rewolýusiýadan soňky ilkinji ýyllarda, ýurtda weýrançylyga garamazdan, ylym togtamady. Diňe bu döwürde, *Russiýada fizika ylmynyň ösüşiniň esasy*

ugurlary kesgittendi we uly ylmy edaralary döretmek, ýokary mekdebi täzeden gurnamak we onuň ylm bilen arabaglanyşygyny berkitmek, alymlaryň döwlet we jemgyýetçilik birleşmelerini döretmek işleri alnyp barylady.

Ilkinji ylmy edaralar 1918-nji ýylda döredilip başlandy. Şol ýylyň dekabrynda M.A. Bonç-Bryýewiçiň we W.M. Leşinskiniň başlangyçlary bilen *Nižegorod radiotejribehanasy – radiotekhnika degişli ilkinji sowet ylmy barlag merkezi* – häzirk *Ylmy barlag radiofiziki instituty* esaslandyryldy. Şol ýyl Petrogradda A.F. Ioffe we M.I. Nemenow tarapyndan *Rentgenradiologik instituty - geljekki Fiziki tehniki instituty*, şeýle hem D.S. Roždestwenskiniň ýolbaşçylygynda *Döwlet optika instituty* esaslandyryldy. Moskwada *Şanýawskiý uniwersitetiniň esasynda P.P. Lazarew biofizika institutyny* döretti. Şeýle hem N.E. Žukowskiý tarapyndan ýolbaşçylyk edilen *Merkezi aerogidrodinamik instituty* döredi. Bu institutlar sowet fizikasynyň döremeginde esasy ähmiýete eýe boldular. Soňra şeýle görnüşli institutlar beýleki şäherlerde hem açylyp başlandy. Şeýlelik bilen özüniň dörän ilkinji gününden başlap, sowet ylmy, düýpli material esasy bolan uly ylmy edaralary döretmek ýoly bilen gitdi.

1919-njy ýylyň fewralynda Petrogradda rus fizikleriniň gurultaýy geçirildi.

Bu gurultaý fizikleriň *Russiýa assosiasiasynyň düzgünnamasyny işläp düzmek üçin topar* döretti. Assosiasiya rus fizikleriniň gurultaýyny yzygider (1930-njy ýyla çenli) geçirip geldi.

Birinji gurultaý 1920-nji ýylda Moskwada, ikinjisi 1921-nji ýylda Kiýewde, üçünjisi 1922-nji ýylda Nižniý Nowgorodda, dördünjisi 1924-nji ýylda Leningradda geçirildi. Bu gurultaýa myhman hökmünde P. Erenfest gatnaşdy. Bu gurultaý sowet fizikasynyň döremekliginiň guramaçylyk döwrüni tamamlady. Onuň döremekligi örän kyn döwürde (weýrançylyk, maddy kynçylyklar, blokada, zerur maglumatlaryň ýoklugy) bolup geçdi. Şaýatlaryň ýazmagyna göre, ylmy işgärleriň arasynda, rus we dünýä ylmynyň arasyndaky boşlugy çalt ýok etmäge mümkinçilik beren, ýokary ruhubelentlik höküm sürýärdi.

Sowet fizikasynyň döremeginde A.F. Ioffäniň hyzmaty örän uludyr.



163-nji surat. Abram Fyodorowiç Ioffe

---

**Abram Fyodorowiç Ioffe (1880–1960 ý.)** – rus we sowet fizigi (163-nji surat), «sowet fizikasynyň atasy». Ol Poltawa guberniýasynyň Romny şäherinde (Ukraina) doguldy, 1902-nji ýylda Sankt-Peterburgyň tehnologik institutyny we 1905-nji ýylda Mýunhen uniwersitetini (Germaniýa) tamamlady. Germaniýada B.K. Rentgeniň ýanynda işledi. 1906-njy ýylda yzyna gaýdyp geldi we şol tehnologik institutda işledi. Ol SSSR Ylymlar akademiýasynyň akademigi (1920 ý.), wise-prezidenti (1942–1945 ý.) boldy, ylmy mekdebi esaslandyryjydyr. Sosialistik Zähmetiň gahrymanydyr, Lenin baýragy bilen sylaglandy.

---



1911-nji ýylda A.F.Ioffe R.Millikeniň ulanan garaýşyny elektrik we grawitasiýa meýdanlarynda metalyň zarýadlanan bölejiklerine (Millikeniň tejribesinde: ýag damjalaryna) täsir edýän güýçleriň deňagramlaşmagy) ulanyp elektronyň zarýadyny kesgitledi. Emma Ioffe bu işini diňe 1913-nji ýylda çap etdi (Milliken öz netijelerini biraz öň çap etdi, şol sebäpli dünýä edebiýatynda bu tejribe Millikeniň adyny göterýär).

A.F.Ioffe ýagtylygyň nazaryýetiniň tejribede tassyklanmagyna (1909–1913 ý.), gaty jisimiň fizikasyna, dielektriklere we ýarymgeçirijilere degişli ylmy işleriň awtorydyr.

Rewolýusiaýadan soň onuň ýolbaşçylygynda Rentgenradiologik institutynda fizika-tehnika bölümi, soňra Politehniki institutynda fizika-mehanika fakulteti döredildi. 1921-nji ýylda bu fakultetiň esasynda Fiziki-tehniki instituty döredildi (häzirki wagtda A.F.Ioffe adyndaky Fiziki-tehniki instituty). Şeýlelik bilen, Ioffe uly ylmy institutlar üçin alymlary taýýarlamaga ukyply, täze görnüşli okuw mekdeplerini döredip başlady. Geljekde bu iki sany ylmy edaralaryň esasynda Harkowda, Dnepropetrowskide, Tomskide we beýleki ýerlerde fizikadan ylmy-barlag institutlarynyň giden bir toplумы döredi. Sowet döwründe fizikanyň ösmekligine Ioffäniň goşan goşandyna ýokary baha bermezlik mümkin däl. Ylmy dünýäde we jemgyýetde onuň bitiren hyzmatlary we abraýy netijesinde, sowet fizikasy welaýat (prowin-sial) ylym bolmaklykdan galdy.

Ioffäniň ylmy mekdebini fizikadan iň belli ylmy mekdepler bilen deňeşdirmek bolar. Köp görnükli sowet fizikleri A.P.Aleksandrow, M.Bronşteýn, Ý.Dorfman, A.I.Alihanow, L.A.Arsimowicz, P.L.Kapisa, I.W.Kurçatow, N.N.Semenow, Y.B.Hariton, Y.I.Frenkel, I.K.Kikoin, K.D.Sinelnikow we beýlekiler onuň ýolbaşçylygynda işlediler. Onuň okuwçylarynyň üçüsi (P.L.Kapisa, N.N.Semenow, L.D.Landau) Nobel baýragyna mynasyp boldular. Alymyň galdyran baş mirasy – häzirki wagtda we geçmişde bolan köp kynçylyklara garamazdan, dünýäde öňdebaryjy ylmlaryň biri bolan sowet, indi bolsa, rus ylmydyr.

Sowet fizikasynyň has uly üstünlikler gazanan pudaklarynyň ösüş taryhy barada gürrüň edilende nazary fizika barada aýratyn durup geçilse ýerlikli bolsa gerek.

Nazary fizikadan, ilki bilen Ýakow Iliç Frenkeliň (1894–1952 ý.) işlerine sere deliň. Ol ýokarda ady agzalan institutlarda (Fiztehde we Politehde) işledi, 30 ýyllap fizika kafedrasynyň müdiri boldy. Onuň işleri gaty jisimleriň fizikasyna, magnetizme, ýadro fizikasyna degişlidir. Frenkel N.Bor bilen baglanyşyksyz ýadronyň damja modelini işläp düzdi, ferromagnitiň tebigatyny düşündirdi, Geýzenberge bagly bolmazdan ferromagnitiň kollektiw modelini gurdy, kristallarda atomlaryň we ionlaryň hereket nazaryýetini işläp düzdi, deşikli geçirijilik düşüncesini girizdi. Alym astrofizikada, biofizikada we ylmyň beýleki pudaklarynda birnäçe işleri ýerine ýetirdi. Frenkel belli pedagogdyr, ol ilkinji nazary fizika boýunça ýazylan kitaplaryň awtorydyr.

Aleksandr Aleksandrowiç Fridman (1888–1925 ý.) hünäri boýunça meteorolog, baş geofiziki observatoriýanyň direktory, Eýnşteýniň grawitasion deňlemeleriniň stasionar däl çözülişleriniň esasynda 1922–1924-nji ýyllarda döreden Älemiň stasionar däl (giňelýän) nazaryýetiniň awtory.

*Fridman iki sany ýönekeý çaklamany hödürledi. Birinjiden, biz haýsy tarapdan seretsek hem Älem bir meňzeş görnüşe eýe. Ikinjiden, bu tassyklama Älemiň islendik ýerinde üýtgeşsiz galmalydyr. Şeýlelikde, alym, Älem statik bolup bilmez diýlen netijä gelýär.*

Uzak wagtyň dowamynda Fridmanyň modeline Älemiň anyk görnüşiniň gödek beýany hökmünde seredip geldiler. Emma 1929-njy ýylda Edwin Pael Habb (1889–1953 ý.) tarapyndan Älemiň giňelmegi açylandan soň we aýratyn-da relaktiw şöhlelenmäni (23.3-nji baba seret) açan A.A. Penziänsyň we R.W. Wilsönyň gözegçiliklerinden soň bu düşnükli boldy, ýagny häzirki zaman görnükli fizik-nazaryýetçisi Stiwen Hokingiň (1941–2018 ý.) aýdyşy ýaly, bu model «*Biziň Älemimiziň täsin, takyk beýanyňy berýär*». Uzak wagtyň dowamynda Günbatarda Fridmanyň modeli näbelli bolup galdy. Emma indi dünýä ylmy jemgyýetçiligi onuň işlerini ýokary derejede bahalandyryýar.

**Lew Dawidowicz Landau (1908–1968 ý.)** – görnükli sowet fizigi – nazaryýetçisi (164-nji surat), ylmy mekdebi esaslandyryjy, SSSR Ylymlar akademiýasynyň akademigi, fizika boýunça Nobel baýragynyň eýesi (1962 ý.). Ol Baku şäherinde eneden doguldy. 19 ýaşynda Leningrad uniwersitetini tamamlady. Leningradda, soňra Daniýada N. Boruň we Angliýada E. Rezerfordyň ýanynda, Şwesiýada işledi. Watanyna gaýdyp gelip Harkow institutynda (Fiztehde) işledi we Harkow uniwersitetinde mugallymçylyk etdi. 1937-nji ýyldan ömrüniň ahyrýna çenli Fiziki meseleler Institutynyň nazary bölümine müdirlik etdi. 1962-nji ýylda awtomobil heläkçiligine sezewar boldy we diňe dünýä ylmy jemgyýetçiliginiň kömegi bilen sagaldy, ýöne soň önjeýli işläp bilmedi.



164-nji surat. Lew Dawidowicz Landau

L.D. Landauyň ylmy üstünlikleriniň diňe esasyalaryna seredeliň. Landau Isaak Ýakowlowicz Pomerançuk (1913–1966 ý.), Isaak Markowicz Halatnikow (1919–2013 ý.) we Alekseý Alekseýewicz Abrikosow (1928–2014 ý.) bilen bilelikde meýdanyň häzirki zaman kwant nazaryýetiniň ähtibarsyzlygyny ýüze çykardy. Olaryň derňewleriniň netijesinde kombinirlenen jübütligiň fundamental saklanma kanuny we iki düzüjili neýtrino nazaryýeti döredildi. Bu Landauň elementar bölejikleriň nazaryýetine degişli işleriniň diňe biri.

Landauň gyzyklanýan ylmy ugurlarynyň biri *faza geçişleridir*. Ol II jynsly faza geçişlerini giňişleýin öwrendi we 1937-nji ýylda onuň gutarnykly nazaryýetini döretti. Bu nazaryýetiň esasynda II jynsly aşageçirijiligiň fenomenologik nazaryýeti işlenip düzüldi (bu nazaryýet awtorlaryň familiýalarynyň (Ginzburg, Landau,

Abrikosow, Gorkow) baş harplary boýunça *GLAG* diýip atlandyrylýar), şeýle hem aşageçirijileriň aralyk halynyň tebigaty öwrenildi.

1940–1941-nji ýyllarda Landau şol döwürde kwant mehanikasy bilen bagly bolan belli effektləri düşündirýän, aşaaakyjy suwuk gelý – II-niň nazaryýetini döret-di we şol döwürde heniz açylmadyk täze effektləriň (meselem, *ikinji ses*) birnäçesini öňünden aýtdy. Bu derňewler fizikada täze ugruň – *kwant suwuklyklaryň nazaryýeti* ugrunyň döremeginiň başlangyjyny goýdy. Boze suwuklyk (aşaaakyjy gelý) bilen bir hatarda, Landau 1956-njy ýylda *Fermi-suwuklyk* nazaryýetini hem ösdürdi.

1930-njy ýylda Landau Ýewgeniý Mihaýlowiç Lifşis (1915–1985 ý.) bilen bilelikde diamagnitiň nazaryýetini (*Landauň diamagniti*), 1935-nji ýylda bolsa ferromagnetikleriň domenli gurluşynyň nazaryýetini dörediler.

L.D.Landau kosmos şöhlelerine, gidrodinamika, fiziki kinetika, plazmanyň kinetikasyna degişli işleri hem etdi.

L.D.Landau 1930–1960-njy ýyllar aralygynda sowet fizikasynyň özboluşly nyşany boldy. Onuň E.M. Lifşis bilen bilelikde ýazan, köp jiltli «*Nazary fizika kursy*» häzirki wagtda hem, nazary fizika boýunça dünýäde iň oňat okuw kitaby hökmünde tanalýar we ol 20 dilde çap edildi. Bu kitap бүтін dünýäde we ilkinji nobatda ozalky SSSR-de, ýokary hünär derejeli fizikleri taýýarlamakda esas bolup hyzmat etdi.

L.D.Landau diňe bir beýik fizik bolman, ol görnükli mugallymdy. Landau tarapyndan işlenip döredilen, geljekki fizik-nazaryýetçileri taýýarlamak we olaryň bilimlerini barlamak ulgamy (*Landau minimumlary*), umuman, dünýä ylmynda ýeke-täkdir. L.D.Landau köpsanly fizik-nazaryýetçileriň ylmy mekdebini döretti. Görnükli *fizik – nazaryýetçiler* Ý.M. Lifşis, I.Ý. Pomerançuk, I.M. Lifşis, Ý.M. Kagan, R.Z. Sagdeýew, B.L. Ioffe, W.G. Lewiç, I.M. Halatnikow, A.F. Andreýew, A.B. Migdal, A.A. Abrikosow, A.I. Ahiezer, L.P. Gorkow, L.P. Pitaýewskiý, I.E. Džyaloşinskiý, W.B. Beresteskiý, S.S. Gerşteýn, Ý.A. Smorodinskiý, K.A. Ter-Martirosýan, Laslo Tissa we beýlekiler Landauň okuwçylarydy. Rus Ylymlar akademiýasynyň nazary fizika instituty Landauyň adyny göterýär.

L.D.Landau Maks Plank adyndaky medalyň, Fris London baýragynyň (1960 ý.), Lenin baýragynyň (1962 ý.) we üç gezek Stalin baýragynyň (1946 ý., 1949 ý., 1953 ý.) eýesidir.

L.D.Landau Londonyň Korollyk jemgyýetiniň (1960 ý.), ABŞ-nýň Milli Ylymlar akademiýasynyň (1960 ý.), Daniýanyň Korollyk Ylymlar akademiýasynyň (1951 ý.), Niderlandlaryň Korollyk Ylymlar akademiýasynyň (1956 ý.), Amerikanyň sungat we Ylymlar akademiýasynyň (1960 ý.), «Leopoldin» Ylymlar akademiýasynyň (1964 ý.), Fransuz Fiziki jemgyýetiň we London Fiziki jemgyýetiň daşary ýurtly agzasydyr.

Beýleki fizik – nazaryýetçiler barada aýdanymyzda, görnükli sowet fizigi-nazaryýetçisi I.Ý. Tammyň ýolbaşçylyk eden mekdebi barada durup geçmek gerek.

**Igor Ýewgenýewiç Tamm (1895–1971 ý.)** – rus fizigi (165-nji surat), ylmy mekdebi dörediji, SSSR Ylymlar akademiýasynyň akademigi (1953 ý.). Ol Wladiwostokda eneden doguldy.

Tamm Sosialistik Zähmetiň Gahrymany (1954 ý.), iki gezek Stalin baýragy (1946 ý., 1953 ý.) we SSSR Ylymlar akademiýasynyň Lomonosow adyndaky uly altyn medaly (1967 ý.) bilen sylaglandy.



165-nji surat. Igor Ýewgenýewiç Tamm

I.Ý. Tammyň esasy ylmy işleri nazary we amaly elektrodinamika, kwant mehanikasyna, ýadro fizikasyna, elementar bölejikleriň fizikasyna we beýlekilere degişlidir. Ýadro güýçleriniň çalşyk häsiýetine eýedigi baradaky we 1950-nji ýylda fizik A.D.Saharow bilen bilelikde dolandyrylýan termoyadro reaksiýasyny almak üçin magnit meýdanynda ýerleşdirilen plazmany ulanmak bolýandygy baradaky garaýyş hem oňa degişlidir. 1948–1953-nji ýyllarda Tamm we onuň işgärleri ýadro ýaragyny döretmek boýunça işlere gatnaşdy. Tamm fizika *ses kwantlary* – *fononlar* baradaky düşünjani girizdi, *Wawilonyň-Çerenkownyň efektini* we beýlekileri düşündirdi.

Tamm 1958-nji ýylda I.M.Frank we P.A.Çerenkow bilen bilelikde Nobel baýragyna mynasyp boldy. Tamm «*Elektrigiň nazaryýetiniň esaslary*» atly okuw kitabyňyň awtorydyr.

Tamm *fizik-nazaryýetçileriň uly mekdebini döretti*. Onuň okuwçylary – fizik-nazaryýetçi, fizika-matematika ylymlarynyň doktory S.P.Şubin, fizik-nazaryýetçiler, Russiýa Ylymlar akademiýasynyň akademikleri W.L.Ginzburg, L.W.Keldyş, M.A.Markow, rus fizigi we jemgyýetçilik işgäri A.D.Saharow görnükli alymlar bolup ýetişdiler.

Pes temperaturalar fizikasy SSSR-de düýpli ösdi we oňa degişli örän köp işler edildi. Bu ugurda P.L.Kapisanyň bitiren hyzmatlary uludyr.

**Peter Leonidowich Kapisa (1894–1984 ý.)** – sowet fizigi (166-njy surat), inženeri we täzelikçi, Kronşadttda doguldy. Kapisa 1918-nji ýylda Petrograd politehniki institutyny tamamlady we A.F.Ioffäniň kafedrasynda işlemäge galdy. 1921–1935-nji ýyllar aralygynda Kapisa Rezerfordyň ýanynda, Kawendiş barlaghanasynda işledi, şol döwürde ylmy barlaglary senagatlaşdyrmaklygyň nusgasy bolan *Monda barlaghanasynyň* direktory boldy. 1935-nji ýylda SSSR-e gaýdyp geldi we *Fiziki meseleler institutyny* esaslandyrdy, ömrüniň ahyrýna çenli şol institutyň direktory boldy. Kapisa 1945-nji ýylda sowet atom taslamasy boýunça Ýörite komitetiň düzümine girdi. Kapisa Moskwa *fizika-tehnika institutyny* esaslandyrdy we onuň professory boldy. Moskwa döwlet uniwersitetiniň fizika fakultetiniň pes temperaturalar kafedrasynyň ilkinji müdiri bolup işledi.



166-njy surat. Peter Leonidowich Kapisa

Kapisa iki gezek Stalin baýragynyň (1941 ý., 1943 ý.), SSSR Ylymlar akademiýasynyň M. W. Lomonosow adyndaky uly Altyn medalynyň (1959 ý.) eýesi. Ol iki gezek Sosialistik Zähmetiň Gahrymany (1945 ý., 1974 ý.), SSSR Ylymlar akademiýasynyň hakyky agzasy, Londonyň Korollyk jemgyýetiniň hakyky agzasy.

Kapisa 1922-nji ýylda öz dosty, geljekki görnükli himik, akademik, 1956-njy ýylda Nobel baýragyna mynasyp bolan Nikolaý Nikolaýewiç Semýonow (1896–1986 ý.) bilen atomyň magnit momentini derňemekligiň usulyny hödürledi. Soňra bu usul bilen O. Ştern we W. Gerlah atomyň magnit momentini ölçədiler. 1924-nji ýylda Kapisa güýjenmesi *50 Tl* bolan aşagüýçli impuls magnit meýdanlaryny almaklygyň usulyny hödürledi we ony amala aşyrdy.

Kapisanyň baş ylmy üstünligi XX asyryň 30-njy ýyllarynyň ahyrynda *suwuk geliýniň aşaaakyjylygyny* ýüze çykarmagydyr. Ol ylma «*aşaaakyjylyk*» adalgasyny girizdi. Pes temperaturalar fizikasyna degişli ýerine ýetiren işleri üçin alym 1978-nji ýylda Nobel baýragyna mynasyp boldy. Şeýle hem ol aşa güýçli magnit meýdanlaryny öwrenmek we ýokary temperaturaly plazmany saklamak boýunça ylmy işleri etdi. Kapisa gazlary suwuklandyrmak boýunça ýokary öndürijilikli senagat desgasy (turbodetander) döretti. Soňky ýyllarda Kapisanyň eden işleriniň esasy ugurlary ýokary kuwwatly elektronika we termoyadro energiýasyny almaklyga degişli boldy.

Kapisa ömrüniň ahyryna çenli fizika boýunça «*Eksperimental we nazary fizika*» žurnalynyň baş redaktory wezipesinde işledi.

Pes temperaturalar fizikasynda nazaryýetçiler L.D. Landau, Ý.M. Lifşis, I.M. Lifşis, W.L. Ginzburg, şeýle hem amalyýetçiler L.W. Subnikow, E.L. Andronikaşwili, A.I. Şalnikow, Y.W. Şarwin we beýlekiler işlediler.

*Radiofizika* hem uzak wagtyň dowamynda sowet ylmynda ileri tutulýan ugurlaryň biri boldy. Munuň şeýle bolmaklygy geçirilýän işleriň uly amaly we aýratyn-da, harby ähmiýetiniň bardygy bilen baglanyşyklydy. Ondan başga-da, sowet radiofizikasy özüniň ösüşiniň başlangyç döwründe, baýdak göterijisi A.S. Popow (*22.1.1-nji baba seret*) bolan, ylmyň rewolýusiýadan öňki gazananlaryna esaslanýardy.

SSSR-de radiofizikanyň döredilmegi we ösüşi ilkinji nobatda L.I. Mandelştamyň – N.D. Papaleksiniň mekdebi we A.A. Andronowyň *Nižegorod radiofiziki mekdebi* bilen baglanyşyklydyr. Leonid Isaakowিç Mandelştam (1879–1944 ý.) – SSSR Ylymlar akademiýasynyň akademigi, görnükli fizik-nazaryýetçisi, Strasburgda (Germaniýa) uniwersiteti tamamlady. Ol ýerde L.I. Mandelştam K.F. Braunyň ýolbaşçylygynda elektromagnit yrgyldylary boýunça ilkinji barlaglaryny geçirdi, soňra Moskwa uniwersitetinde işledi.

L.I. Mandelştamyň we onuň mekdebiniň esasy ylmy işleri kwant mehanikasy-na, optika, radiofizika, çyzykly däl yrgyldylar nazaryýetine degişlidir. L.I. Man-



delştam Grigoriý Samuilowiç Landsberg (1890-1957ý.) bilen bilelikde ýagtylygyň kombinasion pytramasyny açdylar. Olar bilen birwagtda bu effekti hindi fizikleri Çandrasekhar Raman (1888-1970ý.) we Kariamannikkam Krişnan (1898–1961ý.) hem açdylar. Olar öz işleriniň netijelerini biraz öňrāk çap edipdiler we bu hadysany ilkinji açyjylar hökmünde ykrar edilipdiler.

L.I. Mandelştamyň we N.D. Papaleksiniň ylmy döredijiliginde *yrgyldylar nazaryýetine* degişli derňewler uly orny eýeleýär. Strasburgda başlanan bu işler, ilki-başda çyzykly yrgyldyly ulgamlara degişlidi. Emma çyzykly däl gurluşlaryň radiotehnikada amaly ulanylyp başlanmagy sebäpli, sönmeýän yrgyldylary generirlemek hadysasy güýçli depginde öwrenilip başlanýar. Bu hadysany çyzykly nazaryýet beýan edip bilmeýärdi. Bu bolsa *çyzykly däl yrgyldylar nazaryýetiniň* döremegine getirdi (22.2.1-nji baba seret).

Belli alymyň we pedagogyň talanty, pikirleriň we garaýyşlaryň baýlygy, şahsy häsiýetleri Mandelştama uly ylmy mekdebi döretmäge getirdi. Oňa A.A. Andronow, A.A. Witt, G.S. Gorelik, W.W. Migulin, S.M. Rytow, S.P. Strelkow, K.F. Teodorçik, S.E. Haýkin (*yrgyldylar nazaryýeti*), G.S. Landsberg, P.A. Bažulin (*optika*), M.A. Leontowiç, I.E. Tamm (*nazary fizika*), I.M. Boruşko, K.E. Willer, W.P. Gulýaýew, I.M. Rubçinskiý, E.Ý. Şegolew (*radiofizika*), M.A. Isakowiç (*molekulýar fizika*) ýaly zehinli ýaş alymlar, aspirantlar we talyplar girdiler.

Mandelştam–Papaleksi mekdebi tarapyndan işlenip düzülen we çyzykly däl ulgamlary öwrenmekde üstünlikli ulanylýan usullaryň arasynda *Puankareniň kiçi parametr usuly* (A.A. Andronow tarapyndan açyldy), *B. Wan-der-Pol usuly*, *ýa-da haýal üýtgeýän amplitudalar usuly* we beýlekileri görkezmek bolar.

Aleksandr Aleksandrowiç Andronow (1901–1952 ý.) yrgyldylar nazaryýetinde we ulgamlaryň dinamikasyn-da täze ugry (hususan-da, *awtoyrgyldylar nazaryýetini*) döretdi. Soňra ol dünýä belli *çyzykly däl yrgyldylar mekdebine* ýolbaşçylyk etdi. Andronowyň we onuň işgärleriniň eden işleriniň netijeleri, geljekki radiofizikleriniň bütin bir nesli üçin baş okuw kitaby bolan «*Yrgyldylar nazaryýeti*» kitabyna girdi. Bu kitapda beýan edilýän nukdaýnazarlar, çemeleşmeler we usullar radiotehnikada, radiofizikada, awtomatik sazlamagyň nazaryýetinde, wibrasion tehnikada, sikliki awtomatikada, amaly matematikada, gaty jisimiň dinamikasyn-da, atom energetikasyn-da, himiýada, ekologiýada, biologiýada we beýlekilerde giňden ulanylýar.

Sowet radiofizikleriniň bitiren hyzmatlarynyň hataryna radiolokasiýa ulgamlaryny döretmek boýunça işleri, barlag geçirmegiň radiointerferension, şol sanda parametrik usullarynyň işlenip döredilmekligini, radiospektroskopiýany ösdürmek boýunça we beýleki köp işleri girizmek zerurdyr. Radiospektroskopiýany esaslandyryjy Ýewgeniý Konstantinowiç Zawoýskiý (1907–1976 ý.) 1944-nji ýylda *elektron paramagnet rezonansy* açdy.

Atom fizikasynyň ösüşi ilki-başda bütin dünýäde parahat geçdi we giň köpçüligi aýratyn bir gyzyklandyрмаýardy. E. Rezerford, Kýurileriň maşgalasy, beýik

E. Fermi (1901–1954ý.) we olaryň işgärleri – Ikinji jahan urşuna çenli fizikanyň bu ugrunyň baş gahrymanlarydy.

SSSR-de hem bu ugurdaky nazary we amaly derňewler ýeterlik depginde alnyp barylýardy. 1938-nji ýylda Otto Gan (1879–1968 ý.) we Fris Ştrassman (1902–1980 ý.) tarapyndan uranyň bölünmegi açyldy, soňra N.Bor we Jon Arçibald Uiller (1911–2008 ý.), şeýle hem (olara bagly däl) Ý.I. Frenkel bu effekti nazary esaslandyrdy.

Şeýlelikde, bölünmegiň zynjyrlý reaksiýasyny amala aşyrmak we şunlukda bölünip çykýan energiýany ulanmak mümkindigi düşnükli boldy. Bu açyş Ikinji jahan urşunyň başlanmagy bilen gabat geldi we gitler Germaniýasynyň atom bombasyny döretmek howpy ýüze çykdy. Adamzadyň üstüne bu howpuň abanýandygy barada A. Eýnşteýn we ABŞ-da ýaşayan beýleki alymlar prezident F.D. Ruzwelte hat ýazdylar. Şeýlelikde, Los-Alamosda amerikan atom bombasyny döretmek boýunça işler başlandy.

Beýik Watançylyk urşunyň iň gyzgalaňly döwründe SSSR-de ýadro energiýasyny almak we ulanmak boýunça işler başlandy. Sowet alymlary uran meselesini çözdüler. Atom we wodorod bombasyny dörediler. Bu işlere akademik I.W. Kurçatow ýolbaşçylyk etdi.



167-nji surat. Igor Wasil'yewiç Kurçatow

**Igor Wasil'yewiç Kurçatow (1903–1960 ý.)** – sowet fizigi (167-nji surat), sowet atom bombasyny dörediji. Ol Günorta Uralda (Sim şäherçesinde) tokaýçynyň maşgalasynda eneden dogulýar. 1912-nji ýylda gimnaziýa okuwa girýär we ony 1920-nji ýylda altyn medal bilen tamamlýar. 1920-nji ýylda Simferopol şäheriniň Tawriçeskiý uniwersitetiniň fizika-matematika fakultetine okuwa girýär. Ol 1921-nji ýylda fizika kabinetiniň barlagçysy bolup işledi. 1923-nji ýylda, 4 ýyly 3 ýylda tamamlap, Petrogradyň politehniki institutynyň 3-nji ýylyna, talyp haky tölenmezlik şerti bilen okuwa kabul edilýär. Ol okuwýň daşyndan Pawlowsk şäherindäki magnitometeorologik obserwatoriýada hem işleýär. Oňa gazyň  $\alpha$  - radioaktiwligini ölçemek tabşyrylýar.

1924-nji ýylda Baku şäheriniň Politehniki institutynda assistent bolup işleýär. 1925-nji ýylda ol K.D. Sinelnikow (1901-1966 ý.) bilen bilelikde Leningradyň Fiziki-tehniki institutynda işläp başlaýar.

Kurçatowyň ilkinji ylmy işleri dielektrikleriň we segnetoelektrikleriň fizikasyna degişlidir. 1930-njy ýylda ony barlaghananyň müdiri wezipesine belleyärler.

1933-nji ýylda ol «*Segnetoelektrikler*» barada monografiýasyny çap etdi. Ferromagnetikleriň uly magnit syzyjylyga eýe bolşy ýaly, segnetoelektrikler hem uly dielektrik syzyjylyga eýedirler. 1934-nji ýylda ol ylymlaryň doktory we professor bolýar.

1935-nji ýylda Kurçatow, Rusinow we Musowskiý emeli radioaktiwlikde neýtronlaryň kömegi bilen täze hadysany – atom *ýadrolarynyň izomeriýasyny* açdylar. Atom ýadrosynyň izomeriýasy uly ýaşaaýyş wagty bolan oýandyrylan ýadro hallarydyr. I.Kurçatow 1935-nji ýylda «*Atom ýadrosyny bölmek*» atly kitabyny ýazýar.

I. Kurçatow 1937-nji ýylda *Ýewropada ilkinji siklotron* döretdi. Has güýçli siklotron 1942-nji ýylyň 1-nji ýanwarynda işe girizildi.

I. Kurçatowyň okuwçysy Flerow we Petržak uranyň öz-özünden bölünmesini açdylar. Kurçatow zynjyrlý ýadro reaksiýasyny amala aşyrmagyň anyk ýollaryny salgy berdi. Ol bu reaksiýany tebigy uranyň, ýagny *uran – 235*-iň ýeňil izotopy bilen amala aşyryp bolar diýdi (1940 ý.).

Urşun başynda ol gämileri magnitsizlendirmek meselesiniň üstünde işleýär. Ol Gara, Ak deňizlerde we Uzak Gündogarda gämileri magnitsizlendirmek işine ýolbaşçylyk edýär.

I. Kurçatow ylmyň taryhyna görnükli alym - guramaçy hökmünde girdi.

1942-nji ýylda Söwet hökümeti atom bombasyny döretmek boýunça Germaniýada we ABŞ-da edilýän işler bilen tanyşdy. Kurçatow 1942-nji ýylyň 28-nji sentýabryndan başlap SSSR-de ýadro ýaragyny döretmek boýunça işlere ýolbaşçylyk etdi. Bu ýüzlerçe dürli ugurly institutlaryň we zawodlaryň gatnaşan ägirt uly taslamasydy. Meseleleriň ölçegleri, hatda häzir hem özüniň ägirtligi bilen geň galdyrýar. Fizika, himiýa, biologiýa ylmy barlag institutlary, zawodlar we synag meýdançalary, geologik toparlar we dag-magdan kärhanalary, ylym, senagat, goşun we aňtaw – bularyň hemmesiniň bir bitewi toplum bolup işlemeli senagatynyň düýbünden täze pudagyny döretmek zerurdy. Ýöne, ylym hem, aýratyn-da, fizika we himiýa, bu işe düýpli goşant goşdy.

Ýadro ýaragyny döretmekde sowet fizikleriniň uly bölegi ylmy barlaglary geçirmeklige gatnaşdylar. Olardan A.P.Aleksandrow, A.I.Alihanow, L.A.Arsimow, I.I. Gurýewiç, Ý.B.Zeldow, I.K.Kikoin, I.Ý.Pomerançuk, A.D.Saharow, W.L.Ginzburg, N.N.Semýenow, Ý.B.Hariton, I.E.Tamm, D.I.Blohinsew, A.I.Leýpunskiý we köpsanly beýleki görnükli sowet fiziklerini mysal görkezmek bolar. Şol döwürde ýadro ýaragyny döretmek meselesi sowet fizikleriniň bütün nesliniň baş maksadydy.

Bu işleriň netijesinde 1946-njy ýylda *SSSR-de Ýewropada ilkinji atom reaktory* işläp başlady. 1946-njy ýylyň 25-nji dekabrynda Moskwanyň eteginde (häzirki *Kurçatow adyndaky Atom energiýasy institutynda*), Kurçatowyň ýolbaşçylygynda zynjyrlý reaksiýa alynýar (1938-nji ýylda Gap, Ştrassman (Germaniýa) urany neýtron bilen bombalap uranyň bölünmesini aldylar. *Ilkinji zynjyrlý reaksiýa* 1942-nji ýylyň 2-nji dekabrynda Çikago şäheriniň golaýynda (ABŞ) E.Ferminiň ýolbaşçylygynda alyndy).

Ýeri gelende aýtsak, ABŞ-da atom bombasy fizik Robert Oppengeýmer tarapyndan döredildi. 1945-nji ýylyň 16-njy iýulynda Alamgordo çölünde (ABŞ) *ilkinji atom bombasy* synag edildi. 1945-nji ýylyň 6-njy we 9-njy awgustynda Ýaponiýanyň Hiroshima we Nagasaki şäherlerine ABŞ-nyň harby uçarlary atom bombasyny okladylar. Dünýä atom eýýamyna aýak basdy.



168-nji surat. Robert Oppengeýmer

**Robert Oppengeýmer (1904–1967 ý.)** – amerikan fizigi-nazaryýetçisi (168-nji surat). Ol Nýu-Ýork şäherinde doguldy, amerikanyň Milli Ylymlar akademiýasynyň agzasy (1941 ý.). Garward uniwersitetini tamamlady (1925 ý.). 1925–1926-njy ýyllarda Kembriž uniwersitetinde E. Rezerfordyň ýanynda, Gýottingen uniwersitetinde M. Bornuň ýanynda (1927 ý.) bilimini kämilleşdirdi, bu ýerde doktorlyk dissertasiýasyny gorady. 1928-nji ýylda ABŞ-a gaýdyp geldi. 1929–1947-nji ýyllar aralygynda Kaliforniýa uniwersitetinde işledi. 1943–1945-nji ýyllarda Los-Alamos ylmy barlaghanasyna ýolbaşçylyk etdi. 1947–1966-njy ýyllarda perspektiw barlaglar Institutynyň direktory we professory wezipesinde işledi. Wodorod bombasyny döretmeklige garşy we atom energiýasyny parahatçylyk maksatlary üçin ulanmak baradaky çykyşlary üçin ähli eýeleýän wezipelerinden boşadyldy we «ygrarly dälilikde» aýyplandy (1953 ý.). Berkliide ylmy mekdebi esaslandyrdy. Birnäçe Ylymlar akademiýalarynyň we ylmy jemgyýetleriň agzasy. 1948-nji ýylda amerikan fiziki jemgyýetiniň prezidentligine saýlandy. Ol E. Fermi baýragynyň eýesi (1963 ý.).

R. Oppengeýmeriň ylmy işleri ýadro fizikasyna, kwant mehanikasyna, görälik nazaryýetine, kosmos şöhleleriniň fizikasyna, elementar bölejikleriň fizikasyna we nazary astrofizika degişlidir. M. Born bilen bilelikde 1927-nji ýylda iki atomly molekulalaryň gurluşynyň nazaryýetini döredti. Oppengeýmer şöhlenenme spektriniň düzüjileri boýunça intensiwligiň paýlanyşyny hasaplamak usulyny hödürledi we erkin elektronlaryň atomlar bilen özara täsir nazaryýetini işläp düzdi. 1928-nji ýylda tunnel hadysasynyň kömegi bilen atomar wodorodyň oýandyrylan hallarynyň awtoionizasiýasyny düşündirdi.

1931-nji ýylda Oppengeýmer P. Erenfest bilen spinleri  $\frac{1}{2}$  bolan bölejikleriň täk sanyndan ybarat bolan ýadrolaryň *Fermi-Diragyň statistikasyna*, jübüt sanyndan ybarat ýadrolaryň – *Boze-Eýnşteýniň statistikasyna* (*Erenfest-Oppengeýmer nazaryýeti*) boýun egýändiklerini görkezdiler. Olar bu nazaryýeti azotyň ýadrosy üçin ulanyp, ýadrolaryň gurluşynyň proton-elektron çaklamasynyň azotyň belli häsiýetleri bilen köpsanly gapma-garşylyklara getirýändigini görkezdiler. Oppengeýmer gamma şöhleleriniň içki konwersiýasyny derňedi, 1937-nji ýylda J. Karlson bilen kosmos şöhleleriniň *kaskad nazaryýetini* işläp düzdi, 1938-nji ýylda G. Wolkow bilen neýtron ýyldyzynyň nusgasynyň ilkinji hasaplamalaryny geçirdi we 1939-njy ýylda J. Snayder bilen «Gara girdaplaryň» bardygyny öňünden aýtdy.

1947-nji ýylda SSSR-de ilkinji senagat uran gazanynyň gurluşygy başlanýar. 1949-njy ýylyň 23-nji sentýabrynda Semipalatinskide *ilkinji Sowet atom bombasy* synag edilýär. 1953-nji ýylyň 8-nji awgustynda SSSR-de wodorod bombasy döredildi we 1953-nji ýylyň 12-nji awgustynda bolsa (ABŞ-dan öň) wodorod bombasy synag edildi.

I. Kurçatow atom energiýasyny parahatçylykly maksatlar üçin ulanmak barada köp işleri etdi. Onuň ýolbaşçylygynda dünýäde ilkinji atom elektrik stansiýasynyň (*AES*) taslamasy düzüldi. Bu *AES* 1954-nji ýylyň 27-nji iýunynda Obninsk şäherinde (SSSR) işläp başlady.

Atom bombasyna degişli işler ähli ýurtlarda gizlin saklanylýardy, emma 1950-nji ýyllaryň ahyrynda şeýle işleriň, ylaýta-da, dolandyrylýan termoyadro sintez boýunça işleriň gizlinligi aýrylyp başlandy. Bu ugurda ilkinji ädim Kurçatow tarapyndan edildi. 1956-njy ýylda Kurçatow hökümet topary bilen Angliýa gidýär we Angliýanyň *Haruel ýadro merkezinde* dolandyrylýan termoyadro sintez boýunça SSSR-de geçirilýän işler barada çykyş etdi. Şol döwürden başlap bu işler açyk çap edilip başlandy. Dolandyrylýan termoyadro sintez meselesi ömrüniň ahyryna çenli Kurçatowyň baş işleri boldy.

Ikinji jahan urşy köp adam pidalaryna getirdi. Amerikanyň Ýaponiýanyň Hiro-sima we Nagasaki şäherlerine atom bombasyny oklamagy netijesinde ýüz münlerçe adam heläk boldy. Ilkinji fransuz atom reaktoryny dörediji Frederik Žolio-Kýuri we I.W. Kurçatow atom we ýadro ýaraglaryny synag etmekligi gadagan etmeklige çagyryş bilen çykyş etdiler.

1957-nji ýylyň 5-nji dekabrynda SSSR-de «*Lenin*» atom buz döwüji gämisi suwa göýberildi.

I.W. Kurçatow üç gezek Sosialistik Zähmetiň Gahrymanydyr (1949 ý., 1951 ý., 1954 ý.), Lenin (1956 ý.) we 4 gezek Stalin (1942 ý., 1949 ý., 1951 ý., 1953 ý.) baýraklarynyň eýesidir.

Sowet fizikleriniň on ikisi Nobel baýraklaryna mynasyp boldular. Olaryň üçüsi – L.D. Landau, P.L. Kapisa we I.E. Tamm barada ýokarda gürrüň beripdik.

I.E. Tamm Pawel Alekseýewiç Çerenkow (1904–1990 ý.) we Ilýa Mihaýlowiç Frank (1908–1990 ý.) bilen bilelikde 1958-nji ýylda *Wawilow-Çerenkownyň effekti*ni açandyklary we nazary esaslandyrandyklary üçin Nobel baýragyna mynasyp boldular. Bu effekt Çerenkow tarapyndan 1934-nji ýylda açylypdy we Tamm we Frank tarapyndan nazary düşündirilipdi. Bu effektiň açylmagyna getiren işler S.I. Wawilownyň ýolbaşçylygynda geçirilipdi. Gurşawda ýagtylygyň tizliginden uly tizlik bilen hereket edýän zaryadlanan bölejikler tarapyndan şöhelendirilýän elektromagnit tolkunlaryndan ybarat bolan hadysany *Wawilow-Çerenkownyň effekti* diýip atlandyryşlar.

1939-njy ýylda sowet alymy Walentin Aleksandrowiç Fabrikant (1901–1991 ý.) köpugurly gurşawda ýagtylygyň güýçlenmeginiň mümkindigini subut etdi, 1951-nji



ýylda bolsa *kwant güýçlendirijiniň* prinsipini hödürledi. 1954-nji ýylda N.G. Basow we A.M. Prohorow ammiakda molekulýar generatory döretdiler, 1955-nji ýylda bolsa häzirki wagtda kwant elektronikasynda giňden ulanylýan, otrisatel ýuwudylmasy bolan gurşawlary döretmegiň üç derejeli täze usulyny hödürlediler. Bu alymlaryň işleri Sowet Soýuzynda fizikanyň bu ugrunyň döremeginiň başlangyjyny goýdy. *Kwant generatorlaryny (mazaerleri we lazerleri)* döretmek boýunça işleri üçin 1964-nji ýylda Sowet alymlary Nikolaý Gennadiýewiç Basow (1922–2001 ý.) we Aleksandr Mihaýlowiç Prohorow (1916–2002 ý.), şeýle hem amerikan fizigi Çarlz Hard Tauns (1945-nji ýylda doglan) Nobel baýragyna mynasyp boldular. Basowyň we Prohorowyň soňky işleri köpugurlydyr. Olar lazerleri döretmek we öwrenmek boýunça işlerden başga-da, çyzykly däl optika, dolandyrylýan termoýadro sintezi we beýleki derwaýys temalara degişli işleri hem etdiler.

2000-nji ýylda sowet fizigi Žozes Iwanowiç Alferowa (1930-njy ýylda doglan) informasiýa we kommunikasiýa tehnologiýalaryna degişli esasgoýujy işleri üçin fizika boýunça Nobel baýragy berildi. Onuň bilen bilelikde Nobel baýragyna amerikan fizikleri G. Kremer we J. Kilbi mynasyp boldular. Alferowyň geçiren barlaglary ýarym geçiriji lazerleriň we ýarym geçiriji geterogurluşlaryň esasynda işleýän beýleki kwant güýçlendirijileriň döredilmekligine getirdi.

Ondan başga-da W.L. Ginzburg, A.A. Abrikosow (ABŞ-da ýaşaýar we işleýär) we amerikaly fizik Entoni Jeýms Leggett (1938-nji ýylda doguldy) aşageçirijiler we aňaakyjy suwuklyklaryň nazaryýetleri boýunça düýpli işleri üçin 2003-nji ýylda Nobel baýragyny aldylar. 2010-njy ýylda sowet raýatlary Andreý Konstantinowiç Geým (1958-nji ýylda doguldy) we Konstantin Sergeýewiç Nowoselow (1974-nji ýylda doguldy) *grafeniň sintezi* üçin (30.1.5-nji baba seret) Nobel baýragyna mynasyp boldular. Olar bu açyşy Mançester uniwersitetinde (ABŞ) işleýärkäler etdiler.

Russiýada ylmy innowasiýalary goldaýan birnäçe taslamalar işlenip düzüldi. Meselem, «Skolkowo» *innowasiýa taslamasy* hemmä bellidir. Bu ýerde alymlar, konstruktorlar, inženerler we täjirler, bilim işgärleri bilen bilelikde dünýä derejesinde bäsleşmäge ukyply baş sany ileri tutulýan taslamalary, ýagny energiýa netijelilik we energiýa tygşytlýlyk, ýadro tehnologiýalary, kosmiki tehnologiýalar we telekommunikasiýalary, biomedisina tehnologiýalary, strategik kompýuter tehnologiýalary we programma üpjünçiligi döretmek ugrunda işlemelidirler. «Skolkowo» taslamasynda garaşylýan netije – ylmy garaýyşlary işläp düzýän we durmuşa geçirmek üçin amatly şertleri döredýän öz-özünü dolandyryýan we öz-özi ösýän barlag infragurluşy döretmekdir.

Häzirki wagtda bu taslamanyň üstünligi ýa-da şowsuzlygy barada bir zat aýtmakdan heniz ir, sebäbi onuň ösüşi başlangyç döwürdedir.

Rus fizikleri birnäçe daşary ýurt fizika merkezleri bilen bilelikde ylmy barlag işlerini alyp barýarlar. Şuňa meňzeş halkara kooperasiýa mysal hökmünde rus

alymlarynyň halkara ylmy bileleşikde, Ýadro barlaglarynyň Ýewropa merkezinde (CERN), Uly Adron kollaýderinde üstünlikli alyp barýan işlerini görkezmek bolar. Dubnada (Russiýa) Ý.S.Oganesýanyň ýolbaşçylygynda alnyp barylýan, Mendeleýewiň tablisasynyň aşa agyr elementlerini sintezirlemek boýunça Halkara taslamasyny mysal getirmek bolar. Lourens adyndaky (Kaliforniýa, ABŞ) Liwermor barlaghanasynyň we ýadro barlaglarynyň Birleşen institutynyň (Dubna ş., Russiýa) işgärleriniň bilelikdäki beýannamasyna görä, 2005-nji ýylyň fewral – iýun aýlarynda Dubnadaky elementar bölejikleri tizlendirijide geçirilen tejribelerinde tertip belgisi 118 bolan *täze himiki elementi* açyldy.

Uniwersitet biliminiň derejesi häzirligçe ýeterlik ýokary. Esasy zat, ýaşlaryň fizika we beýleki tebigy ylymlara bolan gyzyklanmalary ýokary. Şoňa görä-de Russiýada fiziki barlaglar dowam edýär we olar täsin we möhüm netijeler berer diýip garaşylýar.

Fizikanyň taryhynda *bu döwrüň ylmy wakalarynyň (ylmy işleriň, açyşlaryň, oýlap tapyşlaryň, tehnikanyň üstünlikleri) senenamasy 1-nji Goşmaçada getirilen.*

## **21-nji bap. TÜRKMENISTANDA FIZIKA WE ASTRONOMIÝA YLYMLARYNYŇ ÖSÜŞI**

Türkmenistanda fizika we astronomiýa ylymlarynyň ösüş taryhyna gysgaça seredeliň.

1941-nji ýylda Türkmenistanda öňki SSSR Ylymlar akademiýasynyň türkmen şahamçasy we iki laboratoriyadan (silikat we fiziki-tehniki) ybarat bolan Fiziki–tehniki instituty döredilýär. 1946-njy ýylda bu institutda 46 sany ylmy işgär, şol sanda SSSR YA-nyň akademigi G.G. Urazow, fizika-matematika ylymlarynyň doktory B.N. Kessenih we beýlekiler işleýärdiler.

Fiziki–tehniki institutda termodinamika, gelioteknika, seýsmologiýa, astrofizika boýunça ylmy işler ýerine ýetirildi. Buglaryň we suwuklyklaryň häsiýetlerini öwrenmeklik netijesinde doýgunlanma egrileri boýunça doýgun buglaryň täze deňlemeleri alyndy (W.N. Grebenşikow). Elektrolitleriň erginleriniň şepbeşikligi, nikeliň sulfaty, giň temperatura aralyklarda konsentrasiýasy we ş.m. öwrenildi (I.L. Orestow). Netijede, bu suwuk garyndylara Frenkeliň deňlemesini ulanyp bolýandygy ýüze çykaryldy. Institut Köýtendag kömürinden mikrofon poroşogyny taýýarlamagyň tehnologiýasyny, telefonlaryň keramiki membranalarynyň gurluşyny işläp düzdi.

1941-1945-nji ýyllaryň Beýik Watançylyk urşy döwründe M.W. Lomonosow adyndaky Moskwa döwlet uniwersitetiniň fizika fakultetiniň Aşgabada göçürilip getirilmegi respublikada fizika ylymynyň ösüşini çaltlandyrdy. Fakultetiň alymlary bilen bilelikde radiofizika (B.N. Kessenih), seýsmologiýa (B.F. Bonçkowskiý), as-

trofizika (I.S. Astapowiç) we beýleki ugurlar boýunça barlag işleri guraldy. Uruşdan soňky ýyllarda gidrodinamika boýunça nazary derňewler A.T. Mätiýew tarapyndan ýerine ýetirildi.

SSSR Ylymlar akademiýasynyň Türkmen şahamçasynyň esasynda 1951-nji ýylyň 29-njy iýunynda Türkmenistan SSR Ylymlar akademiýasy döredildi. TSSR YA-nyň açylmagy bilen Fizika-tehnika instituty gaýtadan guraldy: fizika we geofizika instituty (soňra Fizika-tehnika instituty), antiseýsmik gurluşygy instituty we TSSR YA-nyň prezidiumynyň ýanyndaky himiýa bölümi döredildi.

Institutlaryň laboratorýalarynda atmosferanyň ýokary gatlaklary, meteor astronomiýasy, iki düzüjili birleşmeleriniň magnit häsiýetleri, seýsmiki hadysalar öwrenildi we Türkmenistanyň seýsmokartalary düzüldi, spektral we akustik barlaglary geçirildi.

TSSR YA-nyň Fizika-tehnika we himiýa ylymlary bölümünde «*Türkmenistan SSR Ylymlar akademiýasynyň habarlary, fizika-tehnika, himiýa we geologiya ylymlary bölümi*» atly ylmy žurnaly çap edilýär. Häzirki wagtda bu žurnal «*Türkmenistanda ylym we tehnika*» at bilen çap edilýär.

**Magnit hadysalarynyň fizikasy.** Türkmenistanda magnit hadysalarynyň fizikasy ugry boýunça derňewler 1950-nji ýyldan başlap A.M. Gorkiý (häzirki Magtymguly) adyndaky Türkmen döwlet uniwersitetiniň nazary we eksperimental fizika kafedrasynda TSSP YA-nyň akademigi R.G. Annaýewiň ýolbaşçylygynda alnyp barylýdy.



169-njy surat. Ruhi Güseýnowiç Annaýew

**Annaýew Ruhi Güseýnowiç (1909–1977 ý.)** – türkmen fizigi, TSSR

YA-nyň akademigi (1951 ý.), TSSR YA-nyň wise-prezidenti (1956-1959 ý.). Ol Samarkant şäherinde doguldy, onuň ýaşlyk ýyllary Türkmenistanyň Bäherden etrabyňyň Bamy obasynda geçdi. Moskwa döwlet uniwersitetini (MDU) tamamlady (1936 ý.). Ol 1941-nji ýylyň martynyda MDU-niň magnetizm kafedrasynyň müdiri professor N.S. Akulowyň ýolbaşçylygynda «*Monokristal nikelde Tomson-Nernsitiň effektini derňemek*» diýen temadan kandidatlyk dissertasiýasyny, 1948-nji ýylda bolsa «*Binar birleşmelerde atomyň ýerleşiş tertip derejesine baglylykda magnit-elektrik hadysalaryny derňemek*» diýen temadan doktorlyk dissertasiýasyny gorady. Ýeri gelende aýtsak R.G. Annaýew fizika-matematika ylymlarynyň ýerli hünärmenlerden taýýarlanan ilkinji doktorydyr. R.G. Annaýew 1941-1945-nji ýyllar aralygynda Aşgabatdaky M. Gorkiý adyndaky mugallymçylyk institutynda fizika kafedrasynyň müdiri, 1950-nji ýyldan başlap M. Gorkiý (häzirki Magtymguly) adyndaky Türkmen döwlet uniwersitetiniň nazary we eksperimental fizikasy kafedrasynyň müdiri we bir wagtda Fiziki-tehniki institutynyň gaty jisimleriň fizikasy bölüminiň müdiri bolup işledi. Olarda ylmy-barlag laboratorýalary döredilip R.G. Annaýewiň ýolbaşçylygynda magnit hadysalarynyň we ýarymgeçirijileriň fizikasynyň meselerini çözmeklige degişli ylmy işler ýerine ýetirildi. 1949–1951-nji ýyllar aralygynda öňki SSSR YA-nyň Türkmen şahamçasynyň Fizika-tehnika institutynyň direktory, 1951–1952-nji ýyllar aralygynda täzeden döredilen Fizika we geofizika institutynyň direktory wezi-

pesinde işledi. R.G. Annaýew 1963-nji ýyldan başlap, ömrüniň ahyryna çenli Magtymguly adyndaky Türkmen döwlet uniwersitetiniň nazary we eksperimental fizikasy kafedrasynyň müdiri bolup işledi.

---

R.G. Annaýewiň esasy ylmy işi gaty jisimleriň fizikasyna, magnetizme, ferromagnit metallaryň we ýarymgeçiriji metallaryň fizikasyna degişlidir. 1948-nji ýylda nikel-margens birleşmesinde jübüt termomagnit effektiniň kadadan çykmasy (anomaliýasyny) ýüze çykarýar. Polikristal nikeliň dürli formaly nusgalarynda ýylylyk akymynyň konfigurasiýasynyň Tomsonyň jübüt termomagnit efektine edýän täsirini ilkinji gezek derňeýär. Onuň ferromagnit metallarda we binar birleşmelerde geçiren eksperimental barlaglary ferromagnetizmiň nazaryýetini ösdürmekde möhüm ähmiýete eýe boldy.

R.G. Annaýew polikristal ferromagnetiklerde ýüze çykýan ýönekeý anizotropiýanyň nazaryýetini işläp düzýär we iki düzüjili ferromagnit birleşmelerde ýüze çykýan birnäçe kanunalaýyklyklary açýar. R. Annaýew tarapyndan ferromagnit materiallarda magnitostriksiýany, magnitgarşylygy ölçemegiň kämilleşdirilen usullary işlenip düzüldi.

R.G. Annaýewiň 1952-nji ýylda çap edilen «*Ferromagnit metallarda magnit-elektrik hadysalary*» atly monografiýasynda 1938–1951-nji ýyllar aralygynda ýerine ýetiren ylmy işleriniň netijeleri beýan edildi. Monografiýa metallaryň we magnit hadysalarynyň fizikasy boýunça okaýan talyplara, aspirantlara we ylmy işgärlere niýetlenip, ol ferromagnetizme degişli ilkinji kitaplaryň hataryna girýär.

Magtymguly adyndaky Türkmen döwlet uniwersitetiniň nazary we eksperimental fizikasy kafedrasynyň magnit hadysalary we ýarymgeçirijiler laboratoriasynda metal we ýarymgeçiriji birleşmelerde (ferritlerde) käbir fiziki ululyklaryň (magnitlenme intensiwliginiň, Kýuri nokadynyň we beýlekileriň) kompensasiýasy we dekompensasiýasy derňeldi, deňagramsyz potensiometriň nazaryýeti we gurluşy işlenip düzüldi, molibden permalloýynyň magnitlenmäniň we maýyşgak deformasiýanyň täsiri netijesinde elektrik garşylygynyň üýtgemegi, nikel-palladiý birleşmeleriniň boý magnit meýdanynda elektrik garşylygy (G. Mälikgulyýew), boý we kese magnit meýdanlarynda nikel-palladiý birleşmeleriniň termoelektrik hereketlendiriji güýji we demir-hrom we demir-molibden birleşmelerinde Holl we Nernst hadysalary (effektleri) derňeldi (S. Ýazlyýew).

R.G. Annaýewiň 1967-nji ýylda çap edilen «*Magnetizm*» atly monografiýasynda magnetizme degişli nazary we eksperimental materiallar, dünýä alymlarynyň ferromagnetizme degişli işleri hakynda maglumatlar we şagirtleriniň eden ylmy işleri beýan edildi. R. Annaýewiň ferromagnetizm ylmy ösdürmäge goşan goşandy, açan birnäçe kanunalaýyklyklary beýleki alymlaryň nazary we eksperimental işleri bilen tassyklandy.

1970-nji ýylda R.G. Annaýewiň başlangyjy bilen Türkmen döwlet uniwersitetiniň nazary we eksperimental fizikasy kafedrasynyň ylmy-barlag laboratoriasynyň

esasynda «*Gaty jisimler fizikasy*» atly ylmy-barlag problema laboratoriyasy döredildi. Bu laboratoriya R.G. Annaýew ýolbaşçylyk etdi. Problema laboratoriyasynyň esasy ylmy ugry ýylylyk, radiasiya we üýtgeýän maýyşgak napryaženiýalaryň täsiri astyndaky massiw we plýonka görnüşli magnit materiallaryň fiziki häsiýetlerini öwrenmek meselesi boldy.

Häzirki zaman tehnikasy radioelektronikada, mikroelektronikada, maglumatlary ýazmak, saklamak we gaýtadan işleýän tehnikalarda ulanmak üçin zerur bolan täze magnit plýonka görnüşli materiallary döretmeklik meselesini möhüm meseleleriň biri hökmünde öňe çykarýar.

Magnit plýonkalarynyň köpsanly ulanyşy olaryň ajaýyp fiziki-himiki häsiýetleriniň we olardan ýasalyan abzallaryň ölçeglerini kiçeltmek üçin uly mümkinçilikleriň barlygy bilen şertlenendir.

R.G. Annaýew şagirtleri bilen bilelikde ferri we ferromagnit ýuka plýonkalary dürli görnüşli podložkalaryň üstünde almagyň usulyýetini işläp düzdi. Ýuka magnit plýonkalarynda ilkinji gezek magnitgarşylyk, magnitstriksiya, termogarşylyk hadysalaryny derňedi we olary magnit materiallary tehnikasynda ulanmak mümkinçiligini görkezdi. Onuň ýuka ferromagnit plýonkalarynda ýerine ýetiren işleri häzirki döwürde nanotehnologiýanyň ösmegine güýçli itergi berýär.

Wakuumda monokristal we polikristal ýuka magnit plýonkalary alyndy. olaryň magnit we elektrik häsiýetleri (Holl effekti we magnit garşylygy we ş.m.) öwrenildi (L.S. Melnikowa, N. Annataganow, M. Rozyýew we beýlekiler).

Demir-platina we kobalt-platina birleşmeleriniň monokristal plýonkalaryny ösdürmegiň tehnologiýasy, bu plýonkalaryň atom tertiplenmeginiň we magnit häsiýetleriniň aýratynlyklary, magnit we magnitoptiki häsiýetleri öwrenildi, galyňlygy 100 – 500 Å bolan plýonkalarda magnit we optiki ýazuwy geçirmegiň mümkinçilikleri görkezildi (J. Hojagulyýew).

Plýonkalar taýýarlanylanda daşky täsirler (temperatura, radiasiya, basyş we ş.m.) netijesinde onuň gurluşynyň we faza düzüminiň üýtgemek mümkinçiligi plýonkalaryň magnit häsiýetlerine täsir etmekligine şert döredýär. Plýonkalaryň faza düzümi bilen magnit we elektrik häsiýetleriniň arabaglanyşygyny derňemeklik netijesinde materialyň içki gurluşynyň üýtgemesiniň sebäpleri barada maglumat almak bilen çäklenilmän, eýsem zerur häsiýetleri bolan plýonkalary ösdürip ýetdirmek üçin amatly şertleri kesgitlemek hem bolýar. A. Hojamgulyýewiň ylmy işlerinde ilkinji gezek plýonkalaryň alnyş şertleriniň, termiki we  $\gamma$ -şöhlelenmäniň faza düzümine we kobalt-wannadiý birleşmeleriniň gurluş aýratynlyklaryna täsiri; deňagramsyz faza düzümlü plýonkalary almak mümkinçiligi we onuň termiki we radiasiya täsiri netijesinde üýtgemekligi; derňelýän plýonkalaryň faza düzüminiň magnit we elektrik hadysalaryna täsiri; termiki we radiasiya täsirleri astynda bolan kobalt-wannadiý plýonkalarynyň magnit we elektrik häsiýetleri öwrenildi.



Häzirki wagtda magnit hadysalarynyň we magnit materiallaryň fizikasynda zonalý magnetikleriň häsiýetlerini kesgitlemek möhüm mesele bolup durýar. Nikeliň zonalý magnetiklere deňişlidigi ikuçysydyr. Palladiý we nikel elektron gurluşlary we himiki häsiýetleri boýunça meňzeşdirler we şol sebäpli bu birleşmeleri zonalý magnetikler diýip hasap etmek bolar. Onuň esasynda köpsanly birleşmeler özüniň tehnika ulanyşyny tapdy. Ý. Jepbarowyň geçiren ylmy derňewlerinde bu magnetikleriň häsiýetlerini aýdyňlaşdyrmak üçin ilkinji gezek nikel-palladiý birleşmeleriniň massiw monokristallaryny ösdürmegiň tehnologiýasy, kristallik magnit anizotropiýasynyň we doýgun magnitlenmäniň düzüme, temperatura (4,2 K-den Kýuri temperaturasyna çenli) we magnit meýdanyna ( $60 \cdot 10^3$  *erstede* çenli) baglylygy doly öwrenildi, bu birleşmeleriň tertiplenmesiniň ýokarda getirilen häsiýetnamalara täsiri derňeldi, Geýzenbergiň çäklendirilen modelinden gelip çykyan «*onuný derejeli kanunýň*» nikel-palladiý birleşmeleri üçin ulanarlykly dældigi görkezildi, nikel-palladiý birleşmeleriniň häsiýetleriniň zona modeli bilen oňat düşündirilýändigini we bu birleşmeleriň zonalý magnetiklere deňişlidigi kesgitlenildi. Mundan başga-da, nikel-palladiý birleşmelerini uly manitostiksiýaly we kiçi anizotropiýaly hem-de kiçi manitostiksiýaly, emma güýçli magnit anizotropiýaly materiallar hökmünde abzal öndürişde ulanyp boljakdygy teklip edildi. Alnan netijeler Türkmenistanyň, Russiýanyň, Polşanyň, ABŞ-nyň ylmy neşirlerinde çap edildi.

Nikel-palladiý birleşmeleriniň massiw monokristallarynyň galwanomagnit häsiýetleri (Holl effekti, magnit garşylygy) giň temperatura aralykda (4,2 K-den Kýuri temperaturasyna çenli) S.I. Stadnik, 65 at.%Fe – 35 at % Ni inwar birleşmeleriniň kinetik häsiýetleri 4,2 K-den otag temperaturasyna çenli aralykda A. Akgaýew tarapyndan öwrenildi.

Faza geçişi nokatlarynyň töwereginde metal – dielektrik faza geçişli ulgamlary derňemeklik elektron spektri, magnit, optiki we beýleki häsiýetnamalar barada möhüm maglumatlary almaga mümkinçilik berýär. Soňky ýyllarda birwagtyň özünde uzakdan magnit tertiplenmesi we ýarymgeçiriji häsiýeti bolan kristallara gyzyklanma artyp başlady. Olaryň arasynda şpinel gurluşly wannadiý saklaýan okislere aýratyn orun berilýär. Bu maddalar magnit metallary we dielektrikleriň arasynda aralyk ýagdaýy eýeleýärler. Metal-dielektrik faza geçişli wannadiniň okislere şpinel gurluşy ylmy we amalaý jähde geljegi uly bolan (prespektiw) birleşmelerdir. A. Çaryýewiň ylmy işlerinde himiki transport reaksiýa usuly bilen magniý okisi esasynda (podložkada)  $Fe_xV_{3-x}O_4$  monokristal plýonkalar alyndy, plýonkalary ösdürmegiň şertleri,  $VO_2 : S$  we  $VO_2 : N$  plýonkalarynda metal – dielektrik faza geçişleri we onuň kinetikasy,  $VO_2 : N$  plýonkalarynda elektrik ýady effekti,  $Fe_xV_{3-x}O_4$  monokristal plýonkalaryň elektrik we magnit häsiýetleri kesgitlendi we  $FeV_2O_4$  plýonkasynda magnit ýady effekti ýüze çykaryldy we onuň düşündirilişi berildi. Metal – dielektrik faza geçişleriň esasynda  $VO_2$  plýonkalarynda basyşy, çy-

zykly we burç orun üýtgemelerini, wertikaldan gyşarma burçuny ölçeýän datçikler we ýylylyk – elektrik wakuummetrler üçin monometrik datçik işlenip düzüldi we döredildi.

Magnitýarymgeçiriji maddalaryň, şol sanda spin aýnalaryň, halkogenit şpinelleriň elektrik, magnit we galwanomagnit häsiýetleri tejribe taýdan barlanyldy (M. Maşayew). Barlanan materiallarda tejribe taýdan uly gyzyklanma döredýän ägirt uly magnitgarşylyk hadysasy ýüze çykaryldy. Öwrenilen maddalaryň arasynda käbir antiferromagnetik ýarymgeçirijilerde nazaryýet taýdan tekliplenen magnit-garyndyly hallaryň ýa-da afmonlaryň bar bolmagy barada eksperimental şaýatlylyklar getirildi.

Magnit hadysalarynyň fizikasyna degişli eksperimental işler M.I. Kalinin adyndaky Türkmen oba hojalyk institutynda (häzirki S.A. Niýazow adyndaky Türkmen oba hojalyk uniwersitetinde) hem alnyp barylýdy (W. Myndyýew we A. Afarida).

R.G. Annaýew ýaş hünärmenleri we ylmy derejeli alymlary taýýarlamakda möhüm işleri bitirdi. Ol onlarça fizika-matematika ylmlarynyň kandidatlaryny we doktorlaryny ýetişdirdi. G.M. Mälikgulyýew T.M. Ýusupow, S. Ýazlyýew, A. Allanazarow, A. Orazsähadow, W. Myndyýew, A. Afarida, W.I. Gonçar, Ý. Korşik, R.B. Durdymyradowa, L.S. Melnikowa, N. Annataganow, M.A. Rozyýew, I. Melnikowa, Ý. Kadyrow, A. Hojamkulyýew, Ý. Jepbarow onuň şagirtleridir.

Ol Moskwanyň döwlet uniwersitetiniň talyby, aspiranty we doktoranty bolan döwründe dünýä belli görnükli alym-fizikleriň: A.F. Ioffeniň, P.L. Kapisanyň, I.G. Tammyň, N.N. Semýonowyň, P.P. Lazerewiň, S.I. Wawilowyň, Ý.I. Frenkeliň, G.W. Kurdýumowyň, W.D. Kuznesowyň, G.S. Landsbergiň, L.D. Landauň, amerikan fizigi R. Bozortyň, nemes fizikleri M. Plankyň, W. Nernsitiň, fransuz fizikleri P. Lanžweniň, L. Brilýueniň, L. Neýeliň, awstriýaly fizik-nazaryýetçi E. Şredingeriň leksiýalaryny diňläň we olaryň birnäçesi bilen söhbetdeş bolan türkmen alymydyr.

Ol öňki TSSR YA-nyň fizika we geofizika institutynyň direktory, TSSR YA-nyň wise-prezidenti we gaty jisimleriň fizikasy atly problema laboratoriasynyň müdiri bolup işläň döwründe ylmy ösdürmeklige we kämilleşdirmeklige özüniň uly goşandyny goşdy. Türkmenistanyň fizika ylmynda degişli edaralary M.W. Lomonosow adyndaky Moskwa döwlet uniwersitetiniň fizika fakulteti, SSSR YA-nyň A.F. Ioffe adyndaky fizika-tehniki instituty, SSSR YA-nyň Sibir bölümüniň L.W. Kirenskiý adyndaky fizika instituty, Moskwanyň I.P. Bardin adyndaky gara metallurgiýa instituty, Moskwanyň A.A. Baýkow adyndaky metallurgiýa instituty bilen ylmy baglanyşygy saklamakda we olaryň üsti bilen milli hünärmenleri taýýarlamakda möhüm işleri bitirdi. Onuň ýolbaşçylygynda ýurdumyzda gaty jisimler fizikasyna degişli Bütünsoýuz ylmy-amaly maslahatlar we seminarlar dürli ýyllarda birnäçe gezek geçirildi.

1960-njy ýylda Fizika-tehnika institutynda awtomatika we telemehanika laboratoriyasy döredildi. Bu laboratoriyanyň işgärleri «*Türkmennebit*» birleşiginiň nebit kärhanalarynda ornaşdyrylan çuň-nasos guýularyň ýerasty desgalaryna telegözegçilik edýän tehniki gurluşy işläp düzdüler (A.T. Belous we beýlekiler). 1965-nji ýyldan başlap bu laboratoriyada ýarymgeçiriji abzallary we olaryň gurluşlaryny işläp düzmek boýunça işler geçirilip başlandy.

1967-nji ýyldan başlap Fizika-tehnika institutynda kristallaryň atom gurluşy, metallaryň we metal birleşmeleriniň ýuwutma rentgen spektrleriniň inçe gurluşy öwrenilip başlandy (A. Aşyrow, A.W. Anikin we beýlekiler).

**Ýarymgeçirijileriň we dielektrikleriň fizikasy.** 1956-njy ýyldan başlap TSSP YA-nyň Fizika we geofizika institutynyň fizika laboratoriyasynda R.G. Annaýewiň ýolbaşçylygynda magnit hadysalarynyň we ýarymgeçirijileriň fizikasy öwrenilip başlanýar. Ýarymgeçiriji metallarda anizotropiýanyň ýüze çykyanlygy ilkinji gezek R. Annaýew tarapyndan öňe sürüldi. Şeýle hem ilkinji gezek R. Annaýew we onuň şagirtleri tarapyndan monokristal  $n$  görnüşli germanide ( $Ge$ ), kremnide ( $Si$ ) we antimonid-indide ( $InSb$ ) magnitgarşylyk effektini derňemek esasynda, ilkinji gezek ýarymgeçirijilerde anizotropiýa hadysasynyň ýüze çykyanlygy anyklanyldy (A. Allanazarow). Ýeri gelende aýtsak, ýarymgeçirijilerde anizotropiýa hadysasy türkmen alymlary tarapyndan açylyp, ilkinji gezek ylma girizildi. Bu laboratoriyada germaniý we  $A^3B^5$  görnüşli birnäçe birleşmeleriň kristallarynyň anizotrop häsiýetleri öwrenildi.

Geçen asyryň 50-nji ýyllarynyň başynda D.I. Mendeleyewiň periodik ulgamynyň 3-nji we 5-nji topar elementleriniň birleşmesinden emele gelýän madalary  $A^3B^5$  ( $GaAs$ ,  $InAs$ ,  $InSb$ ,  $GaP$  we ş.m.), ýagny ýarymgeçiriji häsiýetini ýüze çykarýan materiallary sintez usuly bilen almaklyk we olardan ýarymgeçiriji abzallary (diod, fotodiod, tranzistor we ş.m.) taýýarlamak,  $p - n$  geçişli ýarymgeçirijili diodlaryň elektrik, optik, fotoelektrik we lüminesent häsiýetlerini derňemek bilen baglanyşykly ylmy-amaly işler bilen dünýäniň dürli ýurtlarynda içgin meşgullanyp başladylar.

1961-nji ýyldan başlap ýarymgeçiriji birleşmeleriň fiziki häsiýetleri öwrenilip başlandy (Ý. Agaýew, A. Allnazarow, A. Berkeliýew we beýlekiler).  $A^3B^5$  kristallarynyň,  $InAs$ ,  $InP$ ,  $InSb$  we beýleki birleşmeleriň fiziki häsiýetleri öwrenildi. Giň temperatura we magnit meýdanlary aralygynda  $A^3B^5$  kristallarynyň kinetiki häsiýetlerini ölçemek usuly hödürlendi. Ýarymgeçiriji abzallar döredildi we olaryň tehnologiýasy işlenip düzüldi (S. Suhanow): ýokary güýçlendiriji koeffisiýenti bolan Holl datçiklerinde gurnalan hemişelik we üýtgeýän toklary güýçlendirijiler; telefonlaşdyryş desgalarynda ýygýlyklary öwürijiler; gowşak meýdanlary ölçeýji, duýgurlygy  $10^{-7}$  *ersted* bolan magnitometrler; bir we iki kanally akymduýujy magnit başlary (başlaryň esasynda äkidijiniň tizliginiň dürli diapazonlarynda we ýygýlyk-

laryň giň diapazonynda işleýän, äkidijiden maglumatlary ýygnaýan akymduýujy gurluşlar döredildi); gowşak toklary ölçýji; Holl datçiginde gurnalan  $-35^{\circ}\text{C}$ -den  $+65^{\circ}\text{C}$ -ä çenli temperaturalar aralygynda uly dinamiki diapazonda işleýän çyzykly funksional köpeldiji, magnitorezistiw datçigiň esasynda gowşak we güýçli meýdanlary ölçýji magnitometr döredildi.

Ýarymgeçiriji birleşmeleriň sintezi hem öwrenildi (S.M. Mamaýew, K.O. Döwletow we beýlekiler). Geljegi bar bolan (perspektiw)  $A^2B^4C_2\text{-CdSnAs}_2$  polikristal birleşmeleri almaklygyň usuly işlenip düzüldi. Zonaly gaýtadan kristallaşdyrmak usuly bilen  $n$ - görnüşli we  $p$ - görnüşli  $\text{CdSnAs}_2$  monokristallary alyndy, giň temperatura interwalynda olaryň fiziki häsiýetleri derňeldi, esasy elektrik parametrleri kesgitlenildi.

Birnäçe ýarymgeçiriji birleşmeleriň fiziki-himiki häsiýetlerini öwrenmekligiň usulyýeti hödürlenildi. Tejribe arkaly ýokary temperaturalarda elektrik hereketlendiriji güýji usuly blen  $\text{PbSe}$ ,  $\text{PbTe}$ ,  $A^3B^5$  birleşmeleriň entropiýasy we izobar-izomer emele gelme potensiallary kesgitlenildi.

Gurşunyň halkogenidleriniň esasynda ýokary netijeli termoelektrik materiallaryň fiziki-himiki häsiýetleri derňeldi (K.O. Döwletow). Gaty erginler görnüşindäki täze üçleýin halkogenid ýarymgeçiriji birleşmeler sintezlendi, olaryň fiziki-himiki we elektrofiziki häsiýetleri öwrenildi. Fiziki häsiýetleri boýunça bu sintezlenen materiallar geljegi bar bolan (perspektiw) materiallar hasaplanýar. Olary termo- we fototöwürijilerde, lazer we infragyzyň çäklerde işleýän tehnikalarda ulanmak mümkin.

$A^3B^5$  ýarymgeçiriji birleşmeleriň ( $\text{InSb}$ ,  $\text{GaP}$ ,  $\text{InP}$ ,  $\text{InAs}$ ,  $\text{AlSb}$ ) we olaryň esasyndaky gaty erginleriň ( $\text{InSb} - \text{AlSb}$ ,  $\text{InAs} - \text{InP}$ ,  $\text{InAs} - \text{GaAs}$ ) fiziki häsiýetleri öwrenildi (A. Berkeliýew): ýarymgeçiriji gurluşlary we käbir warioz kristallary ösdürip ýetişdirmek üçin desga döredildi;  $A^3B^5$  gaty erginleriň warizon kristallary alyndy; bu kristallaryň esasynda spektriň görünýän we ultramelewşe çäkleri üçin fotokabuledijiler döredildi.

Türkmenistanda bu görnüşli ýarymgeçirijileriň fizikasy boýunça D.N. Nasledow, Ý. Agaýew, A. Berkeliýew, M. Serginow, O. Mosanow, D. Melebaýew, N. Nazarow köp ugurly ylmy-barlag işlerini geçirdiler. D.N. Nasledowyň goldaw bermegi bilen Türkmenistanda ilkinji gezek  $A^3B^5$  ýarymgeçirijileri suwuk fazaly epitaksial usulynda taýarlamak üçin tehnologiýa desga döredildi (A. Berkeliýew, D. Melebaýew). Bu desga häsiýetleri önünden berlen täze ýarymgeçiriji materiallary, geterogurluşly fotodiodlary almaklyga giň mümkinçilik berýär we  $A^3B^5$  ýarymgeçiriji abzallaryň (diod gurluşlarynyň) tehnologiýasyny ösdürmekde möhüm ähmiýete eýe boldy.

Häzirki zaman optoelektronikasynyň ösüşi ýarymgeçiriji materiallara berk talaplary bildirýär. Parametrleriň kämilleşdirmegiň zerurlygy we abzallaryň täze

görnüşlerini döretmeklik çylşyrymly himiki düzümi bolan ýarymgeçiriji kristallary sintezlemekligi we öwrenmekligi derwaýys edýär. M. Serginow tarapyndan ýarymgeçiriji  $p - \text{CdSiAs}_2$  we  $p - \text{CdSnAs}_2$  birleşmeleriň monokristallary, şeýle hem aýna görnüşli  $\text{CdSiAs}_2$  ýarymgeçiriji alyndy.  $II - IV - \text{As}_2$  monokristallaryň elektrik, optiki, fotoelektrik we rekombinasiýa häsiýetleriniň toplumlaýyn derňewleri geçirildi.  $II - IV - \text{As}_2$  ýarymgeçirijileriň polýarizasiýa fotoduýgurlygy ýüze çykarylady, derňeldi we zona gurluşynyň parametrleri kesgitlenildi.  $II - IV - \text{As}_2$  üçleýin ýarymgeçirijilerde dürli gurluşlary: gomogeçişleri we geterogeçişleri döretmekligiň usuly işlenip düzüldi we fotoelektrik häsiýetleri içgin öwrenildi.

N. Nazarowyň ylmy işlerinde  $\text{GaAs} - \text{AlGaAs}$  geterogurluşlar esasynda fotoözgerdijileri döretmeklik, warizon gurluşlarynda ýagtylyk şöhesiniň ýokary dykzlygynda ýüze çykýan içki göwrüm fotoeffektini eksperimental taýdan ýüze çykarmak we subut etmeklik hem-de kremniý esasynda arsenid-galliý we fosfid-galliý ýarymgeçiriji birleşmelerini almagyň kämil tehnologiýasyny işläp düzmeklik, olaryň esasynda dürli optoelektron abzallaryny (ýagtylyk şöhesini elektrik energiýasyna we elektrik energiýasyny ýagtylyk şöhesine öwüriji ýarymgeçiriji fotoelementleri, Gün elementleri, ýagtylyk goýberiji diodlary) taýýarlamak, olaryň häsiýetnamalaryny, iş ukyplylygyny öwrenmek derňeldi.

Ýarymgeçiriji gaty erginleriň esasyda taýýarlanylýan üst-barýerli gurluşlar ýarymgeçiriji abzallary döretmekde täze ugur bolup durýar. Metal-ýarymgeçiriji üst-barýerli gurluşlar radioelektronikada elektroöwüriji we fotoöwüriji abzallary döretmek we ýarymgeçiriji materiallaryň fiziki häsiýetlerini derňemek üçin ulanylýar. Wariozly üst-barýerli gurluşlarda spektrometrik efektleri derňemeklik dispergirleýän elementleri, çykyş kollektoryny we fotodetektory utgaşdyrýan spektrometrik elementleri döretmäge mümkinçilik berýär.

D. Melebaýewiň ylmy işlerinde ilkinji gezek wariozly üst-barýerli gurluşlarda fotoelektrik effekt derňeldi we  $\text{Au} - \text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$  gurluşlarda fototoguň spektriniň giň zolakly we dar zolakly bolýan şertleri kesgitlendi; ilkinji gezek bu gurluşlaryň dürli ýagtylandyrylyşynda (ýarymgeçiriji we ýarymdury metal gatlagy tarapyndan) döreýän optospektrometrik effekt öwrenildi;  $\text{Au} - \text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$  gurluşlaryň esasynda spektrometrik elementiň parametrleri kesgitlenildi; ilkinji gezek  $\text{Au} - \text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$  üst-barýerli gurluşlaryň  $x \approx 0,4$  bolanda spektriň görünüň we ultramelewşe böleginde fotoduýgur bolýandygy kesgitlenildi;  $\text{GaP}$  podložkalarda wariozly  $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$  gatlaglary epitaksial ösdürip ýetşdirmekligiň we  $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$  we  $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$  gaty erginleriň esasynda üst-barýerli gurluşlary taýýarlamaklygynyň tehnologiýasy işlenip düzüldi.

Häzirki wagtda Türkmenistanyň Ylymlar akademiýasynyň Gün energiýasy institutynda nanotehnologiýalary döretmek we täze nanomateriallary senagat önümçisi-



liginde ornaşdyrmak boýunça işler alnyp barylýar. D. Melebaýewiň ýolbaşçylygyn-da nanobölejikler we olar bilen baglanyşykly prosesler öwrenilýär we birnäçe, şol sanda nanogurluşlaryň esasynda fotodetektorlaryň täze görnüşleri oýlanyň tapyldy, kompozit nanogurluşlary döretmekligiň tehnologiýasy işlenip düzüldi we ön belli bolmadyk kwant prosesler ýüze çykarylady.

Adam bedenine ultramelewşe şöhleleriň täsirini öwrenmeklik Türkmenistanda aýratyn ähmiýete eýedir. Ultramelewşe şöhleleriň täsiri netijesinde adam bedeninde dürli fotohimiki prosesler döreyär. Bu bolsa biologik aktiw maddalaryň döremekligine getirýär we olaryň gan aýlanyşyň üsti bilen öýjükler we beden agzalaryna aralaşmagyna getirýär. Optimal çäkke ultramelewşe şöhlelenmesi birnäçe položitel effektleri döredýär: bedende *D* witamin emele gelýär, dem almaklyk, gan aýlanyş gowulaşýar, endokrin we nerw ulgamyna peýdaly täsir edýär. Tersine, ultramelewşe şöhlelenme bilen aşaköp şöhlelenme ters netijelere getirmekligi mümkin. Türkmen alymlarynyň döreden fotodetektory bu meseläni çözmäge mümkinçilik berýär. Günden gelýän ultramelewşe şöhleleriniň intensiwligini bu abzalyň kömegi bilen ölçemeklik, has takyk ylmy-lukmançylyk hödürnamalary taýýarlamaklyga mümkinçilik berer.

Türkmen alymlarynyň oýlap tapyşlary ultramelewşe şöhlelerini ölçemek zerurlygy ýüze çykýan pudaklarda – ekologiýadan, energetikadan, astrofizika we kosmiki barlaglardan başlap, lukmançylyk we biotehnologiýa barlaglaryna çenli özünüň giň ulanyşyny tapdy. İşlenip düzülen fotodetektorlaryň tehnologiýasy daşary ýurtlarda – Batumi şäherindäki Moskwa awiasiya institutynyň bölümünde, Moskwa döwlet uniwersitetiniň meteorologik laboratoriasynda, Sankt-Peterburgyň sitologiýa institutynyň ylmy-barlag işlerinde ulanyldy. Alnan netijeler Türkmenistanyň, Russiýanyň, ABŞ-nyň ylmy neşirlerinde çap edildi.

Nanotehnologiýa ölçegleri 1-100 nanometr bolan dürli gurluşly maddalar bilen iş salyşýar. Soňky ýyllarda nanotehnologiýalary işläp düzmeklik we gaty jisimleriň nanogurluşlaryny döretmeklik meselesine uly üns berilýär. Häzirki döwürde spektriň ultramelewşe diapazonynda işleýän ýarymgeçiriji fotokabuledijilere bolan gyzyklanma artdy. Bu häzirki zaman lukmançylygynyň, biotehnologiýanyň, ekologiýanyň, şol sanda «ozon deşikleri» meselesiniň talaby bilen baglanyşyklydyr. Bu spektral diapazonda has geljegi bar bolan (perspektiwaly) abzal bolup Şottki potensial barýerli metal-dielektrik-ýarymgeçiriji gurluşly esasda ýasalan fotokabuledijiler hyzmat edýär.

Fizikanyň Şottki päsgelçiligi (barýeri) oblastynda metal-ýarymgeçiriji, metal-dielektrik-ýarymgeçiriji nanogurluşlar görüňän we ultramelewşe şöhlelenmeleriň fotokabuledijilerini döretmeklikde ulanylýar.

Arsenid-galliý esasdaky Şottki päsgelçiligi radiasiýa çydamly ýarymgeçiriji abzallary döretmeklik üçin has perspektiw gurluşlar hasaplanylýar. Häzirki zaman mikroelektronikasynda ulanylýan metal-ýarymgeçiriji we metal-dielektrik-ýarym-

geçiriji görnüşli ýarymgeçiriji abzallaryň fundamental parametrleriniň biri hökmünde Şottki päsgelçiliginiň beýikligi hasaplanýar. Şottki päsgelçiliginiň beýikligini kesgitlemekligiň has takyk usuly hökmünde fotoelektrik usul kabul edilendir. Ikitaraply fotoduýgur *Au-n-GaAs* gurluşlar döredildi, derňeldi we fotoýagtylyk usuly bilen päsgelçiligiň beýikligini kesgitlemek mümkinçiligi görkezildi (D. Melebaýew).

**Akustika.** Türkmenistanda akustika boýunça derňewler 1951-nji ýylda A.A. Berdiýewiň ýolbaşçylygynda başlandy. Akustik abzallary ylmy derňewlerde we ony awtomatlaşdyrmakda ulanmak we ornaşdyrmak, ýer titremeleriniň alamatlaryny gözlemeklik akustikanyň esasy ugurlary boldy.

**Ata Abdyrahmanowıç Berdiýew (1914–2007 ý.)** – türkmen fizigi, TSSR YA-nyň akademigi (1969 ý.), wise-prezidenti (1967–1975 ý.), häzirki Mary welaýatynyň Mülk-Burkaz obasynda eneden doguldy. Aşgabadyň mugallymçylyk institutyny tamamlady (1939 ý.), soňra bu institutynyň fizika kafedrasynda mugallym bolup işledi, 1941–1945-nji ýyllaryň Beýik Watançylyk urşuna gatnaşdy. 1952–1966-njy ýyllarda TSSR YA-nyň Fiziki-tehniki institutynyň direktory, 1969-njy ýylda TSSR YA-nyň akademigi, 1970-nji ýylda TSSR YA-nyň wise-prezidenti, 1975-nji ýyldan başlap Magtymguly adyndaky Türkmen döwlet uniwersitetiniň professory wezipelerinde işledi.



170-nji surat. Ata  
Abdyrahmanowıç  
Berdiýew

A.A. Berdiýewiň ylmy işleri optika, molekulýar fizika, akustika bagyşlanandyr.

Moskwa döwlet uniwersitetiniň akustigi, spektroskopıya boýunça belli professor P.A. Bažulin A.A. Berdiýewe dissertasiýa işiniň temasy hökmünde suwuklyklarda we olaryň binar garyndylarynda ultraakustik tolkunlarynyň anomal özüne siňdirijiliginiň mehanizmini optiki ýol bilen öwrenmekligi teklip edýär. Bu meseläniň çözgüdi uly nazary gyzyklanma döredýärdi. Sebäbi ol baradaky çekişmeler ençeme ýyllaryň dowamynda bolup gelýärdi. Belli fizikler D. Stoks, D. Kirhgof, S.L. Mandelştam, M.A. Leontowıç we beýlekiler bu barada dürli pikirler, kä halatlarda bolsa suwuklyklarda ultrases tolkunlarynyň anomal özüne siňdirijiliginiň we olaryň tizliginiň dispersiýasynyň mehanizmi barada biri-birine bütinleý ters gelýän pikirleri aýdýardylar.

Şeýlelik bilen, A.A. Berdiýew tarapyndan tejribe arkaly wodorodyň benzol halkasynda temperaturanyň artmagy bilen özüne siňdirijilik koeffisiýentiniň artýandygy ýüze çykaryldy. Assosiirlenen suwuklyklarda (anilin, metil spirti) temperaturanyň artmagy bilen özüne siňdirijiligiň peselýändigini we çyzyksyz häsiýete eýe bolýandygy anyklanyldy.

Netijede, käbir suwuklyklarda şepbeşiklik koeffisiýenti we olaryň temperatura baglylygy kesgitlenildi. Hlorbenzol-dötr hlorly uglerod, toluol benzol, efir-dört

hlorly uglerod garyndylarynda ikinji düzüjiniň konsentrasiýasynyň artmagy bilen siňdirijilik birsydyrgyn, emma çyzyksyz häsiýetde artýandygy kesgitlenildi.

1951-nji ýylda Moskwa döwlet uniwersitetiniň fizika fakultetiniň alymlar sowetiniň mejlisinde A.A. Berdiýew «*Suwuklyklarda ultraakustik tolkunlarynyň siňdirilişi*» diýen temadan kandidatlyk dissertasiýasyny gorady.

1952-nji ýyldan başlap spektral derňewleri oblastynda optika boýunça ylmy-barlag işleri geçirilip başlandy. A.A. Berdiýew we beýlekiler Türkmenistanyň geologiýa dag jynslarynyň nusgalarynyň, şeýle hem çalgy ýaglarynyň emission we molekulýar spektroskopiýasy boýunça barlaglaryň tapgyryny geçirdi, teplowozlaryň sürtülýän bölekleriniň, işlenilen dizel ýaglaryndaky garyndylaryň spektral usullar bilen kesgitlenen düzümine baglylykda, dagamak derejesi bahalandyryldy.

A.A. Berdiýew 1952-nji ýylda TSSR Ylymlar akademiýasynyň fizika we geofizika institutynda optiki laboratoriýany esaslandyrdy, A.M. Gorkiý (häzirki Magtymguly) adyndaky Türkmen döwlet uniwersitetinde bolsa akustiki barlaglary guraýar we olara ýolbaşçylyk edýär. Laboratoriýanyň işgärleri suwuklyklarda molekulýar prosesleriň fizikasyny öwrenmek bilen baglanyşykly täze we örän kyn ylmy we usuly meseleleri çözmegiň üstünde işleýärler, ýagny giň diapazonly ýygýlyklarda barlaglary geçirmegiň usulyny işläp taýýarladylar.

1956-njy ýylda Fiziki-tehniki institutynda molekulýar akustika we aşa ýokary ýygýlyklaryň akustikasy laboratoriýasy döredilenden soň nusgawy optiki usullar bilen geçirilýän fiziki derňewler (A.A. Berdiýew, N. Şirjanow, M.G. Wasilýew) uly ösüşe eýe boldy. Bu laboratoriýalarda A.A. Berdiýewiň ýolbaşçylygynda ýygýlyklary  $\sim 3 \cdot 10^9$  Gs bolan ajaýyp ölçeg ulgamlary, ýagny suwuklyklarda uly ýygýlyklar we temperaturalar diapazonynda ultrases we giperses tolkunlarynyň ýuwudylmasyny we dispersiýasyny göni derňemäge mümkinçilik berýän akustik desga döredildi (N.B. Ležnew, W.W. Lapkin). Birnäçe suwuklyklaryň relaksasiýa hadysalary öwrenildi. Akustik spektroskopiýa usuly bilen uly şepbeşikli suwuklyklarda boý we kese akustik tolkunlarynyň ýaýraýyşy derňeldi we relaksasiýa effektləri ýüze çykaryldy. Ylmy barlaglarda ultra we gipersesleri ulanýan bu abzallar we usullar Moskwanyň, Leningradyň (häzirki Sank-Peterburgyň), Waşawanyň ylym barlag merkezlerinde ulanyldy. Pýezoelektrik epitaksiýasynyň plýonkalaryny we netijeli ses geçirijilerini peýdalanmak bilen akustiki spektrometrlerde ýurdumyzda we daşary ýurtlarda deňi-taýy bolmadyk ýokary netije – 10 GGs ýygýlyk alyndy. Akustika bölümünde suwuklygy  $\sim 10^{10}$  Gs ýygýlykda derňeýän giperses spektrometriniň ýeke-täk nusgasy işledildi. A.A. Berdiýew tarapyndan ýolbaşçylyk edilýän türkmen akustikleriniň aşa ýokary ýygýlyklarda diňe bir dik däl, eýsem kese polýar akustik tolkunlaryny ulanmak bilen suwuk gurşawlarda akustik tejribeleriniň tehnikasyny döretmekde öňdeligi saklandyklaryny aýratyn belläp geçmek gerek. Bu spektrometriň kömegi bilen suwuklyklarda (A.A. Berdiýew, N.B. Ležnew), elektrolitleriň erginlerinde (M.G. Şubina, G.A. Nazarowa) we güýçli

şepbeşik suwuklyklarda (B. Hemraýew, W.A. Lysenko) maddanyň suwuk haly baradaky garaýyşlaryň ösmekligini esaslandyran, düýbünden täze fiziki netijeler alyndy. Elektrolitleriň dürli hili walentli suwly we suwsuz erginlerinde ionlaryň solwatasıyasy we eredijiniň gurluşyna, hususan-da suwuň gurluşyna dürli hili ionlaryň täsiri ýaly prosesler öwrenildi.

A.A. Berdiýew 1965-nji ýylda «*Ýokary ýygylýklarda suwuklyklarda akustik tolkunlaryň ýaýraýşynyň we siňdirilişiniň barlaglary*» atly tema boýunça doktorlyk dissertasiýany gorady.

1979-njy ýylda Fizika-tehniki institutynyň akustika bölüminde ýurdumyzyň seýsmiki işjeň etraplarynda seýsmiki ýagdaýy öwrenmek we akustiki maglumatlar esasynda ýerli ýer titremelerini öňünden bilmek mümkinçiligini aýdyňlaşdyrmak maksady bilen seýsmiki akustika boýunça topar döredildi. Dagdan gazylyp alynýan minerallaryň weýran bolmagynyň laboratorıya barlaglary magistral jaýrygyň emele gelmegine materialyň бүтін göwrümi boýunça mikrojaýryklaryň köpçülikleýin emele gelmeginiň sebäp bolýandygyny görkezdi. Weýran bolşuň akustiki öňünden bilnişi şu ýagdaýa esaslanýar, ýagny aýratyn mikrojaýrygyň emele gelmegi akustiki şöhlelenme bilen utgaşdyrylýar. Seýsmiki etrapda seýsmiki akustiki galmagaly synlamak bilen galmagalyň üýtgeýşiniň derejesi boýunça weýran boluş pursatyny öňünden aýtmak mümkin.

A.A. Berdiýew işgärleri bilen bilelikde ýer gatlagynyň blokly gurluşynyň we weýrançylygy çäklendiriş prosesini hasaba almak arkaly derejesiniň üýtgeýişiniň täze modelini hödürledi. Laboratorıanyň işgärleri tarapyndan geçirilýän gözegçilikler seýsmoakustiki galmagala sebäpleriň ençemesiniň-atmosfera basyşynyň, Aý, Gün şöhleleriniň, gözegçilik edilýän etrapyň seýsmikiliginiň we beýleki geodinamiki prosesleriň täsir edýändiklerini ýüze çykarmaga mümkinçilik berdi.

A.A. Berdiýew onlarça fizika-matematika ylymlarynyň kandidatlaryny we doktorlaryny ýetişdirdi. N. Şirjanow, M.G. Wasilýew, N.B. Ležnew, W.W. Lapkin, B. Hemraýew, A.A. Şamow, M.G. Şubina, G.A. Nazarowa, W.A. Lysenko, G. Ataýew, A. Rudin, A. Uşakow, U. Esenow, G.G. Allanazarowa onuň şagirtleridir.

Nebitiň fiziki-himiki häsiýetlerini akustik usul bilen öwrenmeklik häzirkі wagtda giň gerime eýe boldy. Öňümçilikde nebit önümleriniň öndürilişiniň artýanlygy sebäpli, olary ylmy taýdan derňemeklige hem köp üns berlip başlandy.

Eksperimental işleriň netijesinden (G.G. Allanazarowa) görnüşi ýaly nebitiň derňelen akustik häsiýetleri arassa suwuklyklar bilen deňeşdirilende uly tapawuda eýedirler. Nebitiň şeýle kadadan çykma ýagdaýy, onuň düzüminiň dürli-dürli ereme temperaturasyna eýe bolan birnäçe garyndylaryň toplumyndan düzülen massany emele getirýänligi sebäplidir. Günbatar Türkmenistanyň Gamyslyja, Goturdepe, Dagajyk we Burun nebitkänleriniň nebitlerinde impuls usuly bilen 3-90 MGs ýygylýk we 253-363 K temperatura aralygynda ultrasesiň tizligi  $c$  we siňdirme

koeffisiyenti  $\alpha/f^2$ , 273-363 K temperatura aralygynda şepbeşiklik koeffisiyenti we 303-363 K temperatura aralygynda nebitiň dykzylygy ölçenildi.

Şeýle hem, G.G. Allanazarowa tarapyndan ýylylyk täsirinden soň nebitiň akustik-geologiki häsiýetleriniň üýtgemegine syn edildi. Ýylylyk täsir etmäniň iň amatly temperaturasy (ýagny optimal temperaturasy) anyklanyldy. Şeýle hem, ýylylyk täsiriniň netijesinde nebitiň düzüminiň gije-gündizleýin üýtgemegine syn edildi. Şu usul bilen haýsy amatly temperaturada nebitiň şepbeşiklik koeffisiýentiniň kiçelýändigini anyklanyldy.

**Lazerler.** G. Orazowyň ylmy işlerinde gaz garyndysynda işleýän *He-Cd* (geliý kadmiý,  $\lambda=0,44 \text{ mkm}$ ), ion lazerlerine degişli *Ar* (argon-ion,  $\lambda=0,448 \text{ mkm}$ ) lazerleriniň üznüksiz we gaty jisimli lazerlere degişli  $Nd^{3+}$  (neodim,  $\lambda=1,06 \text{ mkm}$ ) lazeriň impulslaýyn şöhlelenmeleriniň görkezijilerini çyzykly däl optiki hadysalarda dinamiki golografiýanyň usullary arkaly üýtgetmeklik tejribede derňeldi. Lazer şöhleleriniň öz-özüne difraksiýa hadysasynda olaryň arasyndaky energiýa alyş-çalşygy nazary we eksperimental taýdan derňeldi. Şunlukda, energiýany anomal ugurda – intensiwligi pes tolkundan kuwwatly tolkuna tarap akdyrmaklyk başartdy.

Şeýle hem lazer tolkunlarynyň kömegi bilen  $LiNb_2O_3 : Fe$  fotorefraktiw kristalynda çylşyrymly meýdanlaryň gologrammalaryny statiki ýagdaýda ýazmagyň şertleri kesgitlenildi. *He-Cd* üznüksiz lazeriň  $\lambda = 0,44 \text{ mkm}$  tekiz polýarlanan şöhlelenmesiniň tolkun frontunyň öz-özünden yzyna gaýtarylmasy  $Sr_{06}Ba_{04}Nb_2O_6$  (SBN) kristalynda amala aşyryldy. Ilkinji bolup bu hadysanyň hil görkezijisi ölçenildi we ol 85%-e deň boldy. Tejribede *Nd-ÝAG* gaty jisimli lazeriň ikinji garmonikasynyň impulslaýyn gaýtalanýan şöhlelenmesiniň ( $\lambda = 0,53 \text{ mkm}$ ,  $\nu = 17 \text{ kGs}$ ) *Co*-garyndyly SBN kristallarynda özgerdilmesiniň intensiwlige baglylygy derňeldi. Kwazi-üznüksiz lazer impulslarynyň dowamlylygy, impulslar arasyndaky wagt aralygy, özara täsiriň kiçi burçlarynda we uly intensiwliklerinde serpikme koeffisiýentiniň nola deňdigi görkezildi. Üznüksiz, bir impulsly hem-de impulslaýyn gaýtalanýan lazer şöhlelenmeleriniň özara täsirleriniň aýratynlyklary ylmy taýdan eksperimental derňeldi. Alnan netijeler Türkmenistanyň, Russiýanyň, ABŞ-nyň, Gollandiýanyň, Fransiýanyň ylmy neşirlerinde çap edildi.

**Molekulýar fizika. Fiziki himiýa.** A. Ataýewiň ylmy işlerinde ergindäki alkilpirazolly kobalt (II) we nikel (II) paramagnit toplumlarynyň ÝMR spektrleri we molekulýar gurlyşy kesgitlendi. Ilkinji gezek alkilpirazolly durnukly *Co(II)* we *Ni (II)* paramagnit toplumlarynyň  $^{13}C$  ÝMR spektrleri alyndy.  $^{13}C$  ýadrolarda uly paramagnit süýşmäniň bardygy anyklanyldy.

Häzirki wagtda izotop çalyşma tehnikasy fizikada, himiýada, biologiýada, lukmançylykda, oba hojalygynda we ylmyň hem-de tehnikanyň beýleki pudaklarynda giňden ulanylýar. Köp ýagdaýlarda izotop çalyşma maddalaryň fiziki we himiki häsiýetleriniň uly bolmadyk üýtgemeleri (izotop effektləri) bilen bolup geçýär. Aýratyn-da izotop effektləri ýadro magnit rezonansy (ÝMR) spektrlerinde



(ekranirleme konstantalarynda ýa-da himiki süýşmelerde we spin özara täsiriň konstantalarynda) güýçli ýüze çykýarlar. H.A. Orazberdiýew ekranirleme konstantalary we spin-spin özara täsirleriň konstantasy üçin izotop effektleriniň nazary modellerini işläp düzdi.

**Astronomiýa.** Merkezi Aziýada astronomiýa ylym hökmünde IX asyrdä döredi. Orta asyrlarda astronomiýa matematika bilen bilelikde ösdi. Astronomiýa boýunça işlerde *zijler* – astronomik we trigonometrik tablisalaryň ýygynyň aýratyn orun eýeleýär. Ai-Horezmi özüniň döreden irki zijlerinde sinuslaryň tablisasyny getirdi we tangensi girizdi. Ai-Horezminiň döwürdeşi, astronom we matematik Ahmet Al-Marwaziniň zijinde tangensleriň we kotangensleriň tablisasy getirildi. Al-Marwazi özüniň işlerinde astrolýabiýiň we gün sagatlarynyň gurluşyny beýan etdi.

XI asyrdä Merw (häzirki Mary) şäherinde astronomiýa observatoriýasy bardy. Bu observatoriýa 1092-nji ýyla çenli işledi. Takmynan 1074-nji ýyldan başlap bu observatoriýada astronom wezipesinde Omar Haýam işläpdir. Merw observatoriýasy tarapyndan ýyldyzlaryň uly katalogy düzülipdir. XII asyryň fizigi, astronomy we matematigi, Omar Haýamyň okuwçysy Ai-Hazini 1115-1120-nji ýyllarda astronomik tablisalary döretdi, «*Akyl terezileri*» traktatasynda mehanikanyň, gidrostatikanyň, fizikanyň we matematikanyň üstünliklerini umumylaşdyrdy.

Ylmyň taryhynda Çärjew (häzirki Türkmenabat) şäheriniň golaýyndaky Halkara gözegçilik stansiýasynyň zenit-teleskopy bilen geçiren 20 ýyllyk (1899 – 1919 ý.) astronomik gözegçilikleri aýratyn orny eýeleýär. Bu stansiýa 1919-njy ýylda ýapyldy.

Öňki Sowet Soýuzy döwründe Türkmenistanda astronomiýa fizika – matematika ylmylary bilen bilelikde ösdi. 1946-njy ýylda SSSR Ylmylar akademiýasynyň Türkmen şahamçasynda gün ulgamynyň kiçi jisimlerini, hususan-da meteorlary öwrenýän astrofiziki laboratoriyä esaslandyryldy. Meteor hadysalaryny öwrenmek üçin görüş arkaly, teleskopik, fotosuratly spektrler we radiolokasiýa usullary ulanyldy. 1946-1958-nji ýyllarda bu ylmy barlaglara I.S. Astapowicz ýolbaşçylyk etdi, 1958-nji ýyldan başlap ylmy barlaglary onuň okuwçylary A.P. Sawruhin, H. Gulmedow we beýlekiler dowam etdiler.

Radiolokasiýa usullary bilen meteor işjeňliginiň gije – gündizlik we ýyllyk üýtgemesi öwrenildi. Iki nokadyň arasynda meteorlary surat arkaly bellige almaklyk bilen Ýer atmosferasynda we Gün ulgamynda meteorlaryň traýektoriyasyny hasaplamaga mümkinçilik berýän işler ýerine ýetirildi (A.T. Belous we A.P. Sawruhin we beýlekiler), meteorlaryň parametrleri Ý.M. Proskurina) we olaryň orbitalary (Ý.F. Sadykow) hasaplandy, Günün işjeňligi derňeldi (U.Ilyasow), kometalaryň, meteoritleriň, asman jisimleriniň hereketleri öwrenildi (H. Meläýew).

A.M. Gorkiý adyndaky (häzirki Magtymguly adyndaky) Türkmen döwlet uniwersitetinde meteorlar hadysalaryny M.H. Kadyrow we beýlekiler öwrendiler.

TSSR Ylymlar akademiýasynyň Fiziki – tehniki institutynda gowşak meteorlara gözegçilik etmekligiň telewizion we elektron – optiki usullary işlenilip düzüldi. Meteorlaryň spektrleri we yzlary boýunça eksperimental maglumatlar alyndy. Aýratyn spektral çyzyklaryň aerenomiýasy (O. Öwezgeldiýew, S. Muhammetnazarow we beýlekiler) öwrenildi. 1968-nji ýyldan başlap Fiziki – tehniki institutyň işgärleri Berzeňni şäherçesinde radioastronomik gözegçilikleri geçirdiler. A. Hanberdiýew, M. Goşjanow we beýlekiler radioteleskopyň antenna ulgamynyň parametrlerini kesgitlemegiň radioastronomik usulyňy döredtiler. Radioastronomik çeşmeleri desimetr diapazonda öwrenmek üçin analog – sanly öwüriji döredildi, galaktik radioşöhlemenmeleriň derňewleri geçirildi.

**Atmosferanyň fizikasy.** Öňki SSSR-iň döwründe atmosferanyň fizikasyna degişli barlaglary TSSR YA-nyň Fiziki-tehniki instituty Türkmenistanyň gidrometeorologiýa we tebigy gurşawa gözegçilik edarasy bilen bilelikde geçirdi.

Türkmenistanda ilkinji meteorologik stansiýa 1869-njy ýylda Krasnowodskide (häzirki Türkmenbaşy şäherinde) guruldy. 1981-nji ýyla çenli howa maglumaty, aktinometriýa, aerologiýa, agroklimatologiýa we atmosferanyň hapalanmagy baradaky maglumatlary 56 meteorologik stansiýa we 65 gözegçilik nokatlary taýýarlaýardy. Günün ýylpyldamasyny bellige almak usulyndan peýdalanylýan atmosferanyň statistik fluktuasiýasy öwrenildi (U. Ylýasow).

Atmosferanyň ýokary gatlagynyň fizikasy boýunça ylmy derňewler TSSR YA-nyň Fiziki-tehniki institutynyň Gün-Ýer fizikasy bölümi tarapyndan alnyp barylýdy. Bu derňewleriň esasy ugurlary – Günün we onuň esasy işjeňliginiň Ýeriň golaýyndaky kosmos giňişligine täsiri, uzak we aşa uzak aralyklara radiotolkunlarynyň ýaýramak şertlerini öwrenmek, Günün Ýeriň klimatyna, janly gurluşlara we beýlekilere täsirini öwrenmek boldy. Türkmenistanda atmosferanyň ýokary gatlagynyň fizikasynyň döremekligine we ösüşine professorlar I.S. Astapowiç we W.N. Kessenih, TSSP YA-nyň habarçy agzasy N.M. Erofeýew, TSSP YA-nyň akademigi O. Öwezgeldiýew uly goşant goşdylar.

1975-1981-nji ýyllarda *E* sporadik gatlagyň fizikasyny we onuň emele gelme mehanizmlerini öwrenmek çäklerinde ilkinji gezek gysga we ultragysga radiotolkunlarynyň ýaýramak şertlerine *E* sporadik gatlagyň täsirini çaklamaklyga (prognozirlemeklige) mümkinçilik berýän, ionosferanyň bu anomal hadysasynyň empirik nusgasy (modeli) döredildi.

TSSR YA-nyň Fiziki-tehniki institutynyň ylmy işgärleriniň toplumlaýyn barlaglarynyň netijeleri atmosfera fizikasynyň täze bölümüniň – turbopauz fizikasynyň esaslarynyň döremekligine getirdi. Ionosferanyň *F* oblastynyň bir gije-gündizlik we möwsümleýin anomaliýalary öwrenildi we ony beýan edýän atmosferanyň ýokary gatlagyndaky metallik ionlaryň fotohimiki nazaryýeti döredildi. Bu tejribe maglumatlary atmosferanyň ýokary gatlaklaryny (100 km çenli) lidar zondirlemek bilen alyndy. Meteorlaryň spektrleri we olaryň yzlary barada möhüm

eksperimental maglumatlar alyndy, meteor yzlarynda ýaşyl çyzygyň ýagtylanyşy nazary düşündirildi. Atmosferanyň ýokary gatlagyny öwrenmek boýunça alnan maglumatlar 1970-1981-nji ýyllarda geofiziki maglumatlary çalyşmak boýunça Halkara guramalarynda ulanyldy.

Türkmenistanyň geografiki ýerleşşi we onuň amatly astroklimatik şertleri atmosferanyň ýokary gatlaklarynyň we ýere golaý kosmos giňişliginiň fizikasyny çuň öwrenmeklige mümkinçilik berýän radiofiziki, astrofiziki we optiki usullary ulanmaklyk netijesinde Fiziki-tehniki institutynyň eksperimental toplumynda alynan ylmy we amaly işleriň ähmiýetini artdyrýar.

Atmosferanyň ýokary gatlagynyň fizikasynyň meselerlerini öwrenýän türkmen alymlary Halkara geofiziki ýyl (1957-1958 ý.), Asuda Günün Halkara ýyly (1964-1965 ý.), Magnitosferanyň Halkara barlaglary (1976-1981 ý.) atly Halkara ylmy mejilnamalara gatnaşdylar.

**Radiofizika.** 1949-njy ýyldan başlap Türkmenistanda radiofizika boýunça barlaglar geçirilip başlanýar. Radiotolkunlaryň ionosfera boýunça ýaýramaklygyny öwrenmek boýunça radiofiziki eksperimental toplumlar işlenip düzüldi we döredildi (O.G. Öwezgeldiýew, G.G. Jemilow, W.P. Petinow). Dekametr tolkun uzynlykly radiotolkunlaryň ýuwudylmasy, fokusirlenmegi we polýarlanmasy barada maglumatlar alyndy (M. Şirmämmedow, I. Handöwletow). Radiosignallaryň  $E_s$  gatladan serpigmesiniň statistik kanunalaýyklygy derňeldi. Serpikme koeffisiýentiniň ýygylýga baglylygyny beýan edýän tejribe (empirik) formulasy alyndy.  $E_s$  gatlagynyň ýygylýk häsiýetnamasynyň (harakteristikasynyň) zondirleýän abzalyň parametrlerine baglylygy (O.G. Öwezgeldiýew, A. Babaýew), Aşgabat-Moskwa, Aşgabat-Harkow, Aşgabat-Irkutsk we beýleki aralyklarda radiotolkunlarynyň ýaýramaklygynyň anomal modalary we statistik kanunalaýyklary öwrenildi.

Ionosferanyň  $F$  oblasty, ylaýta-da onuň aşaky bölegi, dekametr diapazonly radiotolkunlaryň ýaýramaklygynda möhüm orny eýeleýär. Bu meseläniň derwaýyslygy ýerde ýerleşen nokatlaryň arasynda uzak radioaragatnaşygyny amala aşyrmaklygyň ähmiýetliligi bilen döredi.  $F$  gatlagyň aşagynda ýerleşýän beýikliklerdäki hemralar bilen bir hatarda, soňky wagtlarda radiotolkunlarynyň aşa uzak aralyklara ýaýramaklygyny derňemeklige aýratyn üns berilýär.  $E$  we  $F$  gatlaklaryň arasynda ýaýraýan radiotolkunlar, hiç-hili sönmeklige sezewar bolman, Ýeriň daşy boýunça hem ýaýrap bilýärler. Ionosferanyň bu gatlagynyň gurluşyny derňemeklik uly gyzyklanma döredýär.

R. Artykow tarapyndan magnit meýdanynyň güýç çyzyklaryna otnositellikde ýaýraýan atom we molekulýar ionlarynyň boý we kese hereketleri öwrenildi. Köp düzüjili ionosfera plazmasynda boý diffuziýasy atom we molekulýar ionlarynyň diffuziýasy we olaryň özara diffuziýasy bilen kesgitlenildi. Termosfera ýelleriniň, elektrik meýdanlarynyň we basyşlaryň gradiýentleriniň täsiri netijesinde atom

we molekulýar ionlarynyň elektronlarynyň kese hereketlerini beýan edýän kwazigidrodinamik ulgamyň umumy çözüşi alyndy.

Ionosferada radiotolkunlaryň ýuwdulmasyny derňemek meselesi radiotolkunlaryň ýaýramak meselesini öwrenmekligiň bir bölegidir. Ýagny ýuwdulmaklygyň ululygy radiostansiýalaryň kuwwatyny kesgitlemekde kesgitleýji bolup durýar. Ýuwdulmanyň bahasynyň wagta we möwsüme baglylygyna görä ol aragatnaşyk nokatlarynyň işleýşine düýpli täsir edýär. Ýuwdulmany ölçemeklik ionosferanyň birnäçe möhüm parametrlerini – elektronlaryň bitarap bölekler we ionlar bilen maýyşgak çaknyşmalarynyň sanyny, şeýle hem elektronyň konsentrasiýasyny kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Ionosferanyň  $D$  oblasty radiotolkunlaryň ýaýramaklygynda düýpli ähmiýete eýedir, sebäbi esasy ýuwdulma  $E$  gatlagyň maksimumynyň aşaky böleginde bolup geçýär. Käbir kesgitli giňliklerde  $D$  oblasty derňemek üçin ionosferany impulsly radiosignallar bilen wertikal zondirmek usuly arkaly öwrenmek bolar.

Ýuwdulmanyň gysky kadadan çykmalary (anomaliýalary) az öwrenilen geofiziki hadysadyr. Bu hadysany ýüze çykarýan sebäpler fiziki we morfologiki taýdan düşnüksiz bolup galýar. Orta giňliklerde wertikal zondirmek bilen ionosferadan serpiýän radiotolkunlaryň ýuwdulmasyny we polýarlanmasyny kesgitlemek I. Handöwletow tarapyndan amala aşyryldy, ýagny wertikal zondirmek usuly bilen  $1,8 \div 7,0$  MGs ýyglyklar diapazonunda (ekranirleýji  $E_s$  gatlagy ulanyp) ýuwudylma ölçenildi; ionosferada radiotolkunlarynyň ýuwdulmasynyň gys paslyndaky anomaliýasy derňeldi; Aşgabat şäheriniň giňligi üçin ionosferanyň  $E$ ,  $E_s$  we  $F$  gatlaklaryndan serpigen radiotolkunlaryň polýarlanmasy kesgitlenildi; ionosferadan serpigen radiotolkunlaryň ýuwdulmasynyň we polýarlanmagynyň özara baglanyşygy derňeldi.

Häzirki zaman jemgyýetiniň ösüşi maglumatlary çalyşmagyň artmagy bilen häsiýetlendirilýär. Maglumatlary geçirmek we radio aragatnaşyk kanallarynyň fiziki-tehniki häsiýetlerini öwrenmek maksady bilen Ýer atmosferasynda dekametr radiotolkunlaryň uzak aralyga (Moskwa-Aşgabat) ýaýraýyşynyň aýratynlygy öwrenildi (H.G. Mälikgulyýew).

Gysga radiotolkunlaryň ýaýramaklygy üçin ähmiýetli bolan ionosferanyň parametrleriniň giňişlik-wagt boýunça üýtgemesi orta atmosferanyň (50-110 km) dinamiki ýagdaýy bilen kesgitlenilýär. Şol sebäpli gysga tolkunly radioaragatnaşygyň ygtybarlylygy üçin ionosfera radiokanalýň, şeýle hem atmosferanyň dinamikasynyň jime-jik derňelmegi zerurdyr. Orta atmosferanyň dinamikasyny kesgitlemek üçin turbopauza fizikasyna – atmosferanyň turbulent we laminar oblastlarynyň arasyndaky geçiş zonasyna uly üns berilmelidir.

T.A. Gorbunowanyň ylmy işlerinde  $E_s$  gatlaklarda turbulent diffuziýasynyň koeffisiýentlerini kesgitlemegiň usuly işlenip düzüldi; wertikal turbulent geçiriş

koeffisiýentleri bahalandyryldy; turbopauza modeliniň dürli geofiziki hadysalary beýan etmeklikde ulanyşynyň netijeleri getirildi.

Maglumatlary geçirmegiň hilini we ygtybarlygyny artdyrmak zerurlygy gysga we ultragysga diapazonlarda  $E_s$  - radio aragatnaşyk kanallarynyň karakteristikalaryny kesgitlemekligi talap edýär. M.A. Annamanowyň ylmy işlerinde ilkinji gezek orta we ýakyn gündogar sebitlerinde ýerleşen aşa uzak liniýalarda tejribe arkaly telewizion signallaryň parametrlerini ölçemek arkaly orta giňlikdäki  $E_s$  - radio aragatnaşyk kanallarynyň esasy häsiýetnamalary: bolmaklygynyň ähtimallygy, ýygylklaryň işçi diapazony, üznüksiz bolmaklygynyň dowamlylygy,  $E_s$  - radiotolkunlaryň meýdanynyň güýjenmesi, kesgitlenildi; tejribe maglumatlarynyň esasynda  $E_s$  gatlagyň käbir modelleriniň takyklygy we  $E_s$  - radiotolkunlaryň meýdanynyň güýjenmesini hasaplamagyň usullary mukdar taýdan bahalandyryldy we magnit meýdanynyň güýjenmesini ölçemek boýunça alynan maglumatlardan peýdalanyň  $E_s$  - radiotolkunlaryň meýdanynyň güýjenmesini çaklamaklygyň usuly hödürlenildi.

Ýeriň ýokary atmosferasy çylşyrymly dinamiki ulgam bolup, onda hereketiň giň wagt-giňişlik spektri duýulýar. Bu gurşawyň häsiýetleri, onuň parametrleri giňişlige we wagta baglylykda düýpli üýtgäp durýar. Ýokary atmosferanyň fizikasynyň esasy meseleleriniň biri-de, orta giňişlikleriň ionosferasynyň birjynsly dällik häsiýetiniň mehanizmini aýdyňlaşdyrmakdyr. Bu meseläni öwrenmekligiň fundamental we amaly ähmiýeti bolup, ol plazma fizikasynda, radiotolkunlaryň ýaýraýşynda, ýere golaý kosmosyň ekologiýasynda we ýer titremesiniň ionosferadaky alamatlary ýaly birnäçe soraglaryň çözgüdinde uly ähmiýete eýedir. Ionosferanyň birjynsly dälliginiň emele geliş mehanizmleriniň esasyalarynyň biri-de onuň durnuksyzlygydyr. Ionosferanyň durnuksyzlygynyň ýüze çykmaklygynyň sebäpleri G.A. Allaberdýew tarapyndan öwrenildi we ionosferanyň  $F$  oblastyndaky plazmada kulon itekleşmelerini doly göz önünde tutýan, durnuksyzlygyň san modeli düzüldi we ilkinji gezek kulon itekleşmeleriniň hasaba alynmaklygynyň atmosferanyň ýokary gatlaklaryny öwrenmeklikde uly ähmiýetiniň barlygy görkezildi. Şeýle hem ilkinji bolup orta giňişlikdäki ionosferanyň  $F$  oblastynda daşary sebäpleri nazara almazdan, diňe içki sebäpleriň hasabyna plazmanyň durnuksyzlygynyň emele gelip bijkedigi subut edildi.

Belli bolşy ýaly turbopauza atmosferanyň turbulent we laminar gatlaklarynyň arasynda ýerleşýän çylşyrymly dinamika bolan tebigy obýekt – geçiş zonasydyr. Onuň çylşyrymly dinamikasynyň sebäbini näbelli parametrleriň sanynyň artmagy bilen baglanyşdyrýarlar. Bu bolsa bir wagtda bolup geçýän bölek prosesleriň köplüginin netijesinde öz-özünden düzgünleşýän prosesiniň ýüze çykmagyna getirýär. Şeýle prosesleriň öwrenilmegi bir ýagdaýdan başga ýagdaýa geçilýän aralygyň topologiki gurluşyny, dinamiki kanunlaryny ýüze çykarmaga, radioaragatnaşyklar boýunça berilýän maglumatlaryň kabul edilişindäki ýüze çykyan näsazlyklary



azaltmaga, geljek ýagdaýy prognozirleme meselerini çözmäge mümkinçilik berýär. B.B. Pirnyazowyň ylmy-barlag işlerinde ilkinji gezek ionosferanyň geçiş zonasyna bolýan öz-özünden düzgünleşme proseslerini Fraktal derňewiň üsti bilen öwrenmegiň usuly hödürlenildi. Şeýle hem, barlanylan oblastda geň attraktorlaryň bardygyny ýüze çykaryldy we onuň degişli häsiýetleri anyklanyldy.

**Radioastronomiýa.** Radiospektroskopiýa häzirki wagtda ýyldyzlara gurşawlary derňemekligiň kuwwatly serişdesi hasaplanýar, ýagny kosmiki şöhlelenmäniň spektral derňewi häzirki zaman astrofizikasyna örän uly ylmy material berip bilýär.

18 sm tolkun uzynlygynda monohromatik radioşöhlenenmäniň çeşmeleri ýyldyzlara gurşawyň ajaýyp obýektleri hasaplanýar. Olar örän kiçi burç ölçeglerine eýe we onuň uly intensiwlikli şöhlelenmeleri ýygylýyklaryň örän gysga zolagynda ýygynan we düzgün boluşy ýaly, güýçli polýarlanandyr.

Bu obýektleriň has aýratyn häsiýetleriniň biri olaryň şöhlelenme intensiwliginiň we polýarlanmagynyň wagta görä duýarlykly üýtgäp bilýänligidir. Bu bolsa şeýle şöhlelenmeleriň durnukly (stasionar) prosesler däl-digine şaýatlyk edýär. Mazer çyzyklarynyň wagtlaýyn karakteristikalaryny statistik derňemeklik we onuň mümkin bolan kanunalaýyklyklaryny ýüze çykarmaklyk G. Muhiýewiň işlerinde beýan edildi. Onuň işlerinde ýokary spektral çözüjilik bilen bu çeşmeleriň şöhlelenme häsiýetleri barada täze maglumatlary almaga mümkinçilik berýän, galaktiki W3(OH) we W19 mazer radioçeşmeleri öwrenildi. Şeýle hem, ilkinji gezek ýokary spektral çözüjiligi bolan radiospektrometr döredildi we ulanyldy, RT-15 radioteleskopy optiki taýdan sazlamaklygy kämilleşdirmeklik amala aşyryldy.

Galaktiki H1 bitarap wodorodyň we tebigy mazerleriň radioşöhlenenmesiniň açylmagy radiospektroskopiýanyň ajaýyp üstünligidir, olar ähmiýetlilik boýunça kwazarlaryň we pulsarlaryň açylyşyndan pes däl.

Belli boluşy ýaly, bitarap wodorod (H1) biziň Galaktikamyzyň ýyldyzlara gurşawynyň esasy düzüjisidir. Mazer çeşmelerine gözegçilik etmek onuň çäklenen oblastlaryndaky fiziki şertler barada möhüm maglumatlary almaga mümkinçilik berýär.

Ilkinji gezek TSSR YA-nyň Fiziki-tehniki institutynda desimetr diapozonda galaktiki ýyldyzlara radioşöhlenenme çyzyklaryny derňeýän ýöriteleşdirilen radiofiziki toplum döredildi, öwrenildi we işe girizildi. Mazer şöhlelenmä gözegçilik etmek üçin birnäçe radiospektrometrler işlenip düzüldi, öwrenildi, ilkinji gezek ulanyldy (I.A. Rahimow).

Ç. Seýinnepesowyň ylmy işlerinde Galaktikada sinhrotron radioşöhlenenmeleriň çeşmeleriniň giňişlik boýunça paýlanyşy öwrenildi we Galaktikanyň merkezinde radioşöhlenenmäniň sinhrotron çeşmesiniň aktiwliginiň nusgasy (modeli) beýan edildi. Bu modele görä Galaktikadaky relýatiwistik elektronlaryň esasy bölegi ýokary energiýaly bölekleriň kwazistasionar çeşmesi tarapyndan ýadroda emele gelyärler. Şunlukda, Galaktikanyň ýadrosynda durnukly işjeňlik (stasionar aktiwlik) bilen bir wagtda kiçi kwaziperiodik zygydierli ýarylyşlar hem bolup geçýär. Bu mo-

del Galaktikanyň merkezi bölegindäki ýylylyk däl radioşöhlenenmäniň paýlanyşyny gowy düşündirýär. Ç. Seýitnepesow tarapyndan Galaktikada polýarlaşan sinhrotron radioşöhlenenmesiniň polýarizasiýa parametrlerini ölçemek üçin niýetlenen radio-ölçeýji abzal döredildi.

Berkarar döwletimiziň bagtyýarlyk döwründe ýurdumyzda ylym ulgamynyň ösdürilmegine uly üns berilýär. Ylmy döwrebap derejede guramak, alnyp barylýan ylmy işleriň we gözlegleriň netijeliligini ýokarlandyrmak, täze oýlap tapyşlary önümçilige ornaşdyrmak babatda uly tagallalar edilýär.

Ýurdumyzyň bilim, ylym ulgamyny dünýäniň ösen döwletleriniň derejesine ýetirmek, bu ugurda halkara hyzmatdaşlygyny has-da giňeltmek, okuw-terbiýeçilik, ylmy-barlag işleriniň maddy-tehniki binýadyny pugtalandyrmak, ösen tehnologiýalaryň esasynda alnan netijeleri önümçilige ornaşdyrmak döwlet syýasatynyň ileri tutulýan ugurlarynyň biri bolup durýar.

Türkmenistanyň Prezidentiniň 2015-njii ýylyň 13-nji noýabrynda çykaran Karary bilen tassyklanylýan Türkmenistanda ylmyň we tehnologiýalaryň ileri tutulýan aşakdaky ugurlary kesgitlendi:

- nanotehnologiýalar, himiki tehnologiýalar, täze materiallary öwrenmek we energetika;
- biotehnologiýa, molekulýar biologiýa, oba hojalygy, ekologiýa we genetika boýunça;
- maglumat we aragatnaşyk ulgamlary, kompýuter tehnologiýalary;
- häzirki zaman lukmançylyk we derman serişdelerini öndürmek tehnologiýalary;
- innowasiýa ykdysadyýeti;
- ynsanperwer ylymlary.

Ýurdumyzda ylym, bilim, senagat ulgamlaryny ösdürmek maksady bilen birnäçe kadalaşdyryjy hukuknamalar kabul edildi. «Döwlet ylmy- tehniki syýasaty hakynda», «Bilim hakynda», «Innowasiýa işi hakynda», «Ylmy-tehnologiýa parklary hakynda», «Ylmy edaralar hakynda» Türkmenistanyň Kanunlary, «Türkmenistanda innowasiýa işini ösdürmegiň 2015-2020-nji ýyllar üçin Maksatnamasy», «Türkmenistanda tebigy we takyk ylymlary ösdürmegiň Döwlet Maksatnamasy», «Türkmenistanda dürli görnüşli elektron enjamlary öndürýän kärhanalary döretmegiň Döwlet Maksatnamasy» we beýlekiler aýdylanlara doly şaýatlyk edýär.

Ýurdumyzda ylmyň täze ugurlaryny ösdürmäge hem uly üns berilýär. Hususan-da, ýurdumyzda elektron senagatyny ösdürmek, nanotehnologiýalary önümçilige ornaşdyrmak döwrüň möhüm talaby bolup durýar. Şol wezipeleri ýerine ýetirmekde esasy paý ylym ulgamyna degişlidir. Şonuň bilen baglylykda ylmy edaralaryň gerimini giňeltmek, olaryň maddy-enjamlaýyn binýadyny pugtalandyrmak babatda tagallalar edilýär.

2014-nji ýylda Aşgabat şäherinde Tehnologiyalar merkezi açylyp, ulanylmaga berildi. Tehnologiyalar merkezi köpugurly ylmy-barlag we ylmy tehnologik edara bolmak bilen, ylmyň ileri tutýan ugurlary boýunça ylmy-barlag işlerini ýerine ýetirmek, nano, bio, maglumatlar we himiki ylmy-barlaglary esasynda bäsleşlige ukyply, material we energiýa tygşytlaýjy, ekologiýa taýdan howpsuz ýokary tehnologiýalary we innowasiýalary işläp taýýarlamak hem-de täze önümleri hem senagaty döretmek, zehinli ýaşlary ylmy, ylmy-tehnologik, taslama konstruktorçylyk işlerine çekmek, ylmyň, bilimiň, önümçiligiň we işewirligiň bitewiligini üpjün etmek boýunça innowasiýa işleri ýerine ýetirýär.

XX asyryň ahyrynda – XXI asyryň başynda fizika ylmy we inženerçilik garaýşy (ideýasy) güýçli ösdi. Munuň aýdyň mysaly hökmünde *radiofizikanyň ösmekligini* görkezmek bolar. Bu ylmy ugruň açyşlary we üstünlikleri (meselem, tranzistorlaryň we integral shemalaryň (çipleriň) döredilmegi, lazerleriň, mobil telefonlaryň, häzirki zaman çyrasyz telewizorlaryň, noutbuklaryň we ş.m. oýlanyp tapylmagy) hemmelere elýeter bolan maglumat giňişliginiň emele gelmegine, tebigata we daşky dünýä akyl ýetirmekligiň mümkinçilikleriniň giňelmegine hem-de bu esasda maglumat taýdan ýokary üpjünçilikli jemgyýetiň ösmegine getirdi.

*Radiofizika* diýip ýygylary  $10^4 \div 10^{11}$  Gz (radiodiapazon) bolan elektromagnit yrgyldylarynyň oýandyrylmasyny, ýaýraýşyny, kabul edilişini, gaýtadan öwrülmesini, şeýle hem wakuumda we maddada elektrik zaryadlary bilen elektrik we magnit meýdanlarynyň özara täsirini öwrenýän we ulanýan fizikanyň bölümine aýdylýar.

Wagtyň geçmegi bilen radiofiziki usullar örän pes ýygylarlardan  $\gamma$ -şöhlelenmelere çenli, şeýle hem elektromagnit tebigaty bolmadyk hadysalaryň geçýän we täsir edýän çäklerine (meselem, akustika) degişli beýleki diapazonlara hem aralaşdy. Radiofiziki garaýyşlar bilimiň beýleki çäklerine hem işjeň aralaşýar.

## **22-nji bap. RADIOTEHNIKANYŇ WE GATY JISIMLERIŇ ELEKTRONIKASYNYŇ ÖSÜŞINIŇ TARYHY DÖWÜRLERI**

Radiofizikanyň taryhynyň dersini düzýän üç sany möhüm nukdaýnazary tapawutlandyrmak bolar:

1. *Fiziki nukdaýnazar*: Radiofizikanyň taryhyny öwrenmek üçin tebigy ylymlara ýa-da tehniki bilime eýe bolmaly we radiofizika boýunça käbir derejede kesgitli bilimiň bolmaly;
2. *Taryhy nukdaýnazar*, ýagny radiofizikanyň ösüşiniň esasy ugurlarynyň taryhy, radiofizikany döredijileriň ylmy terjimehallary we ş.m. öwrenilende fizikanyň taryhynyň usullaryny we prinsiplerini ulanmakydyr.
3. *Durmuş-medeni nukdaýnazar*, ýagny radiofizikanyň adamzat jemgyýetiniň ösüşine goşandyny, hususan-da, radiofizikada edilýän açyşlar üçin Nobel baýraklarynyň berlişine, radiofizikanyň bilimiň beýleki ugurlary bilen köptaraply baglanyşygyna seretmek gerek.

Radiofizikanyň taryhynda birnäçe möhüm döwürleri seljermek bolar:

- Fizikada aýratyn ugur hökmünde radiofizikanyň ýüze çykmagy üçin nazary we tejribe bilimleriniň toplanýş döwri (XIX asyryň ortalary – XX asyryň 1930-njy ýyllary);
- Radiofizikanyň döreme we emele gelme döwri (XX asyryň 30–40-njy ýyllary);
- Radiofizikanyň ylym hökmünde differensasiýa we integrasiýa döwri (1950-nji ýyllardan häzirki döwre çenli).

### **22.1. Fizikada aýratyn ugur hökmünde radiofizikanyň ýüze çykmagy üçin nazary we tejribe bilimleriniň toplanýş döwri (XIX asyryň ortalary – XX asyryň 30-njy ýyllary)**

*Radioteknikanyň esasy meselesi* maglumatlary elektromagnit yrgyldylarynyň kömegi bilen aralyga bermekdir. Radiofizika radioteknikanyň fiziki esaslaryny öwrenýän ylymdyr. Häzirki zaman *radioteknikasy* – maglumatlary aralyga geçirmek üçin ulanylýan radioýygalyklar diapazonyndaky elektromagnit yrgyldylaryny generirlemek, güýçlendirmek, öwürmek, gaýtadan işlemek, saklamak, şöhlendirmek we kabul etmek bilen bagly bolan ylmyň we tehnikanyň çägidir. Áýdylanlardan görnüşi ýaly, radioteknika we radioelektronika bir-biri bilen örän berk baglanyşyklydyr we köplenç, adalgalary bir-birlerini çalşyryrlar.

*Aragatnaşyk nazaryýeti dersi* häzirki döwürde has ösýän dersleriň biridir. Aragatnaşyk ulgamy aýratyn ýurtlary, yklymlary we kosmos nokatlaryny birleşdirip we ýakynlaşdyryp, adamyň durmuşynda uly ähmiýete eýedir. Soňky ýyllarda aragatnaşygyň simli, optiki-süýmli ulgamy, hemra, şeýle hem radioaragatnaşygyň hereket edýän ulgamlary güýçli depginde ösýär.

Bu ylmy ugurlaryň esaslary nämä daýanýar? XIX asyryň başynda radioelektronika we aragatnaşyk nazaryýeti üçin esas bolan elektromagnit hadysalary baradaky ylym döredi. Radioteknikanyň başlangyjy üç sany beýik alymlaryň işi bilen başlandy:

- 1831-nji ýylda iňlis alymy M. Faradeý elektromagnit induksiýa hadysasyny açdy;
- 1865-nji ýylda J. Makswell elektromagnit meýdanynyň nazaryýetini döretdi we radio tolkunlarynyň ýaýramak kanunyny beýan etdi;
- 1887-nji ýylda M. Faradeýiň açyşy netijesinde G. Gers elektromagnit tolkunlaryny ilkinji gezek aldy we Makswelliň nazaryýetini tejribede tassyklady. G. Gers elektromagnit tolkunlarynyň ýaýraýşyny, serpikmesini, döwürleşmesini, interferensiýasyny we polýarizasiýasyny tejribede subut etdi.



Gers elektromagnit tolkunlaryny telegraf maksady üçin ulanmaklyga ynamsyz garaýardy. Ol optiki prinsip boýunça işleýän telegrafda ulanyljak aýnanyň ölçegi barada pikir edýärdi. Emma durmuş radionyň ýoly bilen gitdi. Optiki aragatnaşyk biziň günlerimizde amala aşdy.

Radiofizikanyň nazary we empirik esasy *simsiz telegrafda (radiotekhnika-da)* edilen işleriň hasabyna döredi. Onuň ösüşiniň käbir taryhy döwürlerine se-redeliň.

Gers elektromagnit tolkunlarynyň bardygyny açdy, olaryň häsiýetlerini (elektromagnit tolkunlarynyň ýaýraşsyny, serpişmesini, döwürleşmesini, interferensiýasyny we polýarizasiýasyny) öwrendi we nusgawy abzallary – wibratory we rezonatory (ilkinji ýokary ýygylýan elektromagnit meýdanynyň generatoryny we onuň indikatoryny (aýan edijisini)) dörettdi. Gersiň bu açyşy radiofizikanyň taryhynyň başlangyjynda möhüm ädim boldy. Emma bu üstünlikleri radionyň döredilmegi diýip düşünmeklik nädogrudyr. Gersiň kabul edijisiniň (priýemniginiň) duýgurlygynyň ýokary dældigi sebäpli we kabul edilýän signallara gözegçilik etmegiň oňaýsyzlygy sebäpli, signallary kabul etmeklik iberijiden (peredatçikden) diňe 8-10 m aralykda mümkindi.

Fransuz alymy Eduard Branli (1844–1940 ý.) elektromagnit meýdanynyň metal poroşogynyň geçirijiligine täsirini öwrendi we indikatory – *kogereri* oýlap tapdy. Kogerer – metal gyryndylaryndan doldurylan aýna gap. Ýöne Branliniň kogererini her gezek şöhlelenmäni kabul etmezden öň, demir gyryndylary silmek gerekdi.

İňlis fizigi Oliwer Josef Logž (1851–1940 ý.) tarapyndan döredilen kogerer hem metal gyryndylaryndan doldurylan («*Branliniň turbasy*») aýna gap görnüşindedi. Ony hem elektromagnit tolkunlaryny duýar ýaly ýagdaýa getirmek üçin wagtal-wagtal silkmelidi.

Bu özboşlykly «*ýarym geçirijidi*». Elektrik yrgyldylarynyň täsiri bilen onuň elektrik geçirijiligi çalt artýar. Garşylygynyň şeýle kemelmegi, Branliniň gözegçiliklerine görä, elektrik yrgyldylarynyň täsiri kesilenden soň «*24 sagatdan hem köp wagt*» saklanýar. Turbany elektrik geçirijiligi erbet bolan ýagdaýa getirmek üçin ony wagtal-wagtal silkmeli, ýagny *turbany saklaýan tagtany ýuwaşja urmak* gerekdi. Logžyň tejribelerinde kogerer «*gersiň tolkunlaryny*» kyrk ýard (40 m töweregi) aralykdan kesgitläp bilýärdi. Ýöne Logž gelýän signaly bellige almak we kogereri işçi ýagdaýyna getirmek üçin jaňy ulanyp boljakdygy baradaky pikire gelip bilmedi.

Logžyň abzalyny simsiz telegraf üçin ulanyp boljakdy, emma ony hem radionyň döredilmegi diýip hasap etmek mümkin däl, sebäbi kogerer ýeterlik ygtybarly däl, çünki her signaldan soň gyryndylary silmeklik awtomatik ýerine ýetirilmeýärdi.

### 22.1.1. A.S. Popow ilkinji radiony oýlap tapan rus alymydyr

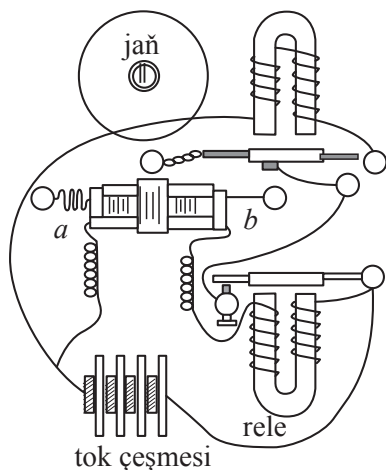


171-nji surat. Aleksandr Stepanowich Popow

**Aleksandr Stepanowich Popow (1859 – 1906 ý.)** – rus fizigi we elektrotehnigi (171-nji surat). Ol Uralda (häzirki Krasnoturinsk ş.) din-daryň maşgalasynda eneden doguldy. Perm şäherindäki dini mekdebi tamamlady (1877 ý.) we soňra Peterburg uniwersitetiniň fizika-matematika fakultetine okuwa girýär. 1883-nji ýyldan başlap bir wagtda Kronştadtda Mina ofiserler öýünde we deňiz wedomostynyň Tehniki uçilişesinde mugallym bolup işleýär. 1901-nji ýylda Peterburgdaky Elektrotehniki institutynyň fizika kafedrasynyň professory we 1905-nji ýylda bu institutyň direktory wezipesinde işledi. Ol gulluk wezipesi boýunça harby gullukçy bolup deňiz floty bilen baglanyşyklydy.

A.S. Popow 1897-nji ýylda Baltika flotunyň harby gämileriniň arasynda radioaragatnaşyk boýunça tejribeler geçirilýän döwründe elektromagnit tolkunlarynyň gämilerden serpigýändigini kesgitledi. Ol bu hadysany amalyýetde ulanyp boljakdygy barada netijä gelýär we radiolokasiýanyň we radionawigasiýanyň döremezinden köp ýyl oň tehnikaýnyň bu ugurlaryny döretmek we ösdürmek baradaky teklibi aýtdy.

1895-nji ýylyň 7-nji maýynda A.S. Popow Rus fizika-himiýa jemgyýetinde «Metal poroşogynyň elektrik yrgyldylaryna täsiri barada» leksiýa okady we öz döreden dünýäde ilkinji radiokabuledijisini işletdi. Bu gün dünýä ylmynyň we tehnikaýnyň taryhyna radionyň döredilen günü hökmünde girdi.



172-nji surat. Popowyň kabul edijisiniň çyzygysy

Popowyň kabul edijisinde (172-nji surat) elektrik yrgyldylaryň detektory hökmünde E. Branli we inlis alymy O. Logž tarapyndan döredilen, *kogerer* diýlip atlandyrylýan *ab* abzal hyzmat etdi. Bilşimiz ýaly *kogerer* – bu metal gyryndylary bilen doldurylan aýna turbadyr. Ol özboluşly «ýarym geçiriji» bolup, elektrigi erbet geçirýär.

Kogerer tok çeşmesine reläniň üsti bilen yzygiderli birleşýär. Kogereriň üstüne elektrik yrgyldylarynyň düşmeýän ýagdaýynda, onuň uly garşylygynyň bardygy (gyryndylaryň tertipsiz ýerleşýändigini) sebäpli zynjyrdaky tok örän az bolýar we netijede rele işlemeýär.

Kogerere elektrik yrgyldylary düşýän ýagdaýynda onuň garşylygy (gyryndylaryň tertipli ýerleşýändigini sebäpli) kemelýär, zynjyrdaky tok

artýar we rele jaňyň zynjyryny toga birleşdirýär. Netijede, jaňyň çekiji kogereri urýar we zynjyryň periodiki birleşmesini we aýrylmasyny döredýär. E. Branliniň we O. Logžyň kogererlerini ilki başdaky ýagdaýyna getirmek üçin turbany silkmelidi, A.S. Popowyň abzalynda bolsa bu işi elektrik jaňyň çekiji ýerine ýetirdi.

A.S. Popow öz döreden abzalyny dürli çeşmelerden gelýän elektromagnit signallary üçin ulandy. Ýagny, eger kogereriň bir uýy uzynlygy 1 m bolan sim bilen birikdirilende abzal «uly otagyň uzynlygyna» barabar bolan aralykda ýerleşen elektroforda döreýän uçguny duýupdyr. Kogerer uzynlygy 2,5 m bolan, wertikal ýerleşen sim bilen birikdirilende, abzal kogererden 30 m uzaklykda ýerleşen Gersiň wibratoryndan gelýän elektromagnit signallaryny duýupdyr. A.S. Popow abzaly uzak aralykdan atmosferada bolup geçýän elektrik zarýadsyzlanmagy netijesinde döreýän elektromagnit tolgunmalary duýmak üçin hem ulanypdyr. Munuň üçin abzaly antennanyň işini ýerine ýetirýän uzyn sim bilen birikdirmek gerek. Bu ýagdaýda abzaly «elektromagnit hasaplaýjysyna», ýagny ýazýan gurluşa birikdirmek zerurdyr. A.S. Popow antennany elektromagnit tolkunlaryny kabul etmek üçin hem ulandy. Şeýlelikde, A.S. Popow jaňy, kogereri we antennany utgaşdyryp, «çabga sanajýy» diýip atlandyrylýan abzaly (1895-nji ýyl iýul) dörettdi. 1895-nji ýylda A.S. Popow *Rus fizika-himiýa jemgyýetiniň* žurnalynda çap eden «Elektrik yrgyldylaryny aýan edýän we bellige alýan abzal» atly makalasynda şeýle ýazýar: «Bu abzaly kämilleşdirip ony çalt elektrik yrgyldylarynyň kömegi bilen signaly aralyga geçirmekde ulanyp bolar».

1886-njy ýylda A.S. Popow bu meseläni çözdü. Kabul ediji bilen birlikde ol elektromagnit tolkunlarynyň iberijisini (peredatçigini) hem dörettdi. A.S. Popow 1896-njy ýylyň 12-nji martynda 250 m aralyga «Genrih Gers» diýlen iki sözden ybarat dünýäde ilkinji radiogrammany iberdi we kabul etdi.

1897-nji ýyl A.S. Popow kenardan 5 km aralykda «Russiýa» gämisi bilen radioaragatnaşygy geçirdi. 1899-njy ýylda ol daşlara çöken «General – admiral Apaksin» atly bronlanan otlyny halas etmek üçin 52 km aralykdan 440 radiogrammany (6300 söz) geçirip, radioaragatnaşygy gurnady. Deňizde buzuň üstünde galan balykçylary halas etmek üçin «Ýermak» buzdöwüjisine buýruk simsiz aragatnaşyk arkaly berilýär we olar halas edilýär. Deňiz ministrligi Popowa rus flotunyň gämilerine simsiz telegrafy geçirmekligi tabşyrýar. 1900-nji ýylda Parižde geçirilen *elektronika boýunça IV Bütindünýä kongresinde* A.S. Popowa radiony oýlap tapan dygy üçin Hormatly diplom we Altyn medal berildi.

A.S. Popow öz döwrüne çenli elektrik aragatnaşygynda edilen aýratyn açyşlary umumylaşdyrdy we ösdürdi, elektromagnit tolkunlarynyň kömegi bilen habarlary aralyga geçirmegiň usullaryny hödürledi we öz açyşyny amalyýetde ulandy. Alym diňe bir ilkinji radiokabuledijini oýlap tapman, ol radioaragatnaşygyň esasy prinsiplerini dörettdi. A.S. Popow reläniň kömegi bilen gowşak signallary güýçlendirmegiň garaýşyny işläp düzdi, kabul ediji antennany we ýere birikdirmäni (zazemleniýäni)

oýlap tapdy. A.S.Popow deňizde ilkinji radioaragatnaşygy amala aşyrdy, ilkinji pyýada goşun we raýat radiostansiýalary döretdi we radiony uçarlarda ulandy. Ol Russiýada radiosenaşygyň esasyň döretdi.

### 22.1.2. Simsiz telegrafyň soňky ösüşi

Popow bilen bir hatarda onuň kabul edijisine örän meňzeş gurluşy, italýan professory Augusto Rigi (1850–1921 ý.) tarapyndan kämilleşdirilen Gersiň uçgunly şöhlelendirijisine utgaşdyryp, italýan oýlap tapyjysy Gulelmo Markoni *Morze signaly*ny elektromagnit tolkunlarynyň kömegi bilen aralyga geçirmek boýunça işleri ýerine ýetirdi.



173-nji surat. Gulelmo Markoni

**Gulelmo Markoni (1874–1937 ý.)** – italýan radiotehnigi we telekeçisi (173-nji surat). Ol Boloniýada eneden doguldy, öýde bilim aldy. Liwornoda tehniki liseýi tamamlady. 1894-nji ýylda Gersiň, Teslanyň we Riginiň işleriniň täsiri netijesinde elektromagnit tolkunlaryny aralyga geçirmek boýunça soraglar bilen gyzyklanyp başlady.

Markoni 1896-njy ýylyň başynda Angliýada *Morze elipbiýiniň* kömegi bilen signaly 1,5 km aralyga geçirdi. 1896-njy ýylyň 2-nji sentýabrynda Solsberi düzlüğünde, jemaat önünde özüniň oýlap tapan abzalynyň kömegi bilen radiogrammany 3 km aralyga geçirmegi başardy. Markoni iberiji (peredatçik) hökmünde Riginiň kämilleşdiren Gersiň generatoryny we kabul ediji hökmünde özüniň döreden wakuumly kogererini we drossel tegeklerini saklaýan Popowyň abzalyny (Logžun abzaly esasynda döredilen) ulandy. Adatça, radiony ilki kim oýlap tapyndyr diýlen sorag köp duş gelýär. Popow Markoniden has ön özüniň oýlap tapyşyny hödürledi, ýöne oňa patent almadý. Markoni bolsa özüniň oýlap tapan gurluşyna 1896-njy ýylda Angliýada patent aldy. Şol sebäpli Günbatarda Markonini radiony oýlap tapan hasaplaýarlar.

1901-nji ýylyň 12-nji dekabrynda Markoni Atlantik ummanynyň üsti bilen bir taraplaýyn (günbatardan gündogara tarap) radioaragatnaşygy amala aşyrdy. Şeýlelikde, ol käbir fizikleriň Ýer üstüniň egriligi sebäpli, radiotolkunlary 300 kilometrdan uzak aralyga ýaýrap bilmez diýlen garaýyşlarynyň nädorudygyny subut etdi.

Markoni 1905-nji ýylda signallary ugurlaýyn geçirmek boýunça patent aldy, 1907-nji ýylda bolsa ilkinji transatlantik simsiz aragatnaşyk gullugyny açdy. 1921-nji ýylda Markoni gysga tolkunly telegrafyň derňewlerine başlady. 1927-nji ýylda Markoni gysga tolkunly telegraf aragatnaşyklarynyň kommersiýa *Halkara toruny* döretti. 1932-nji ýylda ol ilkinji mikrotolkunly radiotelefon aragatnaşygyny gurnady. 1909-njy ýylda Markoni (nemes fizigi F. Braun bilen bilelikde) simsiz te-

legrafiýň ösüşine goşan goşandy üçin fizika boýunça Nobel baýragyny aldy. Markoniniň döredijiligi radioteknikanyň ösmeginde uly ähmiýete eýe boldy.

Markoni tarapyndan döredilen gurluşlaryň esasy aýratynlygy, wertikal ýokary galdyrylan sim görnüşli *antenna* we *ýere birikdirmedir (zazemleniýedir)*. Iberijä uzyn antennany birikdirilmegi aýratyn ähmiýete eýe boldy. Munuň özi Gersiň we Logžuň tejribelerinde alnan tolkunlar bilen deňeşdirilende, has uzyn tolkunlary almaga mümkinçilik berdi.

1900-nji ýylda Markoni öz iberijisine kondensatory we sazlaýjy tegegi birikdirdi. Bu bolsa signalyň energiýasyny artdyrmaga mümkinçilik berdi. Kondensator uçgun zarýadsyzlandyryjynyň döredýän yrgyldylaryny güýçlendirdi, tegek bolsa antennada döreýän yrgyldynyň periodyny güýçlendirilen yrgyldylaryň periody bilen gabat getirmäge mümkinçilik berdi. Interferensiýa netijesinde yrgyldylar sönmez ýaly bu iki zynjyry sazlamak bolýar we netijede signalyň sönmesi iň az baha çenli azaldyldy.

Markoniniň üstünlikleri Ýewropa ýurtlarynyň we ABŞ-nyň ylmy edaralarynyň we aragatnaşyk boýunça administratiw guramalaryň ünsüni radioaragatnaşyga çekdi. Bütün dünýäde bu ugurda tejribeler geçirilip başlandy.

Ilkibaşda radioteknikanyň esasy meselesi sönmeýän yrgyldylary döretmek (generirlemek) we elektromagnit tolkunlaryny kabul edilişiniň seljerilmegini ýokarlandyrmak boldy. Bu meseläniň harby ähmiýetini we çözüliş ýoluny nemes alymy Maks Win 1902-nji ýylda şeýle kesgitledi: *«Şu wagta çenli simsiz telegrafda signaly uly aralyklara geçirmeklige ymtylyş uly boldy. Bu tejribeler özüne çekiji bolsalar hem, olaryň amaly ähmiýeti örän çäkli bolar, sebäbi gapdaldan beýleki stansiýalaryň täsiri netijesinde iberiji we kabul ediji stansiýalaryň arasyndaky baglanyşyk ygtybarly bolmaz»*. Win bu pikirini suratlandyrmak üçin daşy gabalan galanyň içindäki goşunyň mysalyny getirýär. Bu goşun galany halas etmäge gelýän goşun bilen *«aralaryndaky duşman iberilýän habarlary bilmez ýaly»* aragatnaşygy gurnap bilmelidir. Win bu meseläniň çözülişiniň ýeke-täk ýolunyň *«rezonansy ulanmakdadygyny»* görkezdi, ýagny iberiji we kabul ediji ulgamlary *rezonansa* düzmekdir. Bu ugurda K.F. Braun köp işleri ýerine ýetirdi.

---

**Karl Ferdinand Braun (1850–1918 ý.)** – nemes fizigi (174-nji surat), oýlap tapyjy, fizika boýunça Nobel baýragynyň eýesi (1909 ý.). Ol Fulda şäherinde doguldy. Ol Marburg uniwersitetini tamamlady. 1872-nji ýylda doktorlyk dissertasiýasyny gorady. 1895–nji ýylda Strassburg uniwersitetinde fizika kafedrasynyň müdiri we Fizika institutynyň direktory wezipesine bellenilýär. Sowet alymlary L.I. Mandelştam we H.D. Papaleksi onuň okuwçylarydyr.

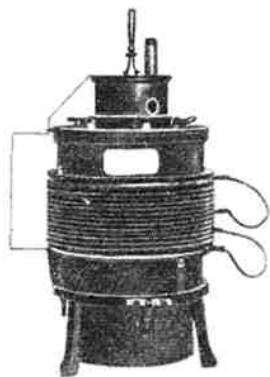
---



174-nji surat. Karl Ferdinand Braun



K.F. Braun 1874-nji ýylda metal sulfid kristallarynyň elektrik toguny bir ugra geçirýändigini açdy. Ol 1897-nji ýylda radiotekhnika, elektronika we abzal gurluşygynda işleýän hünärmenleriň esasy abzaly bolan *elektron (katod) ossillografy (kineskopy)* oýlap tapdy. *Braunyň turbasy* ýokary ýygyllykly elektromagnit signal-laryny derňemekde ulanylýan häzirki zaman elektron ossillograflarynyň ilkinji görnüşidir.



175-nji surat. «Braunyň tegegi»

Mundan başga-da, Braun *çylşyrymly shemalary* hödürlep, simsiz telegrafyň ösmekligine möhüm goşant goşdy. Braun 1898-nji ýylda «*Braunyň tegegini*» (175-nji surat), ýagny kiçi sönme koeffisiýentli we uly sygymly yrgyldyly kontury dörettdi. Bu kontur elektromagnit we galwaniki aragatnaşyk arkaly iberiji antenna berilýän köp energiýany ýygnaýar. Antenna tarapyndan şöhlelenýän energiýanyň üsti «*Braunyň tegegi*» arkaly doldurylýar we şol sebäpli antennadaky yrgyldy Markoniniň ulgamyny-daky ýaly güýçli sönmeýär. Bu usul «*uçguny*» döretmek üçin energiýany köp harçlamagy aradan aýyrýar (iberijiniň PTK-syny has-da ýokarlandyryýar), rezonans hadysasyny önjeýli ulanmaklyga we şeýlelikde, galmagaly azaldyp, ýygyllygyň inçe zolagynda radiotelegraf aragatnaşygyny amala aşyrmaga mümkinçilik berdi.

1906-njy ýylda Braun kükürtli gurşun kristalynyň *unipolyar geçirijiligini* açyp, elektromagnit yrgyldylarynyň *kristallik detektoryny* oýlap tapdy.

Indi, *dugaly iberijileriň (peredatçikleriň)* döreýiş taryhyna seredeliň.

Radioteknikanyň başlangyç döwründe elektrik yrgyldylaryny almak üçin *uçgundan* başga-da, *elektrik dugalary* hem ulanyldy. 1900-nji ýylda inlis inženeri B. Duddel elektrik dugalary bilen tejribeleri geçirdi. Ol şeýle ýazýar: «*Hemişelik we üýtgeýän tok tarapyndan döredilýän woltly dugany howa ýa-da kömürturşy gazynyň çüwdürimi bilen üflesek ýa-da oňa perpendikulýar ugrukdyrylan magnit meýdany bilen täsir etsek, käbir amatly ýagdaýlarda, duga öz-özünden döreýär; üznüksiz üflenende duga uly çaltlyk bilen sönýär ýa-da täzedan döreýär we şunlukda, güýçli ses çykaryýar*». Duganyň howa bilen üfleneniň ýa-da magnit meýdanynyň täsiri bilen sönmegi we döremegi birsydyrgyn däl. B. Duddeliň belleýşi ýaly: «*Birsydyrgynlyk dälligi aradan aýyrmak üçin men hemişelik toguň dugasyna parallel edip C kondensatory we L induktiwligi saklaýan zynjyry birikdirdim we howa bilen üflenmedik ýagdaýynda hem duganyň sönýändigini gördüm*». Sönmeýän elektrik yrgyldylarynyň bu täze generatory fizikleriň ünsüni çekdi.

1893-nji ýylda serb oýlap tapyjysy Nikola Tesla (1856–1943 ý.) dugaly zarýadsyzlanmany ulanyp, hemişelik togy üýtgeýän toga öwürmek bilen döreýän elektrik yrgyldylaryny almak usulyny hödürledi. 1888-nji ýylda Tesla *aýlanýan*

*magnit meýdany* hadysasyny açdy we onuň esasynda ýokary we aşýýan ýokary ýygylýan elektrik hereketlendirijileri dörettdi. 1891-nji ýylda Tesla ampiltudasy  $10^6$  W bolan ýygylýan yrgyldyly napryaženiýäni almaga mümkinçilik berýän *rezonans transformatory* (Teslanyň transformatory) dörettdi.

XX asyryň birinji onýyllygynda çalt söňýän radiotolkunlaryň alnyş usullaryny we ulanylyşyny gözlemeli däl-de, *sönmeýän yrgyldylary döretmekligiň* (generirlemegiň) we *şöhlelendirmegiň* usullaryny gözlemelidigi belli boldy.

Şeýlelikde, radioteknikanyň taryhynyň ep-esli döwri woltly duganyň häsiýetlerini ulanmaklyga esaslanan iberijileri (peredatçikleri) – *dugaly peredatçikleri* ulanmaklyk bilen baglanyşykly boldy. Elektrodlar üçin dürli materiallary (meselem, mis we kömür), birnäçe dürli dugalary yzygider birikdirmek, wodorodly ýa-da suwly sowatmaklygy ulanmak, duga magnit meýdany we başga usullar bilen täsir edip, ýygylýan ýüzlerçe kilogers bolan ýokary kuwwatly yrgyldylary almak başartdy. Uçgun generatorlaryndan tapawutlylykda, toguň alynýan yrgyldylary sönmeýän yrgyldylardy, formalary boýunça sinusoidalldylar. Peýdaly täsir koeffisiýentiniň (PTK-synyň) ululygyna görä (uçgunly bilen deňeşdirilende) dugaly generatorlar uzak aralyklar üçin niýetlenen kuwwatly radiostansiýalarda işjeň ulanyldy. Şuňa meňzeş gurluşlar köp firmalar tarapyndan döredildi we XX asyryň 20-nji ýyllaryna çenli dünýäniň uly radiostansiýalarynda ulanyldy. Kämilleşdirilen dugaly iberijiler we generatorlar telegraf, şeýle hem telefon radioaragatnaşyk üçin 1930-njy ýyla çenli ulanyldy.

Dugaly generatorlar bilen bir wagtda iberiji stansiýalarda *kuwwatly maşyn generatorlary* hem ulanyldy. Dugaly bilen deňeşdirilende olaryň birnäçe artykmaçlyklary bolup, has ýokary PTK-sy; ýygylýanyň durnuklylygy; işde ygtybarlylygy ýokary. Russiýada kuwwatly ýokary ýygylýan maşyn generatorlaryny döretmekde Walentin Petrowiç Wologdin (1887–1953 ý.) uly goşant goşdy. Ol kuwwaty 2 kWt-dan (1912 ý.) 150 kWt-a çenli (1925 ý.) bolan generatorlary dörettdi.

Emma dugaly hem, elektromaşyn gurluşlar hem, ösýän radioteknikanyň radioýygylýan generatorlaryna bolan talabyny kanagatlandyryp bilmedi. Kem-kemden *radioçyralary* ulanýan gurluşlara – *wakuumly elektronikany* ulanýan gurluşlara geçilip başlandy. Şeýlelikde, ilkinji iberijilerdäki söňýän yrgyldylardan, uzyn we orta tolkunlarda işleýän uçgunly, dugaly we maşyn generatorlardan, radioteknika ýuwaş-ýuwaşdan tolkunlaryň gysga, ultragysga (metr), desimetr, santimetr, millimetr, soňra mikrometr diapazonyna geçilip başlandy.

Ahyr soňy, metallik däl-de, aýnasüýümlü geçirijileri bolan geçiriji liniýalara gaýdyp gelip, nanometrli diapazonly radioteknika döredi. Häzirki döwürde radiotekniki usullary maglumatlary geçiriji ulgamlarda, radioaragatnaşykda, radioalypeşitdirişde, telewideniýede, radiolokasiýada, radionawigasiýada, radiodolandyryşda, awtomatik we hasaplaýyş tehnika ulgamlarynda giňden ulanylýar.

Ilkinji radioteknikleriň nazary we eksperimental agtaryşlary radiofizikanyň döremekligi üçin amatly şert dörettiler.

## 22.2. Radiofizikanyň döreme we emele gelme döwri (XX asyryň 30-40-njy ýyllary)

Radiofizikanyň ösüşiniň başlangyç döwri *elektrodinamika*, *yrgyldynyň umumy nazaryýetine we elektronika* daýandy. Bu ugurlary gysgaça häsiýetlendiriliň:

- Çyzykly gurşawlarda Makswelliň deňlemelerine daýanyan *elektrodinamika* radiotolkunlaryň şöhlelenme, ýaýrama we kabul edilme hadysalaryna düşünmäge mümkinçilik berdi. Häzirki wagta çenli Makswelliň deňlemeleri radiotekniki we radiofiziki gurluşlaryň we ulgamlaryň nazaryýetiniň düýp özeni bolup durýar.

- Yrgyldylar nazaryýeti yrgyldyly ulgamlardaky hadysalary derňemäge we dolandymaga mümkinçilik berýän matematiki guraly dörettdi. Bu ugurda çyzykly däl yrgyldylary (aýratyn-da awtoyrgyldylary) öwrenmek boýunça işleriň uly ähmiýeti bardyr.

XX asyryň 20-nji ýyllaryna çenli bu ugra degişli işler Germaniýada Genrih Georg Barkgauzeniň (1881–1956 ý.) ýolbaşçylygynda alnyp barylýdy. 1920-nji ýyllarda bu işler Gollandiýada Baltazar Wan der Pol (1889–1959 ý.) we Angliýada Eduard Wiktor Eplton (1892–1965 ý.) tarapyndan dowam etdirildi.

Bu işler birnäçe önjeýli garaýyşlary berse hem, çyzykly däl yrgyldylaryň umumy nazaryýetiniň döremegine getirip bilmediler. 1930-njy ýyllaryň başlarynda SSSR-de L.I. Mandelştam, H.D. Papaleski we olaryň okuwçylary tarapyndan çyzykly däl yrgyldylar boýunça uly işler edildi. Bu işleriň düýpli ähmiýeti bardyr, sebäbi häzirki zaman radiofizikasyny hereketlendirijisiz, güýçlendirijisiz, aşa ýokary ýygýlykly abzalsyz we lazersiz göz önüne getirmek kyn.

### 22.2.1. Amaly radiofizikanyň esasy bolan çyzykly däl yrgyldylar nazaryýetiniň döremegi

Amaly radiofizikanyň esasy bolan çyzykly däl yrgyldylar nazaryýetiniň döremeginde sowet fizigi L.I. Mandelştamyň döreden mekdebi esasy rol oýnady.



176-njy surat. Leonid Isaakowich Mandelştam

**Leonid Isaakowich Mandelştam (1879–1944 ý.)** – rus alymy. Ol Mogilýew şäherinde lukmanyň maşgalasynda eneden doguldy (176-njy surat). Odessa şäherinde gimnaziýany tamamlady we 1897-nji ýylda Noworossiýsk uniwersitetine okuwa girýär we «*talyp gozgalaňlaryna gatnaşandygy üçin*» okuwdan çykarylýar. 1898-nji ýylda Strasburg uniwersitetine okuwa girýär we şol ýerde 1902-nji ýylda, filosofiýa ylmlarynyň doktory we radiofizik, Nobel baýragynyň eýesi F. Braunýň ikinji assistenti boldy.

1918-nji ýylda ony Odessa şäheriniň Politehniki institutynyň professory wezipesine saýlaýarlar. 1925-nji ýylda L.I. Mandelştam Moskwa döwlet uniwersitetiniň nazary fizika boýunça professory bolýar. L.I. Mandelştam we onuň mekdebi (H.G. Papaleski, A.A. Andronow, A.A. Bitt,

S.E. Haýkin, G.S. Gorelik, S.P. Strelkow we beýlekiler) häzirki zaman radioteknikanyň we awtomatik sazlamagyň nazary esasy bolan çyzykly däl yrgyldylaryň nazaryýetini dörettdiler. L.I. Mandelştam 1929-njy ýylda SSSR Ylymlar akademiýasynyň hakyky agzalygyna saýlanyldy. Mandelştam Lenin (1931 ý.) we Stalin (1941 ý.) baýraklaryna mynasyp boldy.

---

Şol döwürde radio bilen işleýän alymlaryň radioiberijilerde bolup geçýän fiziki hadysalar barada düşüňjeleri pesdi, aýdyň däl. Olaryň hatda, iberji (peredatçik) tarapyndan şöhlelenýän tolkunlaryň tolkun uzynlygy barada hem dogry düşüňjeleri ýokdy. Olar «*biz Gersiň tolkunlary bilen (uçgun döredýän şarjagazlar tarapyndan emele gelýän) iş salyşýarys*» diýýärdiler. Antenna hem olaryň garaýşyna görä Gers tolkunlaryny tutmak üçin niýetlenen gurluş diýip hasaplaýardylar.

Fizikler radiotelegrafy ösdürmek üçin ýokary ýygyllykly ölçegleri geçirmelidigini we ilki bilen tolkun uzynlygyny ölçemek gerekdigini bilýärdiler. Şol döwürde uçgun ölçeýji we Rissiň howa elektrik termometrinden başga, hiç hili ýokary ýygyllykly ölçeýji abzal ýokdy.

L.I. Mandelştamyň «*Kondensatorlaryň zaryadsyzlanma yrgyldylarynyň periodyny kesgitlemek*» atly doktorlyk dissertasiýasy elektrik yrgyldylarynyň ýygyllygyny ölçemek usulyny oýlap tapmak we gözegçilik etmek işine bagyşlanandy. Bu usul doly elektrik garşylygynyň ýygyllyga baglylygyna esaslandy. Ol bu usullaryň nazaryýetini döretdi we onuň tejribede tassyklanyşyny görkezdi.

Radionyň taryhy boýunça daşary ýurt edebiýatynda bellenişi ýaly Mandelştam radionyň ösüşine uly goşant goşdy. Ol G.Brandes bilen bilelikde «*gowşak baglanyşyk*» atly oýlap tapyşy hödürledi. Şol döwürde radiogurluşyň effektiwligini artdyrmak üçin yrgyldyly konturyň antenna bilen baglanyşygyny güýçlendirmäge synanyşýardylar. Nazary derňewleriň netijesinde Mandelştam baglanyşygy güýçlendirmeli däl-de, tersine, gowşatmaly diýen netijä geldi. Gowşak baglanyşyk signaly kabul edişi gowulandyrýar we birwagtda onuň seljerijiligini (selektiwigini) artdyrýar. Bu tejribede tassyklandy. Onuň oýlap tapan «*gowşak baglanyşygy*» ylmy dünýäde onuň abraýyny artdyrdy.

L.I. Mandelştamyň ýerine ýetiren beýleki işlerine seredeliň:

- 1903-nji ýylda ol çylşyrymly iberijiniň nazaryýetini döretti;
- Antenna bilen yrgyldyly konturyň arasynda has gowy baglanyşygy aldy;
- Baglanyşyk koeffisiýentini we ýere birikdirmäniň (zazemleniýäniň) ähmiýetini kesgitledi;
- Markoniniň egri antennasynyň ugrukdyrylan täsirini kesgitledi, ugrukdyrylan radiotelegrafyň esasyňy goýdy;
- Elektrik yrgyldylarynyň ýygyllygyny we sönmegini ölçemek usulyny döretti;
- Induksion dinamometri döretti;
- Ýygyllygy, sönmegi, sygymy, samoinduksiýany birwagtda görkezýän abzaly döretti;

- 1913-nji ýylda ramkanyň kömegi bilen magnit meýdanynyň induksiýasyny ölçemek usulyny hödürledi;
- 1916–1917-nji ýyllarda tolkun ölçejini (wolnomer) graduirlemeginiň absolýut usulyny hödürledi;
- 1924-nji ýylda nokatlanç şöhleleniş çeşmeleri üçin radiotelegrafda özara teoremasyny döretdi;
- Aralygy interferesion usul bilen kesgitlemekligi işläp düzdi;
- N.D. Papaleksi bilen yrgyldylary generirlemeginiň parametrik usuly we radio-tolkunlaryň ýaýraýşy barada işleri etdi;
- Molekulýar optika degişli möhüm nazary işleri ýerine ýetirdi.

L.I. Mandelştam «*Optiki birjynsly we bulanyk gurşawlar barada*» atly işinde (1907 ý.) gurşawlaryň bulanyklygynyň fiziki sebäplerini we ýagtylygyň munuň bilen baglanyşykly dargamasyny derňeýär. Ol asmanyň mawy reňkde bolşuny howanyň dykzylygynyň fluktuasiýasy bilen düşündirdi. Ol şeýle hem «*Dispersiýanyň nazaryýetine degişli*» (1907–1908 ý.) we «*Suwuklyklaryň бүдүр-сүдүр erkin üsti barada*» atly ylmy işleri hem ýazdy.

L.I. Mandelştam G.S. Landsberg bilen 1928-nji ýylda kristallarda ýagtylygyň kombinasion dargamasyny açdylar. Emma olardan hem öň, bu effekti hindi fizigi Raman suwuklyklarda açypdy. Şol sebäpli daşary ýurt edebiýatlarynda kombinasion dargamany *Ramanyň effekti* diýip atlandyryrlar.

Mandelştamyň okuwçysy A.A. Andronow (1901–1952 ý.) çyraly generatoryň ideal modeli üçin nazaryýetini döretdi, ýagny awtoyrgyldylaryň nazaryýetiniň matematiki meselelerini çözdü. Andronow Žýul Anri Puankareniň (1854–1912 ý.) we Aleksandr Mihaýlowiç Lýapunowyň (1857–1918 ý.) işlerinde çyzykly däl yrgyldylaryň meselelerinde ulanyp boljak matematiki guralyň esasy tapdy. Bu Andronowa çyzykly däl awtonom ulgamlardaky sönmeýän yrgyldylary öwrenmekligiň usullaryny ösdürmeklige we şonuň esasynda awtoyrgyldylaryň nazaryýetini döretmäge (parametriki oýandyrylma we parametriki rezonans) mümkinçilik berdi.

Radioteknikanyň döremekligine we ösmegine rus alymlary L.I. Mandelştam, W.A. Kotelnikow, W.P. Wologdin, M.W. Şuleýkin, O.W. Losew, N.M. Krylow, A.I. Berg, Ý.B. Kobzarew, W.I. Tihonow, L.L. Raspletin, N.M. Bogolýubow we başgalar uly goşant goşdular.

### 22.2.2. Wakuumly we gaty jisimleriniň elektronikasynyň döremegi

Radioteknikanyň ösüşi elektromagnit yrgyldylarynyň kömegi bilen maglumatlary aralyga geçirýän ulgamlar üçin elektron abzallary işläp taýýaralýan, ylmyň özbaşdak pudagy bolan – *elektronikanyň* döremegine getirdi. *Elektronika* –



elektronlaryň elektromagnit meýdanlary bilen özara täsirleri we elektron we ýarym geçiriji abzallary, gurluşlary döretmek usullary baradaky ylymdyr. Elektron abzallarynda we gurluşlarynda elektronlaryň elektromagnit meýdanlary bilen özara täsiri, elektromagnit energiýasyny öwürmek, täzedan işlemek we saklamak üçin ulanylýar.

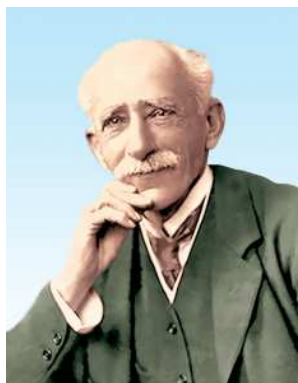
Radioelektronika radioteknikanyň (radio – *radio* latyn sözi bolup, *şöhle goýberýän* diýmekdir) we elektronikanyň birleşmesi netijesinde döredi. *Radioelektronika* adalgasy 1960-njy ýyllarda döredi.

Häzirki zaman *radioelektronikasy* – radioýygylyklar diapazonyndaky elektromagnit yrgyldylaryny we tolkunlaryny ulanmak we öwürmek esasynda maglumatlary geçirmek we öwürmek bilen bagly bolan ylmyň we tehnikanyň birnäçe pudaklarynda jemlenen atlardyr. Olaryň esaslary: radioteknika, radiofizika we elektronikadyr.

*Elektronika* – elektroteknikanyň ösen pudagydyr we öz meselesini elektronlaryň, ionlaryň akymyna gözegçilik etmek we ony dolandyrmak (bu ýerden onuň ady gelip çykýar) bilen çözüýär. Elektronika XX asyryň başynda termo- we fotoelektron emissiýa, rentgen şöhleleri we elektron açylandan we nusgawy elektron nazaryýeti döredilenden soň döredi. Häzirki wagtda ol wakuumly elektronikany, gaty jisimiň elektornikasyny, kwant elektronikasyny (kwant radiofizikasyny) özünde birleşdirýär.

Wakuumly elektronikanyň ösüşi 1879-njy ýylyň 21-nji oktýabrynda T.A. Edisonyň nakal çyralaryň işleýşini görkezmegi bilen başlandy. Elektrik nakal çyralaryny kämilleşdirmek bilen meşgullanyp, Edison aýna turbanyň içki diwarynda döreýän gara tegmillere üns berdi. Çyranýň kömür sapaklarynyň ýanmagy (köýmegi) bilen çyranýň aýna diwarlarynda döreýän tegmilleriň sebäbini düşündirmek üçin ol şeýle tejribe geçirdi. Ol çyranýň içinde galwanometr bilen birikdirilen izolirlenen metal plastinkany, kömür sapagyny saklaýan iki sany aýajyklaryň arasyna birikdirdi. Plastinka çeşmäniň položitel polýusy bilen birikdirilende, nakalyň kömür sapagy bilen plastinanyň üstünden tok akýar. Plastina çeşmäniň otrisatel polýusyna birikdirilende zynjyrdan tok akmaýar. Bu hadysany *Edisonyň effekti* diýip atlandyrdylar. Soňra bu hadysany gyzdyrylan sapagyň elektronlaryň akymyny goýberýänligi bilen düşündirdiler. Elektronlaryň goýberilmegi – *termoelektron emissiýa* – alymlaryň ünsüni özüne çekdi we bu hadysa togy bir ugra geçirýän abzallary ýasamakda ulanylyp başlandy.

İňlis alymy J.A. Fleming (*177-nji surat*) *Edisonyň effektini* öwrenip ilkinji *radioçyraný* – *diody* (*wakuumly diod*) hödürledi. Bu gurluşda gyzdyrylan sapak elektronlaryň çeşmesi (*katod*) bolup hyzmat etdi, ikinji elektrodda (*anodda*) bolsa uly bolmadyk položitel potensial döredildi. 1904-nji ýylda patentlenen bu diod, üýtgeýän toguň radiosignallaryny hemişelik toga öwürýän göneldijiler hökmünde ulanylyp, radiotolkunlaryň ilkinji *elektron detektory* boldy.



177-nji surat. Jon Ambroe  
Fleming

**Jon Ambroe Fleming (1849–1945 ý.)** – iňlis fizigi (177-nji surat), radiotekhnika we elektrotehnika oblasty boýunça alym. Ol Lankaster şäherinde doguldy, London uniwersitetini tamamlady (1870 ý.), Londonyň Korollyk jemgyýetiniň agzasy (1892 ý.). 1877–1881-nji ýyllarda Kawendiş barlaghanasynda işledi. 1885–1926-njy ýyllarda London uniwersitetiniň professory bolup işledi. Radiotelegrafa, radiotelefony, radio- we elektrotehnika degişli ylmy işleri etdi. Geçirijide induksiýa toguň ugruny kesgitlemek üçin sag eliň düzgünini (*Flemingiň düzgüni*) hödürledi. 1904-nji ýylda iki elektrodly elektron çyraný oýlap tapdy. Ylymda bitiren hyzmatlary üçin D.Ýuza (1910 ý.) we M. Faradeý (1928 ý.) medallaryna mynasyp boldy.

1907-nji ýylda Li de Forest (ABŞ) dolandyryjy tory goýup, üç elektrodly elektron çyraný – *audiony* döretdi, ýagny tora položitel ýa-da otrisatel potensiallary berip, elektronlaryň akymyny dolandyrmagy başardy. Soňra audion *triody* diýip atlandyryldy.

Triod (3 elektrodly çyra) gowşak elektrik yrgyldylary güýçlendirmek üçin ulanyldy. 1910-njy ýylda awstriýaly telekeçi, inžener-fizik Robert fon Liben (1878–1913 ý.) tory signaly güýçlendirmek üçin ulandy. Şeýle hem triody hemişelik, sönmeyän elektrik yrgyldylarynyň generatory hökmünde ulanyp bolýar.

Sönmeyän yrgyldylaryň generatory hökmünde ulanylýan elektron çyra arzan, durnukly we uly ýygylklarda we kuwwatlykda işleýän radioperedatçikleri ýasamak üçin örän amatlydyr. Bu bolsa radioaragatnaşygy daş aralyga geçirmäge mümkinçilik berýär. Üç elektrodly çyralaryň soňky derňewleri olary hemişelik, sönmeyän elektrik yrgyldylarynyň generatorlary hökmünde ulanmaklyga mümkinçilik berdi.

1913-nji ýylda Alkesandr Meýsner (1883–1958 ý.) triodly *sönmeyän yrgyldylaryň generatoryny* döretti.

Duddeliň-Simonyň dugaly generatory we Meýsneriň elektron generatory ilkinji *elektrik awtoyrgyldyly ulgamdyr*. XVII asyrdan Galileý we Gýugens mehaniki awtoyrgyldyly ulgamy – maýatnikli sagatlary döretdiler. *Awtoyrgyldyly ulgamlar* adalgasyny söwet fizigi A.A. Andronow girizdi.

Elektron çyralary uçuş we dugaly generatorlar bilen deňeşdirilende uly mümkinçiliklere eýedir. Sönmeyän yrgyldylaryň generatory hökmünde ulanylýan elektron çyralary ýönekeýligi, tygşytlylygy, durnukly işleýänligi bilen tapawutlanýarlar we giň ýygylk diapazony we kuwwatlyklary bolan radioiberiji gurluşlary gurmaga mümkinçilik berýär.

Elektron çyralaryny detektor, güýçlendiriji we sönmeyän yrgyldylaryň generatory hökmünde ulanmak radioaragatnaşygyň uzaklygyny we ygtybarlygyny artdyrmaga mümkinçilik berdi. Birinji Jahan urşy döwründe şeýle generatorlar bilen 8000 km aralyga radioaragatnaşyk amala aşyryldy.

Forestiň ilkinji abzallary örän kiçi güýçlendirmä eýedi. Audiony has önjeýli güýçlendirijä öwürmek üçin goşmaça derňewler zerurdy. Bu gurluşy, ýagny *rege-*

*nerativ shemany* audionyň esasynda amerikan alymy-radiotehnigi Edwin Goward Armstrong (1890–1954 ý.) döretdi. 1918-nji ýylda ol nemes fizigi Walter Şottki (1886–1976 ý.) bilen bir wagtda *supergeterodin kabul edijini* hödürledi. Supergeterodinli kabul etme şundan ybarat: kabul edilýän yrgyldylar aralyk ýygylgya öwrülýär we bu ýygylgyda signalyň güýçlenmesi bolup geçýär. 1930-njy ýyldan başlap supergeterodinli shemalar radioalypeşitdiriş kabul edjilerinde, telewizorlarda we radarlarda giňden ulanylyp başlandy.

Wakuum elektronikasynyň ösmekligine Russiýanyň Nižegorod radiolaboratoriýasynyň alymlary: M.A. Bonç-Bruýewiç, B.K. Lebedinskiý, A.F. Şorin, D.A. Rožanskiý, W.P. Wologdin, A.M. Kguşýew, A.A. Pistolkors, O.B. Losew, S.I. Şapoşnikow we beýlekiler önjeýli goşant goşdular. Olar generirlemek meselelerini we ýokary ýygylkly yrgyldylary adamyň sesini geçirmek üçin ulandylar, gysga tolkunly iberijileri (peredatçikleri), ýiti ugrukdyrylan antennalary, generator çyralarynyň täze görnüşlerini, radiotelefon stansiýalaryny döredtiler, radiotehniki sergileri gurnadylar we tehniki žurnallary çap etdiler. B.K. Lebedinskiý ilkinji sowet radiotehniki žurnalynyň («*Simsiz telegraf we telefon*» žurnaly) redaktory boldy.

Mihail Aleksandrowiç Bonç-Bruýewiçiň (1888–1940 ý.) barlaghanasy özüniň radiotehniki derňewlerini geçirmegiň köpugurlylygy we wajyplygy bilen tapawutlandy. Onuň ýolbaşçylygynda *IIP-1* kabul ediji çyralaryň täsin görnüşi döredildi we olaryň köpçülikleýin öndürilişi ýola goýuldy. 1927-nji ýylda Moskwada, bu radioçyralar bilen enjamlaşdyrylan, kuwwaty 40 *kWt* bolan «*Täze Komintern*» radiostansiýasynyň işe girizilmegi M.A. Bonç-Bruýewiçiň we onuň işgärleriniň ajaýyp üstünligi boldy.

Nižegorod radiolaboratoriýasy özüniň işlän döwründe (1918–1928 ý.) diňe bir Russiýada ilkinji radiotehniki ylmy-barlag merkez bolman, ol radiosenagatyň döremekliginiň esasyňy dörettdi.

XX asyryň ortalarynda köp energiýa sarp edýän we ulanyş möhleti kiçi bolan elektrowakuum çyralary çalyşmaklyk meselesi ýitileşdi.

Wakuumly elektron çyralary kompýuterleriň ilkinji neslinde esasy element bazasy bolup hyzmat etdiler. Elektron çyralarynyň esasy kemçiligi, olaryň esasynda ýasalan gurluşlaryň göwrümleriniň ululygydyr. Meselem, ilkinji kompýuterlerde, köp ýeri eýeleýän metal gutularda ýerleşdirilen münlerçe çyralar ulanylýardy. Şeýle hasaplaýjy maşynyň agramy onlarça tonna ýetýärdi. Onuň işlemegi üçin elektrik stansiýasy gerekdi. Çyralar tarapyndan ägirt uly ýylylyk mukdarynyň bölünip çykýanlygy sebäpli, maşynlary sowatmak üçin kuwwatly ýelpewaçlar ulanylýardy.

*Tranzistoryň* oýlanyp tapylmagy asyryň möhüm oýlanyp tapylyşy, hakyky rewolýusiýa boldy. Umuman, *tranzistor* (iňlisçe *transistor*), ýagny üstünden elektrik signaly geçende (*transfer*) ony güýçlendirýän *garşylykdyr* (iňlisçe *resistor*). Ol wakuum elektron çyralaryň roluny ýerine ýetirýän, ýöne ondan has önjeýli gurluşdyr.

Tranzistoryň oýlanyp tapylmagy netijesinde elektronika ölçeglerini kiçeltmek (miniatýurizasiläşdyrmak) häsiýete eýe boldy. Bu bolsa konstruktorlara hasaplaýyş maşynlarynyň logiki ulgamlaryny oýnalýan kartyň ululygyndaky platalarda ýerleşdirmäge, soňra bolsa platalary häziki zaman kiçijik «*çipleriň*» ölçegleri görnüşinde ýasamaga mümkinçilik berdi.

1948-nji ýylda *Bell Labs kompaniýasynda* amerikan alymy U.B. Şokliniň ýolbaşçylygynda J. Bardin we U.H. Bratteýn *nokatlanç tranzistor* diýlip atlandyrylan, ilkinji *ýarymgeçiriji güýçlendirijini* dörediler. Ol gurluş germaniden ýasalan blok bolup, bu bloguň ýokarky üstüne *emmitter* we *kollektor* diýip atlandyrylýan altyn folgadan ýasalan iki sany inçe nokatlanç kontaktlar birikdirilýär. *Baza* diýlip atlandyrylýan üçünji kontakt bloguň aşaky üstüne birikdirilýär.

Emmitter bilen kollektoryň arasyndaky togy dolandyrmak üçin, emmitter bilen bazanyň arasynda akýan uly bolmadyk tok ulanyldy. Tranzistoryň gurluşynyň we işleýiş prinsipiniň dogry düşündirilişini ilkinji gezek Bardin hödürledi.

1947-nji ýylyň 23-nji dekabry *tranzistor effektiniň açylan* we gaty jisimiň elektronikasynyň dörän günü hökmünde taryha girdi.



178-nji surat. Uilýam  
Bredford Şokli

**Uilýam Bredford Şokli (1910–1989 ý.)** – amerikan fizigi (178-nji surat), fizika boýunça Nobel baýragynyň eýesi (1956 ý.). Ol Londonda doguldy. 1927-nji ýylda Kaliforniýa (ABŞ) uniwersitetine okuwa girdi. 1936-njy ýylda doktorlyk dissertasiýasyny goraýar we «*Bell*» kompaniýasynyň (Nýu-Jersi ştaty, ABŞ) işgäri we soňra gaty jisimiň fizikasy boýunça ylmy barlaglar meýilnamasynyň direktory wezipesinde işledi. Ol soňra Şokli Palo – Altoda tranzistorlary we beýleki ýarym geçiriji gurluşlar işlenip taýýarlanýan hususy ýarymgeçiriji barlaghanany döredti. Şeýlelik bilen, Ýokary Tehnologiýalar Kremniý (Silikon) jülgesiniň düýbi tutuldy. 1965-nji ýylda Şokli Stendford uniwersitetiniň inžener we amaly ylymlar boýunça professory boldy we dynç alşa çykýança şol uniwersitetde işledi.

Şokli gaty jisimleriniň fizikasy we ýarymgeçirijiler fizikasyna (gaty jisimlerde energetik derejeler, ferromagnit domenleriniň nazaryýeti we domenleriniň barlygyny subut edýän tejribeleri, tranzistorlaryň fizikasy, wakuumlý çyralaryň nazaryýeti) degişli işleri ýerine ýetirdi. Ol germaniniň we kremniniň häsiýetlerini öwrenmek boýunça uly toplumlaýyn işleriň başyny başlady. Ol şeýle hem *inžeksiýa nazaryýetini* we *Bardiniň tranzistor nazaryýetinden* has-da düýpli bolan  $p - n$  geçişleriň nazaryýetini döredti (1949 ý.),  $p - n$  geçişde doly toguň dykzlygy üçin formulany (*Şokliniň deňlemesi*) getirip çykardy. Özüniň döreden  $p - n$  geçişler baradaky nazaryýetinden ugur alyp,  $p - n - p$  tranzistory döredti. *Tekiz tranzistor* adyny alan şeýle gurluş Şokli tarapyndan 1950-nji ýylda hödürlendi. Wagtyň geçmegi bilen nokatlanç tranzistorlar tekiz tranzistorlar bilen çalşyrylyp

başlandy. Tekiz tranzistorlary taýýarlamak ýeňil we ol ygtybarly işleýär. Ilkinji mikroschemalar tekiz tranzistorlaryň esasynda döredildi.

Kremniý kristallaryny ösdürip ýetişdirmekligiň, olary arassalamaklygyň we gaýtadan işlemekligiň kämilleşdirilmegi, Şokliniň ideýasy boýunça *gield effekti* (*meýdan effekti*) esasynda tranzistoryň döredilmegine mümkinçilik berdi. Häzirki wagtda tranzistorlaryň bu görnüşli elektron gurluşlarynda giňden ulanylýar.

**Jon Bardin (1908–1991 ý.)** – amerikan fizigi we inžener-elektrigi (179-njy surat), fizika boýunça iki gezek Nobel baýragynyň eýesi (1956 ý., 1972 ý.). Ol Medison şäherinde (Wiksonsin ştaty, ABŞ) doguldy. Mekdebi gutaryp Bardin Wiskonsin uniwersitetine okuwa girdi. Talyp döwründe «Wisteren» elektrik kompaniýada inžener bölüminde işledi. 1933-nji ýylda Bardin Priston uniwersitetine okuwa girdi. Bardin 1936-njy ýylda Pristonda elektronlary metalyň içinde saklaýan dartylma güýçlerine bagyşlanan doktorlyk dissertasiýasyny gorady.



179-njy surat.  
Jon Bardin

1945-nji ýylda Bardin «Bell» kompaniýasyna geçýär we U.Şokli we U. Bratteýn bilen bilelikde *elektirik signal-laryny göneldýän we güýçlendirýän ýarymgeçiriji abzally* – tranzistory dörettdi.

1951-nji ýylda Bardin «Bell» kompaniýasyndan gidýär we Illinoý uniwersitetinde birwagtda elektrotehnika we fizika boýunça professor wezipelerinde işleýär. Şol ýerde ol aspirant döwründe işlän – aşageçirijilik we aş pes temperaturalarda materiýanyň häsiýetleri baradaky meseläniň üstünde işleýär.

J. Bardin Leon Kuper we Robert Şriffer bilen bilelikde aşageçirijiligiň mikroskopik nazaryýetini dörettdi. 1972-nji ýylda «BKŞ nazaryýeti diýlip atlandyrylýan aşageçirijiligiň nazaryýetini döredenlikleri üçin» Bardin, Kuper we Şriffer Nobel baýragyna mynasyp boldular.

**Uolter Hauzer Bratteýn (1902–1987 ý.)** – amerikan fizigi (180-nji surat), fizika boýunça Nobel baýragynyň eýesi (1956 ý.). Ol Amoý şäherinde (Hytaý) amerikan maşgalada doguldy. Bratteýniň çaga döwründe onuň maşgalasy ABŞ-a gaýdyp gelýärler. 1929-njy ýylda fizika boýunça doktorlyk dissertasiýany goraýar.



180-nji surat.  
Uolter Hauzer Bratteýn

Bratteýn 1927–1967-nji ýyllar aralygynda «Bell» kompaniýasynda fizik-eksperimentator hökmünde derňälýän materiallaryň we abzallaryň häsiýetlerini kesgitledi. 1947-nji ýylda Bratteýn we Bardin tranzistor effekti ýüze çykarýan abzaly dörettiler. Bratteýn ýarymgeçirijileriň we olaryň üstleriniň häsiýetlerini öwrendi. Bu işler üst defektlerine örän duýgur bolan «meýdan tranzistorlary»



we häsiýetleri üstün elektrik häsiýetleri bilen kesgitlenýän Gün batareýalary üçin örän wajypdyr.

1956-njy ýylda U. Şokli, J. Bardin we U. Bratteýn «Ýarymgeçirijilerde geçen derňewleri we tranzistor effektini açandyklary üçin» fizika boýunça Nobel baýragyna mynasyp boldular.

### 22.2.3. Integral mikroshemalaryň (çipleriň) we mikroelektronikanyň döremegi

XX asyryň ikinji ýarymynda ylmyň, senagatyň, atom energetikasynyň, harby, raketa we kosmos tehnikasynyň, şeýle hem elektron-optiki aragatnaşygyň güýçli depginler bilen ösmegi, internet ulgamy, hojalyk elektronikasy elektron abzallarynyň düýpli çylşyrymlaşmagyny talap etdi. Bu çylşyrymly elektronikanyň uly göwrümlü we tygşysyz bolmazlygy üçin onuň elementlerini miniaturizasiýalaşdyrmak (kiçeltmek) zerurlygy ýüze çykdy. Bu bolsa 1950-nji ýyllaryň ahyrynda *integral mikroshemanyň (çipleriň) we mikroelektronikanyň* döremegine getirdi.

Şeýlelikde, integral mikroshemalaryň oýlanyp tapylmagy radiotehniki abzallaryň massasyny we ölçeglerini düýpli kiçeltmäge mümkinçilik berdi. Şunlukda, olaryň ygtybarlyklary artdy we energiýa sarp edişleri düýpli kemeldi. Munuň özi, elektronikanyň energetiki elektronika we mikroelektronika bölünmegine getirdi.

*Mikroelektronika* – elektronikanyň bölümi bolup, integral shemalary-signalary öwürmek we işlemek boýunça kesgitli funksiýalary ýerine ýetirýän we elektrik taýdan birleşdirilen elementleriniň ýerleşdirilişi boýunça ýokary dykzlygy bolan bölünmeýän gurluşlardyr. Bir kristalda ýerleşdirilen häzirkî zaman uly anlog integral shemalary we sanly mikroprosessorlary geçmişdäki (ýakyn geçen ýyllardaky) radioelektron abzallaryň uly bloklaryny we gurluşlaryny çalyşdy.



181-nji surat.  
Jek Sen-Kler Kilbi

**Jek Sen-Kler Kilbi (1928–2005 ý.)** – amerikan alymy (181-njy surat). Ol Jefferson-Siti şäherinde (Kanzas ştaty, ABŞ) doguldy. 1942-nji ýylda Kilbi Illinoý uniwersitetini tamamlady we soňra elektron şaýlaryny öndürýän Centralab firmasynda işledi. 1958-nji ýylda ol «*Tehasyň instrumentleri*» kompaniýasynda işläp başlady. 1978–1985-nji ýyllar aralygynda Kilbi Tehas ştatynyň uniwersitetiniň professory wezipesinde işledi. Kilbi 2000-nji ýylda Ž.I. Alferow (Russiýa) we G. Krýomer (ABŞ) bilen bilelikde fizika boýunça Nobel baýragyna mynasyp boldy (J. Kilbä – «*integral shemalary döretmeklige goşandy üçin*», Ž.I. Alferowa we G. Krýomere – «*ýokary tizlikli optoelektronika üçin ýarym geçiriji geterogurluşlary döredendikleri üçin*»).

J. Kilbi termoprinteri we jübüde göterilýän kalkulýatory döredijidir. Iki sany ýaş inženerler J. Kilbi we

R.N.Noýs, biri-birinden habarsyz integral shemalary döredip boljakdygyny subut etdiler. «Texas Instruments» («Tehasyň instrumentleri») kompaniýasynda işleýän Kilbi 1958-nji ýylda «monolit ideýasyny» hödürledi. Onuň manysy şundan ybarat: *shemanyň rezistor, kondensator we transiztor ýaly elementleri şol bir materialdan ýasalyp, bir mikroshema integrirlenen (jemlenen) bolmaly*. Başgaça aýdanymyzda, tranzistorlaryň ölçegini kiçeltmek üçin ol *integral shemasy ideýasyny* – köpsanly tranzistorlary we elektrik zynjyrlaryň zerur elementlerini bir podložkada, bir kristalda ýerleşdirmegi hödürledi, ýagny elektrik zynjyrlaryň zerur elementlerini bir mikroshemada integrirledi (jemledi). Kilbiniň ideýasy örän önjeýli we rewolýusion häsiýetde boldy. Kilbi ilkinji, hakyky monolit integral shemany döretmekligi başardy.

Kilbiniň işleýän ilkinji mikroshemasy *faza süýşmeli generator*dy (multiwibrator). 1958-nji ýylyň 12-nji sentýabryna çenli şeýle görnüşli generatoryň üç sanysy ýasaldy. Naprýaženiýe goýlanda konturlaryň birinjisinde 1,3 MGs ýygylýk generirlendi. Kilbiniň bu üstünligine hünärmenler ynamsyz garadylar we ony mikroshemalarda abatlaýyş işlerini geçirip bolmaýandygy bilen düşündirmäge synanyşdylar. Emma bu ýagdaý 1960-njy ýyllaryň iki sany harby maksatnamalary – «Apollon» kosmos gämisiniň Aýa uçuşyna taýýarlyk we «Minitmen» raketasyny işläp taýýarlamak sebäpli düýpli üýtgedi. Bu maksatnamalarda integral shemalaryň ulanylmagy olaryň işe ukyplylygyny we tygşylylygyny subut etdi.

Integral shemalary oýlap tapyjylaryň ýene-de biri R.N.Noýs hasaplanýar.

---

**Robert Norton Noýs (1927–1990 ý.)** – amerikan inžener-elektro-nigi (182-nji surat), telekeçi, *integral shemany* oýlap tapyjylaryň biri. Ol Aýowo ştatynyň Berlington şäherinde (ABŞ) eneden doguldy. Noýs Gordon Mur we Endryu Growu bilen *INTEL* kompaniýasyny esaslandyrdy.

---

Noýs «Fairchild Semiconductor» amerikan kompaniýasynyň hünärmenleri bilen üç gatlakly  $p-n-p$  we  $n-p-n$  gurluşly materiallary almagyň *planar tehnologiýasyny* işläp taýýarlady. Bu tehnologiýa shemanyň elementleriniň elektrik birikmesini ýönekeý amala aşyrmaga mümkinçilik berýär, ýagny ähli işçi gatlaklar bir-biri bilen jebis birikdirilendir. Bu mikroshemalar 1959-njy ýylyň ýanwarynda işlenip taýýarlanylady.

*Noýsýň derňewleri häzirk wagtda bize oňat tanyş bolan mikroshemalaryň – biri-birinden goraýjy (izolirleýji) material bilen aýrylan, alýumin plenkalary çäýýlyp ýasalan, grafik egrem-bugram (labirintl) ýodajyklary bolan plastinkalaryň döremegine getirdi.*



182-nji surat.  
Robert Norton Noýs

«Fairchild Semiconductor» kompaniýasyny taşlap, 1968-nji ýylda, R.Noýs we G.Mur täze kompaniýany döredtiler. Dostlar ony *Moore Noyce* diýip atlandyrmakçy boldular. Emma iňlisçe bu *more noise* («galmagaly köp») ýaly aýdylýardy. Şol sebäpli olar kompaniýanyň adyny resmi we mazmunly «*Integrated Electronics*» diýip atlandyrdylar. Bu kompaniýa birnäçe gezek adyny üýtgetdi we häzirki wagtda bu kompaniýa *Intel* diýlip atlandyrylýar.



183-nji surat.  
Gordon Mur

**Gordon Erl Mur (1929-njy ýylda doglan)** – Direktorlar sowetiniň hormatly başlygy (183-nji surat), «*Intel*» kompaniýasyny esaslandyryjylaryň biri, «*Muruň kanunyny*» dörediji. Ol Kaliforniýa ştatynyň San-Fransisko şäherinde (ABŞ) doguldy.

1965-nji ýylyň aprelinde *Electronics* žurnalynda G.Mur mikroelektronikanyň ösüşiniň prognozy üçin *Muryň kanuny* diýlip atlandyrylýan kanuny çap etdi. Mikroshemalaryň öndürilişiniň ösüşini grafiki şekillendirip Mur *empirik kanunalaýyklygy* döretdi: *mikroshe-malaryň täze nusgalary öňki nusgalar döränden soň, takmynan, birmeňzeş wagtdan (18–24 aý) soň işlenip dü-zülyärler, şunlukda, olaryň göwrümleri her gezek, takmy-nan, iki esse artýar*. Bu tapylan kanunalaýyklyk häzirki döwürde hem saklanýar we mikroelektron gurluşlaryň öndürilişiniň ösüşini prognozirlmegiň esasy bolup durýar.

#### 22.2.4. Geterogurluşlaryň fizikasy we onuň esasyndaky abzallar

Maglumatlary gaýtadan işlemegiň we olary aralyga geçirmekligiň tizligine bolan talabyň artmagy bilen diňe çipdäki elementleriň mukdary möhüm bolman, olaryň işleýişiniň çaltlygy hem möhüm bolup başlady. Fizikanyň we tehnikanyň birikmesinde amala aşyrylyp döredilen *geterogurluşlar* XX asyryň ikinji ýarymynda maglumat we kommunikasiýa tehnologiýalarynyň güýçli ewolýusiýasyny şertlendirdi. Käbir möhüm adalgalara kesgitleme bereliň.

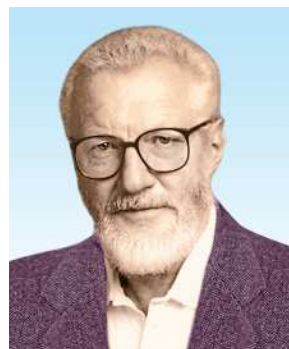
Has giňişleýin aýdanymyzda, *geterogurluşly ýarymgeçiriji diýip gadagan edilen zolagynyň ini dürli bolan ýarymgeçirijileriň birnäçe ýuka gatlaklaryndan ybarat bolan ýarymgeçirijä aýdylýar*. Gatlaklaryň galyňlygy birnäçe angstromden birnäçe mikrona çenli aralykda bolýar. Birjynsly ýarymgeçiriji kristallaryň deregine dürli ýarymgeçirijilerden emeli usulda sintezirlenip alnan geterogurluşlary ulanmak baradaky ideýa 1951-nji ýylda Şokli tarapyndan aýdylýpdy.

*Geterogurluşlar* – *geteros* grek sözi bolup, *görnüşleri, ugrukmasy we kristallik gözeneginiň periody bilen gabat gelyän (ideal ýagdaýda), şeýle hem defektleri bol-*

*madyk, himiki düzümi boýunça dürli bolan iki sany ýarymgeçirijileriň galtaşmasy (kontaktyna) aýdylýar.*

Geterogeçişleri ilkinji bolup amerikan fizigi R. Anderson we nemes alymy G. Krýomer öwrendiler. R. Anderson ideal geterogeçişiň modelini we geteroaraçak-de zolaklaryň üzülmä nazaryýetini, G. Krýomer bolsa tranzistor üçin giň zolakly emmitter nazaryýetini hödürlediler. Krýomer elektron häsiýetleri (meselem, gadagan edilen zolagyň ini) haýal üýtgär ýaly ýarymgeçiriji birleşmäniň düzümini koordinata boýunça üýtgetmelidigini hödürledi. Şunlukda, döreýän «*kwazielektrik*» meýdan, daşky elektrik meýdanyndan we  $p - n$  geçişiň içki elektrik meýdanyndan tapawutlylykda, elektronlary we deşikleri şol bir ugur boýunça herekete getirer. Bu garaýyş geterogurluşly abzallarda giňden ulanyldy.

**Gerbert Krýomer (1928-nji ýylda doglan)** – nemes fizigi (184-nji surat), fizika boýunça Nobel baýragynyň eýesi (2000 ý.). Ol Weýmar şäherinde doguldy. 1947-nji ýylda Ýen uniwersitetine okuwa girdi. 1948-nji ýylyň başynda ol Günbatar Germaniýa gidýär we ol ýerde Gettingen uniwersitetine okuwa girýär. 1952-nji ýylda ol Germaniýanyň Poçta gullugynyň telekommunikasiýa Merkezi barlaghanasyn-da işläp başlaýar.



184-nji surat. Žores Iwanowiç Alferow

Krýomer Pristonda (ABŞ) *RCA barlaghanasynda* emmitteri *GeSi* birikmesinden we bazasy *Ge*-den bolan *NBT tranzistory* ýasamaga synanyşdy, ýöne şowsuz boldy.

Muňa garamazdan, ol bu pudaga özüniň goşandyny – iki sany nazary makalany ýazmak bilen – goşdy. *RCA Reviw* žurnalynda çap edilen birinji makalasynda geterogurluşlary konstruirlemegiň esasy prinsipi bolan «*kwazielektrik*» meýdan baradaky konsepsiýa, ikinji makalada, ikileýin geterogurluşlardan ýasalan lazerleriň prinsipi beýan edildi (1963 ý.).

1970-nji ýyllaryň başynda Krýomer zolaklaryň üzülmä nazaryýetiniň üstünde işledi. Soňra ol Santa-Barbadaky Kaliforniýa uniwersitetinde sygymyň geterogeçişiň araçäginden geçýän naprýaženiýa baglylygyny ölçemek bilen, zolaklaryň üzülmegini kesgitlemegiň effektiv usulyny hödürledi. 1985-nji ýyldan soň *InAs*, *GaSb* we *AlSb* birikmeleriň kombinasiýalary bilen gyzyklanyp başlady.

1957-nji ýylda Krýomer geterogurluşly tranzistoryň taslamasyny işläp düzdi. Onuň nazary işlerinde geterotranzistorlar birnäçe parametrleri boýunça (togy güýçlendirmekde hem ýokary ýygyllykly shemalarda hem), adaty tranzistorlardan artykmaçlygy bilen tapawutlanýardy.

Rus fizigi Ž.I. Alferow geterogurluşlary almagyň tehnologiýasyna we olary derňemeklige uly goşant goşdy.



185-nji surat. Žores  
Iwanowiç Alferow

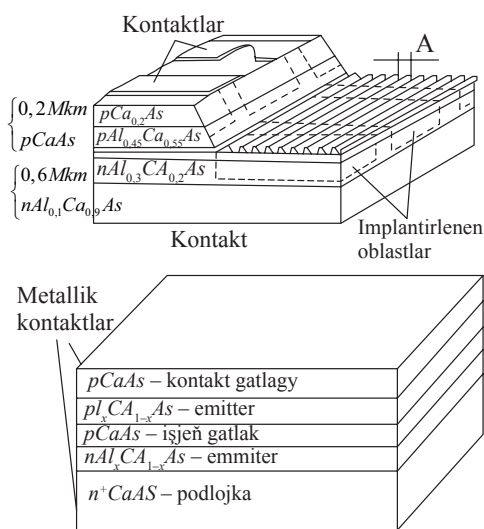
**Žores Iwanowiç Alferow (1930-njy ýylda doguldy)** – sowet-rus alymy (185-nji surat), fizika boýunça Nobel baýragynyň eýesi (2000 ý.), Rus Ylymlar akademiýasynyň akademigi, 1991-nji ýyldan bäri Rus Ylymlar akademiýasynyň wise-prezidenti. Ol Witebsk şäherinde (häzirki Belarus döwletinde) doguldy. 1947-nji ýylda W.I.Ulýanow-Lenin adyndaky Leningradyň elektrotehniki institutyna okuwa girdi. Üçünji ýylyň talyby döwründen ýarymgeçirijileriň häsiýetlerini öwrenip başlaýar. Instituty tamamlandan soň Alferow *Fizika-tehnika institutynda* häzirki zaman ýarym geçirijili elektronkany döretmeklige gatnaşýar. 1990–1991-nji ýyllarda ol SSSR *Ylymlar akademiýasynyň* wise-prezidentligine, Leningrad ylmy merkeziniň Prezidiumynyň başlyklygyna, 2003-nji ýyldan başlap – *Rus Ylymlar akademiýasynyň «Sank-Peterburg Fizika-tehnika ylmy-bilim merkeziniň» Ylym-bilim kompleksiniň* başlygy wezipesine saýlandy. 2010-njy ýylyň 5-nji aprelinde başlap Alferow Skolkowadaky innowasiýa merkeziniň ylmy ýolbaşçylygyna bellendi.

J.I. Alferow ýarymgeçirijileriň fizikasy oblastynda görnükli alymdyr. Onuň barlaglary ýarymgeçiriji geterogurluşlaryň esasynda ýarymgeçiriji lazerleriň we beýleki kwant gurluşlaryň döredilmegine getirdi. Bu abzallar häzirki zaman informasion tehnologiýasynyň esasyňy düzýärler. Umuman, bu gyzyklanma ylmy işgärleriň we inženerleriň arasynda hiç wagt hem peselmändi. Häzirki zaman durmuşyny ýarymgeçiriji elementlere esaslanan radioelektron gurluşsyz göz önüne getirmek mümkin däl. Şoňa görä-de, mikro- we nanoelektronikanyň soraglaryny fizikanyň has wajyp

meseleleriniň sanyna goşmaklyk dogrudyr, ol soraglary orta we ýokary okuw mekdeplerinde öwrenmeklik zerurdyr.

1961-nji ýylda Alferow kuwwatly germanili we kremnili göneldijileri işläp taýýarlamaklyga we derňemeklige bagyşlanan kandidatlyk dissertasiýasyny gorady. Bu işleriň esasynda Russiýada *ýarymgeçiriji elektronika* döredi.

*Ge-GeAs* geterogeçişi alan Andersondan tapawutlylykda Ž.I. Alferow ikeleýin geterogurluşy *AlAs-GaAs* öwrendi (186-njy surat). 1963-nji ýylda Ž.I. Alferow we R.F. Kazarinow we olara bagly bolman G. Krýomer, bipolar tranzistoryň gurluşyna meňzeş, ikeleýin geterogurluşda *inžeksiýa lazerini* gurdular.



186-njy surat. Geterogurluşlar



Alferowyn we onuň işgärleriniň açan ideal geterogeçişleri we täze fiziki açyşlary-aşa inžeksiýa, geterogurluşlarda elektron we optiki çäklenme – köpsanly belli ýarymgeçiriji abzallaryň parametrlerini düýpli gowulandyrmaga we olaryň esasynda, düýbünden täze, optiki we kwant elektronikasynnda ulanmak üçin aýratyn geljegi bar bolan (perspektiwaly) abzallary döretmäge mümkinçilik berdi. Yarymgeçirijilerdäki geterogeçişleriň bu derňewleri boýunça Alferow 1970-nji ýylda doktorlyk dissertasiýasyny gorady.

1967-nji ýylda geterogurluşlaryň fizikasynda we tehnologiýasynda özgeriş pursady boldy: gözenekleriniň parametirleri özara doly gabat gelýän *GaAs* - *AlGaAs* gurluş alyndy. Olary bir wagtda biri-birine bagly bolmazdan Ž.I. Alferowyn we H. Ruppreht bilen J. Wudolyň (*Uotson adyndaky Barlag merkezi, ABS*) toparlary aldylar. Bu gurluşda *aşa inžeksiýa, optiki toplanma* we beýleki effektleriň bardygy sebäpli Alferowyn topary tarapyndan ýokary önjeýli ýagtylyk diodlary, Gün elementleri, bipolýar geterotranzistorlar, tiristorly ýazdyryjylar, ýarymgeçiriji lazerler we beýleki radioelektron abzallar döredildi. Olar kosmiki stansiýalaryndan başlap durmuşda ulanylýan ähli radiogurluşlarda ulanylýar.

*GaAs-AlGaAs* gurluşlarda otag temperaturasynda üznüksiz generirlemek režimi alnandan soň, geterogurluşlara bolan gyzyklanma has-da artdy. Bu baradaky maglumatlar 1970-nji ýylda biri-birinden baglanyşyksyz iki ylmy toparlar tarapyndan – Alferow işgärleri bilen, şeýle hem «*Bell Labs*» kompaniýasynyň işgärleri H. Keýsi we M. Paniş tarapyndan çap edildi.

Alferowyn topary tarapyndan  $A^{III}B^V$  topardaky ýarymgeçirijilerden döredilen gaty erginleriň, meselem, *InGaAsP* ulanylmagy, geterogurluşlaryň mümkinçilikleriniň giňelmegine uly goşant goşdy. Bu gurluşyň esasynda süýümli-optiki aragatnaşyk üçin spektriň infragyzyl oblastynda işleýän lazerler we spektriň göze görünýän böleginde işleýän lazerler döredildi.

1990-njy ýyllaryň başyndan başlap, Alferow kiçi ölçegli *nanogurluşlaryň* (kwant geçirijileriň (simleriň) we kwant nokatlarynyň) häsiýetlerini öwrenip başlady.

1993–1994-nji ýyllarda Alferowyn ýolbaşçylygynda *kwant nokatly* («*emeli atomlar bilen*») gurluşlaryň esasynda dünýäde *ilkinji geterolazer* döredildi. 1995-nji ýylda Alferow öz işgärleri bilen ilkinji gezek kwant nokatlarynda gurnalan, otag temperaturasynda üznüksiz işleýän *inžeksiýaly geterolazeri* görkezdi. Şeýlelikde, Alferowyn derňewleri ulanyş çägi örän uly bolan, geterogurluş esasynda işleýän, häzirki döwürde «*Zolakly inženerçilik*» (fizikada bu ugra «*kwant nokatly geterogurluşlar*» *ugry* diýilýär) ady bilen belli bolan, düýbünden täze elektronikanyň döremekligine getirdi. Ýuka plenkada (matrisada) nanometr ölçegli «*nokatlar*» döredilýär we olar başga ýarymgeçiriji bilen doldurylýarlar. Şeýle «*nokat*» özüni edil «*bir elektronly atom*» ýaly alyp barýar. «*Nokatlary*» kesgitli tertipde ýerleşdirilen ulgamy döredip, tehnologik taýdan has kämil bolan radiotehniki gurluşlary döretmäge mümkinçilik berýän getereogurluşlary almak bolýar.

Häzirki döwürde fizika ylmynda bu ugra has uly üns berilýär. Bu ugur tehniki ösüşini ilerlemegine itergi berip, gaty jisimleriň fizikasynda has köp derňewler geçirilýän ugurlaryň birine öwrüldi.

2000-nji ýylda *Şwesiýanyň Ylmlar akademiýasynyň Korollygy* häzirki zaman maglumatlar we aragatnaşyk tehnologiýalarynyň esasyň döredilmegine getiren ylmy işleri üçin Ž.I.Alferowa, G.Krýomere we J.Kilbä fizika boýunça Nobel baýragyny berdi. Baýragyň bir bölegi Ž.I.Alferowa we G.Krýomere «*ýokary tizlikli optoelektronika üçin ýarymgeçiriji geterogurluşlary döredendikleri üçin*», ikinji bölegi J.Kilbä «*integral shemalary döretmeklige goşandy üçin*» berildi.

Şeýlelikde, elektronikanyň ösüşinde elektrowakuum çyralardan tranzistorlara, soňra häzirki wagtda ähli elektron abzallarynda ulanylýan integral shemalara (çiplere) we geterogurluşlara geçildi. Geterotranzistorlaryň esasynda gurlan ýokary ýygylýkly, az sesli güýçlendirijiler hemra aragatnaşyk ulgamlarynda we mobil telefonlaşdyrylyşda «*signal/galmagal*» gatnaşygyny gowulandyrmak üçin ulanylýarlar. Geterogurluşlaryň esasyndaky lazerler optiki disklerden maglumatlary okamak üçin ulanylýar, geterogurluşly tranzistorlar öýjükli telefonyň her birinde oturdyladyr we ş.m.

### **22.3. Radiofizikanyň ylym hökmünde differensasiýa we integrasiýa döwri (1950-nji ýyldan häzirki döwre çenli)**

Radiofizikanyň ösmegi bilen onuň usullary fizikanyň beýleki bölümlerine hem aralaşdy. Täze meseleler, şeýle hem ýokary ýygylýklar diapazonyň özleşdirilmegi fizikanyň beýleki bölümlerinden, hususan-da, optikadan (linzalary, aýnalary, interferometrleri, polýaroidleri we ş.m.) garaýyşlaryň we usullaryň radiofizika aralaşmagyna getirdi. Bu bolsa radiofizikanyň täze bir bölümüniň *kwazioptikanyň* (kwazioptiki geçiriji liniýalaryň, açyk rezonatorlaryň we ş.m.) döremegine getirdi. Öz gezeginde tolkun uzynlyklarynyň santimetr diapazony üçin ösdürilen radiofiziki usullar optika aralaşyp, optikanyň mümkinçiliklerini artdyrды, ýagny *süýümli optikany, golografiýany, integral optikany* we beýlekileri döretди. Şeýlelikde, ýygylýklaryň optiki diapazony hem radiofizikanyň usullarynyň ulanylýan bölümüne öwrüldi.

Bir tarapdan, fizikanyň beýleki bölümleri bilen özara «*baýlaşmagy*» we beýleki tarapdan, käbir bölümleriň özbaşdak bolmagy netijesinde, radiofizikanyň içinde birnäçe başga «*bölinip aýrylan*» ugurlar: *radiooptika, statistik radiofizika, kwant radiofizikasy, radiospektroskopiýa* we beýlekiler döredi. Derňew etmekligiň bu baş ugurlarynyň döremekligi radiofizikanyň döwürlere bölünüşiniň täze eýýamyna degişlidir. Bu ugurlaryň biriniň, *radioastronomiýanyň* ösüşiniň taryhy döwürlerine seredeliň.

## **23-nji bap. RADIOASTRONOMIÝANYŇ ÖSÜŞINIŇ ESASY DÖWÜRLERI WE ONUŇ GURAL ESASY**

### **23.1. Radioteleskoplar**

Dünýäde ilkinji teleskop 1609-njy ýylda Galileo Galileý tarapyndan guruldy. Bu linzaly *teleskop-refraktometr*di. Has takygy, ol bir yyl öň oýlanyp tapylan *görüş turbasydy*. Ilkinji teleskopyň obýektiwi hökmünde bir sany ýygnaýjy linza, okulýary hökmünde bolsa, bir sany dargadyjy linza hyzmat edýärdi. Bu teleskop kiçi görüş burçuna, güýçli hromatizme we bary ýogy üç esse ulaltma eýedi (soňra ony Galileý 32 esse ulaldýan gornüşe getirdi).

Kepler okulýarda dargadyjy linzany ýygnaýjy linza bilen çalşyp, görüş burçuny giňeltdi. Emma hromatizmi aýryp bilmedi. Şoňa görä-de, ilkinji teleskop-refraktorlarda hromatizme garşy ýönekeý usuly ulanypdyrlar, ýagny yşyň inini kiçeldipdirler (ýagny fokus aralygyny artdyrdylar). Meselem, polýak astronomy Ýan Geweliýiň (1611–1687 ý.) iň uly teleskopy 50 metr uzynlyga eýedi. Ol sütünden asylypdyr we ýüpler bilen dolandyrylypdyr.

Belli «*Lewiafan*» («*the Leviathan of Parsonstown*») *teleskopy* 1845-nji ýylda Irlandiýada lord Oksmantonnyň (graf Ross) mülkünde guruldy, 72 dýumlyk aýna uzynlygy 60 fut (1 fut = 0,305 m) bolan turbada ýerleşdirildi. Turba wertikal tekizlikde hereket edýärdi.

Bu teleskopyň aýnasy бүрүнчден (mis we galaýy) ýasalypdy we agramy 4 tonnady (çarhowugy (gapa ýa-da äpişgä oturdylýan ýeriň ýokarsyna goýulýan agaç) bilen 7 tonna). Şeýle aýnalaryň ikisi taýýarlanylady. Bu aýnalary ýylmamak zerurlygy ýüze çykanda çalyşýardylar, sebäbi Irlandiýanyň çygly howasynda бүрүнч linzalar garalýardy. Şol döwrüň bu iň kuwwatly teleskopy bug maşyny bilen, ryçaglaryň we geçirijileriň çylşyrymly ulgamy arkaly herekete getirilýärdi.

Bu teleskop dünýäde iň uly teleskop bolup, 1908-nji ýylda çenli işledi. 1998-nji ýylda graf Rossyň nesilleri «*Lewiafanyň*» nusgasyny öňki ýerinde gurdular we ony adamlar görer ýaly şert döretdiler. Onuň aýnasy ýasalady, dolandyrmaklyk gidrawlika we elektrik bilen amala aşyryldy.

*Radioteleskop* – asman jisimleriniň (Gün ulgamynda, Galaktikada we Metagalaktikada) hususy radioşöhlenenmesini kabul etmek we olaryň häsiyetlerini (gurluşyny, şöhlenenme intensiwligini, spektrini we polýarizasiyasyny) öwrenmek üçin ulanylýan astronomik abzal.

Radioastronomiýanyň taryhy 1932-nji ýylda amerikan inženeri Karl Ýanskiý (1905–1950 ý.) tarapyndan kosmos radioşöhlenenmesiniň açylmagy bilen başlandy. 1933-nji ýylyň aprelinde ol «*Bell*» kompaniýasynda işleýärkä tolkunlaryň metr diapazonynda, *Akmaýanyň ýolundan* gelýän näbelli atmosfera radiopäsgelçiliklerini ýüze çykardy. Ýanskiniň bu açyşy hünärmenleriň ünsüni çekmedi. Amerikaly başga

bir radioinžener Grout Reber (1911–2002 ý.) kosmos radioşöhlenenmesiniň tebigaty bilen gyzyklanyp, bu gözegçilikleri dowam etdirdi. Ol öz öýüniň howlusynda (Çikago şäheriniň eteginde) parabolik (diametri 9,5 m) antennaly *ilkinji radioteleskopy* gurnady. Reber baş ýylyň dowamynda radioastronomik ölçegleri geçirdi.

Ol 1942-nji ýylda asmanyň demirgazyk böleginiň ilkinji radiokartasyny belli «*Astrofizika*» žurnalynda çap etdi.

Reberiň makalasy astronomlaryň we radioastronomlaryň ünsüni çekdi. Emma Ikinji jahan urşunyň başlanmagy radioastronomiýa boýunça işleri togtatdy. Bu döwürde täze tehnikanyň möhüm ugry hökmünde radiolokasiýa çalt ösüp başlady. Jeýms Stenli Heý (1909–2000 ý., Angliýa) 1942-nji ýylda radiolokasiýa stansiýasynda 4 we 8 metr tolkunlarda Günüň radioşöhlenenmesini açdy. 1942-nji ýylyň ikinji ýarymynda Jorj Klark Sautwort (1890–1972 ý., ABŞ) Günüň *santimetr* tolkunlardaky radioşöhlenenmesini hem açdy.

Ikinji jahan urşundan soň astronomlar we inženerler kosmos radioşöhlenenmesini ölçemek üçin, Ýanskiniň we Reberiň antennalaryndan has uly ölçegli radioteleskoplaryň gerekdigine düşündiler.

1947-nji ýylda Angliýada, Mançester şäheriniň uniwersitetinde diametri 66 metr bolan hereketsiz parabolik radioteleskop guruldy. 1950-nji ýylda onuň kömegi bilen *Andromeda ýylдыzlar toplumynyň* dumanlyklaryndan gelýän gowşak radioşöhlenenme bellige alyndy. 1957-nji ýylda Mançesteriň golaýynda, aýlanýan 76 metrlik radioteleskop guruldy. 1962-nji ýylda bolsa *Grin-Benk (ABŞ) observatoriýasynda* 92 metrlik meridian radioteleskopy işe girizildi.

Soňky 20-30 ýylyň dowamynda hemra antennalary durmuşymyzyň aýrylmaz nyşanyna öwrüldi. Häzirki zaman şäherleriniň köpüsi hemra telewideniýesine girmek bilýärler. 1990-njy ýylda hemra – tarelkalary giň köpçüligе ýaýradý. Dünýäniň dürli künjeklerinden maglumatlary kabul etmeklikde radioteleskoplar hökmünde ulanylýan şeýle hili hemra – tarelkalary üçin, tarelkanyň ölçegi uly ähmiýete eýedir.

*Dünýäniň iň uly observatoriýalarynda ýerleşýän Ýerdäki iň uly teleskoplara seredeliň .*

1. *Stenfordyň hemra teleskopy (ABŞ) (187-nji surat)*. Kaliforniýanyň Stenford dag eteklerinde ýerleşýär we ol *ajayyp tarelka* adyny alan radioteleskopdyr. Ony her



187-nji surat. Stenfordyň hemra teleskopy (ABŞ)

gün 1500-e golaý adam görmäge gelýär. Bu *hemra teleskopy Stenford ylmy-barlag instituty* tarapyndan 1966-njy ýylda guruldy, diametri 150 fut (46 m). Bu teleskop ilki başda atmosferanyň himiki düzümini kesgitlemek üçin ulanyldy. Emma soňra şeýle güýçli radarly antennaly teleskop, hemralar we kosmos gämiler bilen aragatnaşyk saklamak üçin ulanyldy.

2. *Algonkin observatoriýasy (Kanada) (188-nji surat)*. Bu observatoriýa Kanadanyň Ontario şäher-

indäki Algonkin seýilgäinde ýerleşýär. Obserwatoriýanyň merkezi bölegi – diametri 150 fut (46 m) bolan parabolik tarelka. 1960-njy ýyldan bäri öz aralarynda birikdirilen köpsanly teleskoplara bir-wagtyň özünde gözegçilik edýän VLBI toruna tehniki hyzmat etmek üçin ulanylýar.

3. *LMT uly teleskopy (Meksika) (189-njy surat)*. Bu ägirt uly we iň duýgur radioteleskop 2006-njy ýylda guruldy. Onuň diametri 164 fut (50 m) we 0,85–4 mm ýygylykda işleýär. Ýylgylykda emele gelşi barada wajyp maglumatlary berýän bu teleskop Meksikanyň Negra dagynda ýerleşýär we meksikan we amerikan taslamasy esasynda 116 million amerikan dollary harçlanyp guruldy.

4. *Parks observatoriýasy (Awstraliýa) (190-njy surat)*. Bu observatoriýa 1961-nji ýylda Parksda (Awstraliýa) guruldy. Onuň diametri 210 fut (64 m). Ähli açylan pulsarlaryň we neýtrin ýylgylyklyrynyň 50 göterimi Parks observatoriýasynda açyldy.

5. *Awantýurinow kommunikasiýa toplumy (ABŞ) (191-nji surat)*. Awantýurinow observatoriýasy ady bilen belli bu toplum Kaliforniýa ştatyndaky Mohawa çölünde ýerleşýär. Bu şuna meňzeş üç toplumlaryň biri bolup, olaryň beýleki iki sanysy Madridde we Kanberrede ýerleşýärler. Awantýurinow radioteleskopynyň diametri 230 fut (70 m). Bu radioteleskop kwazarlary, kometalary, planetalary, asteroidleri we beýleki köpsanly asman jisimlerini kartografirlemek üçin ulanylýar.



188-nji surat. Algonkin observatoriýasy (Kanada)



189-njy surat. LMT uly teleskopy (Meksika)



190-njy surat. Parks observatoriýasy (Awstraliýa)



191-nji surat. Awantýurinow observatoriýasy (ABŞ)





192-nji surat. Ýewpatoriýadaky (Ukraina) – П-2500 (RT-70) radioteleskopy



193-nji surat. Lowell teleskopy (Beyik Britaniýa)



194-nji surat. Effelsberg radioteleskopy (Germaniýa)

6. П-2500 (RT-70) radioteleskopy (192-nji surat). Ýewpatoriýada (Ukraina) gurulan diametri 230 fut (70 m) bolan П-2500 RT-70 radioteleskopy asteriodleri we kosmos jisimleriniň galyndylaryny ýüze çykarmak üçin ulanylýar. 2008-nji ýylyň 9-njy oktýabrynda bu teleskopdan «Super Zemlýa» atly Cliese 581c planetasynda signal iberildi. Eger Cliese 581c planetasynda akylyly jandarlar bar bolsa, olaryň jogap signalyny ibermekleri mümkin! Ýöne, Ýerden iberilen signal olara 2029-njy ýylda baryp ýetmeli.

7. Lowell teleskopy (Beyik Britaniýa) (193-nji surat). Birleşen Korollygyň Lowell teleskopy Angliýanyň demirgazyk-günbatarynda, Jordell–Benk observatoriýasynda ýerleşýär. Bu teleskop 1955-nji ýylda guruldy we ony döredijileriniň biri Bernard Lowelliň ady bilen atlandyryldy. Teleskopyň belli açyşlarynyň biri – pulsarlaryň barlygynyň tassyklanmagydyr. Şeýle hem bu teleskop kwazarlaryň açylmaklygyna ýardam etdi.

8. Effelsberg radioteleskopy (Germaniýa) (194-nji surat). Effelsberg radioteleskopy günbatar Germaniýada ýerleşýär.

1968–1971-nji ýyllar aralygynda gurlan bu teleskop Bonn şäherinde ýerleşýän Maks Plank adyndaky Radioastronomiýa institutynyň tabynlygyndadyr. Onuň diametri 328 fut (100 m). Pulsarlaryň, ýıldyzlaryň we uzakdaky galaktikalaryň ýadrolarynyň emele gelişlerine gözegçilik etmäge mümkinçilik berýän abzallar bilen üpjün edilen Effelsberg radioteleskopy dünýädäki aşa güýçli teleskoplaryň in möhümleriniň biridir.

9. Bankyň ýaşyl teleskopy (ABŞ) (195-nji surat). ABŞ-nyň Milli Ýuwaş zolagynyň merkezinde, Günbatar Wirjinide ýerleşýär. Onuň diametri 328 fut (100 m). Teleskop on bir ýyllap guruldy we 2002-nji ýylda işe girizildi.

10. PATAH-600 radioteleskopy (Russiýa) (196-njy surat). Dünýäde in uly radioteleskoplaryň biri PATAH-600 (РадиоТелескоп Академии Наук) sözüniň gysgaldylany) radioteleskopydyr. Bu radio-

teleskopyň diametri 600 *metre* barabar bolup, deňiz derejesinden 970 *m* beýiklikde, Russiýanyň Zelençuk stansiýasynyň (Demirgazyk Kawkaz) golaýynda ýerleşýär. Teleskop diametri 576 *m* bolan tegelek boýunça ýerleşen we ölçegleri 11,4x2 *m* bolan 895 sany gönüburçly serpikdiriji elementlerden ybaratdyr. Tegelek dünýäniň dört ugry boýunça 4 bölege bölünen. Her bölegiň serpikdiriji elementleri şöhlenenmäni kabul edijä fokusirleýär. Şöhlenenmäni kabul ediji suwuk azot bilen sowadylýar we simap bilen doldurylan, beýikligi bir metr bolan basseýnde ýüzýän, wiibrasiýa garşy platformada ýerleşýär. *PATAH-600* radioteleskopy rus alymlary Semýon Emmanuilowiç Haýkiniň (1901–1968 ý.) we Naum Lwowiç Kaýdanowskiň (1907–2010 ý.) ideýalary boýunça döredilen. *PATAH-600* radioteleskopy radioşöhlenenmäniň kosmos çeşmelerini ýüze çykarmak, ýyldyzlaryň radioşöhlenenmesini, Gün ulgamynyň jisimlerini, Günüň güýçli radioşöhlenenme goýberýän çäklerini öwrenmek, emeli gelip çykyşy bolan signallary ýüze çykarmak (başga planetalaryň ýaşajylaryndan) we ş.m. üçin ulanylýar. Häzirki wagtda Russiýa Ylymlar akademiýasynyň akademigi Ýuriý Nikolaýewiç Pariýskiý (1932-nji ýylda doglan) *PATAH-600*-üň ylmy ýolbaşçysydyr.

11. *Aresibo observatoriýasy (Puerto-Riko)* (197-nji surat) dünýäde iň uly radioteleskopdyr. 1963-nji ýylda Puerto-Riko adasyndaky Aresibo şäherinden 15 *km* uzaklykda, deňiz derejesinden 497 *m* beýiklikde, sönen wulkanyň kraterinde guruldy. Bu parabolik antennaly radioteleskopyň diametri 305 *metre* deň.

Onuň gurulmagy amerikan fizigi we astronomy Wilýam Edward Gordona (1918–2010 ý.) degişlidir. Aresibodaky radioteleskop ABŞ-nyň *astronomiýa we ionosfera barlaglary Milli merkezi (NAIC)* tarapyndan konstruirlendi, guruldy we ulanylýar. Ägirt uly hereketsiz aýnanyň üstünde, 150 *m* beýiklikde, polat ýüplerden 600 tonnalyk platforma berkidilen. Platformanyň hereketli bölegi öz okunyň töwereginde



195-nji surat. Bankyň ýaşyl teleskopy (ABŞ)



196-njy surat. *PATAH-600* radioteleskopy (Russiýa)



197-nji surat. Aresibo observatoriýasy (Puerto-Riko)

aýlanyp bilýär. Platformanyň ugruna relsler boýunça kompýuter tarapyndan dolandyrylýan şöhle goýberýän we kabul edýän kabina hereket edýär. Örän uly meýdana (48 ga) eýe bolup, bu radioteleskop dünýäde iň duýgur radioteleskop hasaplanylýar.

Bu radioteleskop radiolokator hökmünde işläp, Saturn planetasyna çenli hem *baryp ýetýär*. Aresibodaky radioteleskopy iberiji antenna hökmünde hem ulanyp bolýar. Şeýle düzgünde işlenip Güni, Aýy we Gün ulgamynyň planetalaryny radiolokasiýa etmek boýunça ajaýyp tejribeler geçirildi. Bu radioteleskopyň kömegi bilen *Leňneç dumanlygynda* pulsaryň şöhlelenmesiniň periodikligi ölçenildi. Şuňa meňzeş ölçegler beýleki asman jisimlerinde hem geçirildi. Bu barlaglar neýtron ýyldyzlarynyň barlygyny tassyklady. Bu radioteleskopyň kömegi bilen *PSR B1913+16* (1978 ý.) *ilkinji ikileýin pulsar* açyldy.



198-nji surat. FAST radioteleskopy (Hytaý)

12. *Aperturaly sferiki teleskop (gysgaça FAST teleskopy) (Hytaý) (198-nji surat)*. 2016-njy ýylyň sentýabr aýynda Hytaýda diametri 500 m bolan *aperturaly sferiki teleskop* (gysgaça *FAST teleskopy*) işe girizilensoň Puerto-Rikodaky *Aresibo observatoriýasy* özüniň dünýäde iň uly aperturaly radioteleskopy adyny ýitirdi. Ol dünýäde iň uly radioteleskop bolar, onuň gurluşygyna 180 million amerikan dollary harçlandy. *Sinhua* agentliginiň habar bermegine görä bu radioteleskop Hytaýyň gunortasynda Guýçžou welaýatynda guruldy. Bu ra-

dioteleskopyň duýgurlygy *Aresibo observatoriýasynyň* duýgurlygyndan üç esse uly bolar. Äpet *FAST* teleskopy 4450 sany üçburçluk plastinalardan ybarat bolup, onuň meýdany 30 sany futbol meýdançasynyň meýdanyna deň. Plastinalaryň ornuny üýtgedip tarelkanyň üstüniň meýdanynyň görnüşini üýtgedip bolýar. Bu bolsa ýyldyz asmanynyň iň köp bölegini öwrenmäge mümkinçilik berer. Astronomlaryň pikirine görä *FAST*-yň kömegi bilen Älemi 7 münä ýagtylyk ýylyna barabar çuňlulkda öwrenip bolar we münlerçe Galaktikalary açmaga mümkinçilik bolar. *FAST* 20–30



199-njy surat. Habbl teleskopy

ýylyň dowamynda dünýäde iň güýçli teleskop bolar, sebäbi beýleki ýurtlarda, häzirikçe, Ýer üstünde şeýle ölçegli teleskoplar meýilleşdirilmeýär.

Iň kuwwatly teleskop haýsy? Muňa jogap bermek kyn, sebäbi bir ýagdaýda burç boýunça çözüjilik möhüm, beýleki ýagdaýda – ýagtylyk kuwwaty, infragyzył, radio-ultramelewşe, rentgen diapazonlar we ş.m. Eger diňe görünýän diapazon bilen çäklensek, onda iň kuwwatly teleskoplaryň biri hökmün-



de, Edwin Habblyň hormatyna «*Habbl*» diýlip atlandyrylan kosmos teleskopyny görkezmek bolar (199-njy surat).

Atmosferanyň täsiriniň doly ýoklugy sebäpli, 2,4 m diametrde onuň çözüjilik ukyby, Ýerde ýerleşen ýagdaýyndaky bilen deňeşdirilende, 7–10 esse uludyr. Bu teleskop häzirki wagtda dünýäde iň uly kuwwatly teleskop bolup, 1990-njy ýylyň 24-nji aprelinde Ýeriň orbitasyna çykarylady (bahasy 2,5 milliard amerikan dollary).

«*Habbl*» teleskopy NASA-nyň we Ýewropa kosmiki agentliginiň bilelikdäki taslamasydyr. Ol NASA-nyň uly observatoriýalarynyň sanyna girýär.

Bu teleskop 1990-njy ýyldan bäri birnäçe gezek *Mars planetasynyň* suratyny aldy. Ol Marsyň üstünde uzynlygy 30 kilometre barabar bolan obýektleriň suratyny almagy başardy. Bu suratlarda onuň üstünde we atmosferasynda bolup geçýän üýtgeşmeleri: hereket edýän ýuka bulutlary, tozan tupanlaryny we üýtgeýän buz polýar «telpeklerini» görmek bolýar.

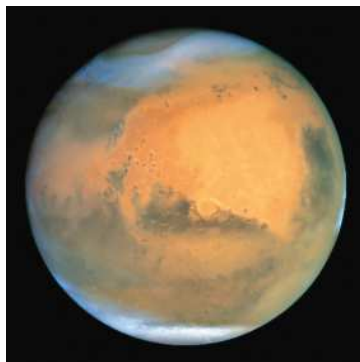
200-nji suratda 2016-njy ýylyň 23-nji maýynda *Mars planetasynyň* «*Habbl*» kosmos teleskopy tarapyndan düşürilen örän täsir ediji suraty getirilen.

2018-nji ýylda bu teleskopy has kuwwatly «*Jeyms Webb*» – *JWST teleskopy* çalşar. Onuň aýnasy birnäçe böleklerden ybarat bolup, fokus aralygy 131,4 metr, diametri, takmynan 6,5 metr bolar. Indiki bu iň kuwwatly kosmos teleskopyny Ýeriň hemişelik kölegesinde, *Gün – Ýer ulgamynyň Lagranž L2* nokadynda ýerleşdirmek meýilleşdirilýär.

Alymlar topary «*super Habbly*» – ýokary çözüjilikli kosmos teleskopyny gurmaklygy teklipe edýärler. Bu teleskop öňki «*Habbl*dan» 100 esse kuwwatly bolar. Onuň teleskopy 54 bölekden düzülen diametri 12 metr bolan aýnadan ybarat bolar. Bu kosmos teleskopy Ýerden 1 mln kilometr uzaklykdaky orbitada hereket eder we Ýer atmosferasynyň täsiri bolmadyk Älemiň şekilini alar.

Onuň takyk bahasy belli däl hem bolsa ony gurmak we uçurmak üçin birnäçe milliard dollar gerek bolar diýip çaklanylýar. Bu taslama alymlar topary tarapyndan Waşingtonda ýerleşen *Astronomiýadan barlaglar boýunça uniwersitetleriň Assosiasiasyna* berildi.

Alymlaryň aýtmagyna görä, bu teleskop ýokary kuwwatly bolup, ol Ýerden 30 mln ýagtylyk ýyly uzaklykda ýerleşen, biziň Günümüze meňzeş ýyldyzlary surata düşürüp, Älemiň has ýokary hilli we dury suratyny alyp biler. Bu teleskop bizden milliard ýagtylyk ýyly uzaklykda ýerleşen Galaktikalary görkezip biler («*Habbl*» teleskopy bizden onlarça million uzaklykda ýerleşýän Galaktikalary görkezip bilýär).



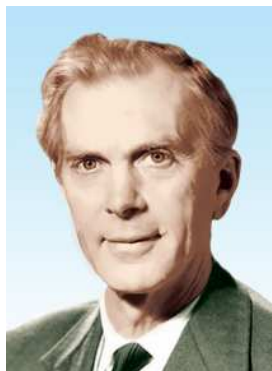
200-nji surat. «*Habbl*» teleskopy tarapyndan düşürilen Mars planetasynyň suraty

Mundan başga-da täze teleskop alymlara uzakdaky planetalaryň atmosferasyny, üstüni we klimatyny, ýaşayşyň bolmak ähtimallygyny, Galaktikalaryň töweregin-däki gazlary we ýyldyzlaryň emele gelmeginde bu gazlaryň ähmiýetini öwrenmäge mümkinçilik berer.

Ýakyn onýyllykda döretmeklik meýilleşdirilýän teleskoplar barada 30.4.4-nji bapda gürrüň berler.

## 23.2. Radiointerferometrler we apertura sintez usulynyň döremegi

1950-nji ýylda burç boýunça has ýokary çözüjiligi almak üçin astronomlar radiointerferometrleri ulanyp başladylar. *Radiointerferometrler* biri-birinden daşlaşdyrylan we öz aralarynda kabel aragatnaşyk geçirijileri bilen baglanyşan, azyndan iki antennadan ybarat bolan abzallardyr. Olary ulanmak bilen köp radioçeş-meleriň takyk koordinatalaryny kesgitlemek mümkin boldy. *Radiointerferometrleri ulanyp burç boýunça ýokary çözüjiligi almak usulyna apertura sintez usuly diýil-ýär.* Apertura sintez usuly 1959-njy ýylda M. Raýl we onuň egindeşleri tarapyndan hödürlendi. Iki antennany biri-birinden birnäçe tolkun uzynlygy aralygynda ýerleş-dirip, Raýl olary bir kabul edijä birikdirdi. Bu ýönekeý radiointerferometri ulanyp ol, Gün tegmilleriniň radiotolkunlaryny goýbermekliginiň örän uly bolmadyk çäkke bolup geçýändigini kesgitledi.



201-nji surat.  
Martin Raýl

**Martin Raýl (1918–1984 ý.)** – iňlis radioastronomy (201-nji su-rat). Ol Oksfordda doguldy, Oksford uniwersitetini tamamlady. 1948–1959-njy ýyllar aralygynda Kembrij uniwersitetinde mugallymçylyk etdi, 1957-nji ýylda Mallard radioastronomiki obserwatoriýasynyň direktory, 1959-njy ýylda bolsa radioastronomiýanyň professory boldy. 1974-nji ýylda M. Raýl «ylmy gözegçilikleriniň netijeleri we oýlap tapyşlary, aýratyn-da, apertura sintez usulyny oýlap tapandygy üçin» fizikadan Nobel baýragyna mynasyp boldy.

Raýl 1939–1945-nji ýyllar aralygynda Telekommuni-kasiýa ylmy-barlag merkezinde harby maksatlar we radio-ulgamlar üçin göterilýän radary döretmek we kämilleşdir-mek boýunça işlere gatnaşdy. Ol astronomiki interferometrleri we apertura sintezini döretmek boýunça işlere ýolbaşçylyk etdi. 1946-njy ýylda Raýl ilkinji köp elemen-tli astronomiki interferometri gurnady.

1963-nji ýylda Raýl kuwwatly kompýuterleri ulanyp, 60 futluk ( $1 \text{ fut} = 0,305 \text{ m}$ ) paraboliki antennasy – serpikdirijisi bolan teleskopy gurnady. Bu antennalaryň iki sanysy biri-birinden 0,5 mil ( $1 \text{ mil} = 1610 \text{ m}$ ) aralykda hereketsiz, üçünjisi uzynlygy 2500 fut bolan hereket edýän platformada ýerleşdirildi. Bu üç antennaly teleskopyň kömegi bilen ilkinji gezek radiogalaktikalaryň gurluşlary alyndy.



Kosmosdaky radioçeşmeleri öwrenmek boýunça Raýlyň geçiren derňewleri, has intensiw radioçeşmeleriň käbirleriniň *kwazarlardygyny* görkezdi.

**Entoni Hýuiş (1924-nji ýylda doglan)** – iňlis radioastronomiýa (202-nji surat). Ol Foý şäherinde (Kornuoll graflygy, Angliýa) doguldy. 1943-nji ýylda Kembrij uniwersitetini tamamlady, 1946-njy ýylda Kembrij uniwersitetiniň Mallard radioastronomiki observatoriýasyna işe çagyrylýar, 1982-nji ýylda bolsa onuň direktory boldy. 1951-nji ýyldan başlap Hýuiş Kembrij uniwersitetinde mugallym bolup işleýär, 1971-nji ýylda Kawendiş barlaghanasynyň radioastronomiýa boýunça professory boldy. 1974-nji ýylda E. Hýuiş «*pulsarlary açmakda bitiren hyzmatlary üçin*» fizika boýunça Nobel baýragyna mynasyp boldy.



202-nji surat.  
Entoni Hýuiş

Hýuişin alan esasy ylmy netijeleri onuň 1964-nji ýylda ýerine ýetiren, kiçi burç ölçegli diskret radioçeşmeleriň ýylpyldysyny açmagy bilen baglanyşyklydyr. Ol radioakymlaryň çalt ýütgemesini bellige alýan guraly döret-di. Bu guralyň kömegi bilen Hýuiş radioçeşmeleriň ölçeglerini we Gün ýelleriniň häsiýetlerini öwrendi. Şuňa meňzeş ölçegleri geçirmäge niýetlenen radioteleskopyň kömegi bilen durnukly impuls şöhlelenmesi bolan pulsirleýji radioçeşmeler açyldy.

Indi, 1981-nji ýylda ABŞ-da döredilen, dünýäde iň belli we uly apertura sintez ulgamynyň – *VLA (Very Large Array – «Uly Antennaly Gözenek»)* işleýiş prinsipi bilen tanşalyň. *VLA* ulgamy Sokorronyň (Nýu-Meksika şaty) golaýynda 27 sany hereket edýän radioteleskoplardan ybarat. Bu teleskoplaryň hemmesi öz aralarynda kabeller ýa-da wolnowodlar bilen birikdirilen, şeýlelikde, 1 *sekunda* barabar çözüjilik gazanylýar. *VLA* interferometriniň kömegi bilen 150 *km* aralykda ýerleşen golf üçin niýetlenen şaryň ölçegi ýaly radioçeşmäni görmek bolýar. *VLA* radioteleskopynyň kömegi bilen dürli asman jisimlerini, hususan-da, Ýeriň golaýyndan geçýän kometalaryň düzümini, galaktikalary we galaktikalaryň toplumlaryny, kwazarlary, ionizirlenen wodorodyň çäklerini öwrenýärler. Bu teleskop planetara kosmos barlaghanalardan gelýän gowşak signallary kabul etmek üçin hem ulanylýar. Häzirki wagtda *VLA* teleskopyny kämilleşdirmek boýunça işler tamamlandy.

Älemde has güýçli radiosignallaryň çeşmeleri bolup *radiogalaktikalar (şöhle goýberýän galaktikalar)* we *kwazarlar* hyzmat edýärler. Häzirki döwürde olaryň ownuk böleklerini Ýer ýüzüniň dürli künjeklerinde goýlan radioteleskoplaryň torunyň kömegi bilen derňeýärler. Ýokary çözüjiligi üpjün edýän radioastronomiýadaky şeýle derňew usulyna *aşa uzyn bazaly radiointerferometriýa (Радиоинтерферометрия со сверхдлинной базой – RSDB)* diýilýär (iňlisçe *VLBI – Very Long Baseline Interferometry*). *RSDB* garaýşyny 1965-nji ýylda rus alymlary, RAN-yň akademigi Nikolaý Semenowiç Kardaşew (1932-nji ýylda doglan), L.I. Matweýenko we G.B. Şolomiskiý hödirlediler.

*RSDB-niň* esasynda döredilen birnäçe radioteleskoplaryň torunyň kömegi bilen ultragysga tolkunlar üçin (millimetr diapazonda) burçuň  $0,00003$  *sekundy* dejesinde çözüjilik gazanmak bolar. Munuň özi adamyň gözünüň çözüjiligidin million esse köpdür. Deňeşdirmek üçin, diametri  $100\text{ m}$  bolan ýeke antennaly radioteleskoplaryň  $7\text{ mm}$  tolkun uzynlygynda, aňryçäk burç çözüjiligi  $\sim 17''$ -ä deň. Bu bolsa uzakdaky radioçeşmelerin gurluşyny öwrenmek üçin ýeterlik däl. Optikada ýerüsti uly teleskoplaryň çözüjiliginin çägi  $\sim 1''$ -e deňdir.



203-nji surat. «Spektr-P» kosmos enjamynda oturdylan kosmos radioteleskopy

Russiýada *RSDB-niň* esasynda dünýäde iň uly Ýer-kosmos «*RADIOASTRON*» radioteleskopy H.S.Kardaşewiň ylmy ýolbaşçylygynda döredildi. Bu radioteleskop Ýerde ýerleşen radioteleskoplardan we «*Spektr-P*» kosmos enjamynda oturdylan kosmos radioteleskopdan ybaratdyr (203-nji surat).

Diametri  $10\text{ m}$  bolan kabul ediji parabolik antennaly bu kosmos radioteleskopy 2011-nji ýylyň 18-nji iýulynda Baýkonur kosmodromyndan uçuryldy. Bu kosmos radioobserwatoriýasy hemra bilen ýerüsti radioteleskoplaryň ulgamynyň bilelikde emele getirýän çäklerini öz içine alýan, ölçegi Ýer orbitasynyň ölçegine barabar bolan, ägirt uly interferometr ýaly işleýär. Bu interferometri ulanyp, örän ýokary çözüjiligi almak bolýar we asman jisimleriniň ýokary aýdyňlygy bolan şekillerini gurmak bolýar.

Ilkinji bir ýylda bu radioteleskopyň kömegi bilen galaktikalaryň 29 sany işjeň ýadrolaryna, 9 sany pulsarlaryna, 6 sany mazer çyzyklarynyň çeşmelerine gözegçilik edildi. Galaktikalaryň işjeň ýadrolaryny öwrenýän halkara topar bilen  $6,2\text{ sm}$  tolkun uzynlykda,  $0716+714$  çalt üýtgeýän işjeň galaktikanyň ilkinji şekili alyndy.

### 23.3. Relikt şöhlelenmäniň açylmagy



204-nji surat.  
Edwin Habbl

XX asyryň astrofizikasynyň esasy üstünlikleriniň biri, 1929-njy ýylda amerikan astronomy E.Habbl tarapyndan ýüze çykarylan Galaktikalaryň giňelmeginiň tizligi baradaky hadysasydyr.

**Edwin Pauell Habbl (1889–1953 ý.)** – amerikan alymy (204-nji surat). Ol ABŞ-da Missuri ştatynyň Marşwil şäherinde doguldy. Çikago uniwersitetinde we Angliýanyň Korollyk jemgyýetinde bilim aldy. 1914–1917-nji ýyllarda Ýerk obserwatoriýasynda, 1919-njy ýyldan başlap Maunt-Wilson obserwatoriýasynda işledi. 1927-nji ýyldan başlap Waşingtondaky Milli Ylymlar akademiýanyň agzasy boldy.

E. Habbl kosmosyň gurluşyna düşünmäge has önjeýli goşant goşan XX asyň görnükli astronomlarynyň we kosmologlarynyň biridir.

E. Habblyň esasy işleri galaktikalary öwrenmeklige bagyşlanan. 1922-nji ýylda ol görüňän dumanlyklary *galaktikalardan daşgary we galaktiki (gaz-to-zan) toparlara* bölmekligi hödürledi. 1924–1926-njy ýyllarda ol Ýere golaý ýerleşýän galaktikalaryň fotosuratlarynda ýyldyzlaryň barlygyny ýüze çykardy we şunlukda olaryň Galaktikamyza meňzeş ýyldyz ulgamlarydygyny subut etdi. 1935-nji ýylda ol *N1373 belgili asteroidi açdy we ony «Sinsinnati» (1373 Sinsinnati)* diýip atlandyrdy. Habblyň hormatyna 1955-nji ýylda açylan N2069 belgili asteroid Habbl diýip atlandyryldy (2069 *Habbl*). Şeýle hem 1990-njy ýylda Ýer orbitasyna çykarylan belli kosmos teleskopy «*Habbl teleskopy*» diýip atlandyryldy.

E. Habbl biziň Galaktikamyzdan (*Akmaýanyň ýoly*) başga-da beýleki galaktikalaryň hem bardygyny tassyklap, Äleme düşünmek baradaky garaýşy düýpli üýtgetdi. 1929-njy ýylda ol uzakda ýerleşen galaktikalaryň ýagtylyk spektrlerinde görüňän *Dopler effektiniň* (bu ýagdaýda «*Gyzyl süýşme*» diýip atlandyrylýan effektiň) ululygynyň ol ýa-da beýleki galaktikanyň Ýerden uzaklygyna proporsionallykda artýandygy baradaky garaýşa hem seretdi. Bu proporsional baglylyk *Habblyň kanuny* hökmünde bellidir (iki ýyl öň bu açyşy belgiýaly alym Žorž Lemetr hem açypdy). Habblyň kanunyna görä Galaktikalaryň giňelmeginiň  $\vartheta$  tizligi olaryň arasyndaky  $R$  aralyga proporsionaldyr, ýagny  $\vartheta = HR$  (bu ýerde  $H$  – *Habblyň hemişeligi*). Bu kanun Älemiň durnuksyzlygyny ýüze çykarmak üçin hyzmat edýär.

Gyzyl süýşmäni *Dopler effekti* ýaly düşündirmeklik öň amerikan astronomy Westo Melwin Slayfer (1875–1969 ý.) tarapyndan aýdylypdy. E. Habbl onuň maglumatlaryndan peýdalanyldy. Emma E. Habbl bu maglumatlaryň düşündirilişi bilen ylalaşmady. Bu maglumatlary gaýtadan öwrenip E. Habbl ähli Älemiň masştabynda kosmos giňişligiň birjynsly we izotrop giňelmesinden ybarat bolan *giňişligiň Metrik giňelmegi* (*Älemiň giňelmegi*) nazaryýetini döretdi.

Eger Älemiň erkin alnan bir meňzeş göwrümlerinde galaktikalaryň deň sany ýerleşýän bolsa, onda Älem *birjynsly* diýilýär. Eger dürli ugurlar boýunça galaktikalaryň birmeňzeş sany ýerleşýän bolsa, onda Älem *izotrop* diýilýär.

*Relikt şöhlelenmäniň* manysyna düşünmek üçin Älemiň geçmişine seretmek gerek (30.3.1-nji baba seret). Giňelýän Älemiň modeline görä, foton döwrüniň soňunda *maddadan aýrylan ýylylyk şöhlelenmä relikt şöhlelenme* diýip atlandyrylýar.

Sowet we amerikan alymy G.A. Gamow gyzgyn Älemdaki nuklon sintezi nazaryýetini işläp düzdi we 1948-nji ýylda ýylylyk elektromagnit şöhlelenmesiniň (*relikt şöhlelenmäniň*) bardygy baradaky çaklamany önünden aýtdy. Relikt adalgany sowet fizigi I.S. Şklovskiý hödürledi.



205-nji surat. Iosif Samuilowicz Şklovskiý

**Iosif Samuilowicz Şklovskiý (1916–1985 ý.)** – sowet astronomy we astrofizigi (205-nji surat), SSSR Ylymlar akademiýasynyň habarçy agzasy (1966 ý.), Lenin baýragynyň eýesi. Ol Gluhowo şäherinde (Ukraina) doguldy. 1931-nji ýylda ol Akmolinsk şäherinde (Gazagystan) ýedi ýyllyk mekdebi tamamlady, 1931–1932-nji ýyllarda demir ýol gurluşygynda işledi. Şklovskiý ilki Uzak Gündogar uniwersitetinde, soňra Moskwa döwlet uniwersitetinde okady we ony 1938-nji ýylda tapawutlanan diplom bilen tamamlady. Şol ýyl ol *P.K. Şternberg adyndaky Döwlet astronom institutynyň* (GAIŞ) aspiranturasyna okuwa girdi. 1941-nji ýyldan başlap, Şklovskiý *GAIŞ-de* işledi we 1953-nji ýylda bu institutyň radioastronomiýa bölümüne ýolbaşçylyk etdi. Şol bir wagtda 1968-nji ýyldan başlap, kosmos barlaglary institutynyň işgäri boldy we 1969-njy ýylda häzirki zaman astrofizikasynyň mekdebini – P.K. Şternberg adyndaky Döwlet astronomiýa institutynyň radioastronomiýa bölümünü – esaslandyrdy. Onuň köp okuwçylary görnükli alymlar bolup ýetişdiler.

I. Şklovskiniň esasy ylmy işleri häzirki zaman ewolýusion astrofizika bilen baglanyşyklydyr. Ol Gün täjiniň mukdar nazaryýetiniň awtorydyr, Günün ionlaşma we radioşöhlenenme nazaryýetini döretdi we Gün radioşöhlenenmeleriniň generirlenme mehanizmini, ýagny Gün täjiniň içinden tizlenen bölejikleriň geçmegi netijesinde plazma yrgyldylarynyň döremegini düşündirdi (1944–1949 ý.). Şklovskiý hasaplamanyň kömegi bilen bitarap wodorodyň (tolkun uzynlygy 21 *sm*) radio-tolkunlarynyň intensiwligini şol döwürde (1949 ý.) bar bolan abzallaryň kömegi bilen kesgitlemek üçin ýeterlikdigini görkezdi. 1951-nji ýylda 21 *sm* tolkun uzynlyk açyldy. Bu bolsa ýyldyzara gurşawyň gurluşyny we dinamikasyny içgin öwrenmekligiň mümkindigini subut etdi.

Ol tolkun uzynlyklarynyň ähli diapazonynda *Leňneç dumanlygynyň* ýagtylanyşynyň periodikligini düşündirdi (1953 ý.). Aşa täze ýyldyzlaryň ýarylyşlaryndan soňky galyndylaryň radioşöhlenenmeleriniň *sinhrotron* tebigaty olaryň Galaktikadaky ilkinji kosmos şöhleleriniň esasy çeşmesidigini subut etdi. Şklovskiý planetara dumanlyklarynyň tebigatyny hem düşündirdi (1955 ý.). Ol planetara dumanlyklaryň *gyzyl Läheňleriň* ösüşiniň kanunalaýyk ýoludygyny beýan edýän ewolýusion modeli hödürledi.

Şklovskiý häzirki zaman astrofizikasynyň beýleki pudaklaryna degişli işleri (kwazarlaryň şöhlenenmesi, rentgen we gamma çeşmeleriniň tebigaty) ýerine ýetirdi, astronomiki kosmos barlaglary meýilleşdirmek işlerine («*Emeli kometa*» tejribesi, 1960 ý.) işjeň gatnaşdy. Onuň «*Älem, ýaşayyş, paýhas*» atly kitaby birnäçe gezek çap edildi. Ol kitabynda Ýeriň çäginde daşarda ýaşayşyň bardygyny baradaky meselä ünsi çekýär.

**Georgiý Antonowicz Gamow (1904–1968 ý.)** – sowet-amerikan fizigi-nazaryýetçisi (206-njy surat), astrofizik. Ol Odessada doguldy. Ol Odessa (rewolýusiýadan öň Imperator Noworossiýskiý)

uniwersitetinde, soňra Petrograd (1924-nji ýyldan başlap, Leningrad) uniwersitetinde okady we ony 1926-njy ýylda tamamlady. 1931–1933-nji ýyllarda A. Ioffäniň çakylygy boýunça SSSR Ylymlar akademiasynyň Leningrad şäherindäki Fizika-tehnika institutynyň ýadro fizikasy bölüminiň maslahatçysy we bir wagtda Döwlet radiý institutynyň (Leningrad ş.) uly radiology bolup işledi. Ýadro prosesleri bilen kosmologiýanyň arasyndaky baglanyşyk bilen gyzyklanyp, Gamow 1933-nji ýylda Brýusselde geçirilen Solmeýew kongresiniň işine gatnaşdy we SSSR-e gaýdyp gelmedi. 1934-nji ýylda ol ABŞ-a geçýär we 1956-njy ýyla çenli Jorj Waşington uniwersitetiniň professory, 1956-njy ýyldan başlap, Kolorado uniwersitetiniň professory bolup işledi.



206-njy surat. Georgiy  
Antonowich Gamow

G.A. Gamow, R. Gernä we E. Kondona bagly bolmazdan, alfa dargamanyň kwant-mehaniki nazaryýetini dörettdi. Ol energiýasy örän uly bolmadyk bölejikleriň hem käbir kesgitli ähtimallyk bilen potensial päsgelçilikden geçip bilýändigini (*tunnel effekti*) görkezdi. Ýadro prosesleri we kosmologiýanyň arasyndaky baglanyşyk bilen gyzyklanyp, Gamow 1937–1940-njy ýyllarda termoyadro energiýa çeşmeli ýyldyzlaryň *zygider nazaryýetini* dörettdi. 1942-nji ýylda ol E. Teller bilen bilelikde *gyzyl Läheňleriň* gurluşynyň nazaryýetini dörettdi. 1946–1948-nji ýyllarda Gamow neýtronlary zygider eýelemek bilen himiki elementleriň emele geliş nazaryýetini dörettdi.

1948-nji ýylda Fridmanyň giňelýän Älem nazaryýetine esaslanan G. A. Gamowyň «*Gyzgyn Älem*» işi çap edildi. A. A. Fridmana görä, ilki başda ýarylyş bolupdyr. Bu ýarylyş bütün Älem boýunça bir wagtda bolup geçipdir, giňişligi örän dykyz madda bilen dolduryp, ondan birnäçe milliard ýyllardan soň görünýän Älemiň jisimleri – Gün, ýyldyzlar, galaktikalar we planetalar, şol sanda Ýer we ondaky bar zatlar – emele gelipdir (30.3.1-nji baba seret). Gamow oňa dünýäniň başlangyç maddasy diňe bir örän dykyz bolman, onuň örän gyzgyn hem bolandygyny hem goşdy. Gamowyň pikirine görä, irki Älemiň gyzgyn we dykyz maddasynda ýadro reaksiýalary geçipdir we bu ýadro gazanynda birnäçe minutyň dowamynda ýeňil himiki elementler sintezirlenipdir. Bu nazaryýetiň örän önjeýli netijesi şöhlelenmäniň kosmiki fonunyň barlygy baradaky çaklama boldy. Termodinamikanyň kanunlary boýunça elektromagnit şöhlelenmesi irki Älemiň «gyzgyn» eýýamynda gyzgyn madda bilen bilelikdedi. Bu şöhlelenme Älemiň umumy giňelmesinde-de ýitmedi we diňe güýçli sowadylan ýagdaýda häzirki wagtda hem bardyr. Gamow we onuň işgärleri bu galyndy şöhlelenmäniň häzirki temperaturasynyň bahasyny, takmynan, bahalandyrmagy başardylar. Olara görä, bu ululyk absolýut nola golaý bolan örän pes temperatura alyndy. Älemiň parametrleri barada ähtibarsyz astronomik we ýadro hemişelikleri baradaky maglumatlaryň azlygy sebäpli, bu temperatura 1–10 K aralygynda bolmaly. 1950-nji ýylda ylmy makalalarynyň birinde (Physics Today,



1950, №8) Gamow kosmiki şöhledenmäniň temperaturasynyň 3 K-e deň bolmalydygyny aýtdy.

Öňe gidip aýtsak, 1964-nji ýylda amerikan radioastronomlary A. Penzias we R. Wilson kosmiki şöhledenmäniň fonuny açdylar we onuň temperaturasyny ölçədiler. Bu temperatura takyk 3 K-e deň boldy. Kosmologiýadaky bu açyş 1929-njy ýylda Habblyň Älemiň umumy giňelmesi baradaky açyşyndan soň uly açyşlaryň biri boldy. Gamowyň nazaryýeti tejribede doly tassyklandy.

1954-nji ýylda Gamow biologiýa bilen gyzyklanyp başlady. Ol ilkinji bolup *genetiki kod konsepsiýasyny* hödürledi. Bu çaklama molekulýar genetikanyň soňky ösüşleri bilen tassyklandy.



207-nji surat. Robert  
Henri Dikke

**Robert Henri Dikke (1916–1997 ý.)** – amerikan fizigi-eksperimentatory (207-nji surat), 1967-nji ýyldan bäri ABŞ-nyň Milli Ylymlar akademiýasynyň agzasy. Ol ABŞ-nyň Sent-Luis şäherinde doguldy. Dikke astrofizika, atom fizikasy, kosmologiýa we gravitasiýa boýunça belli işleri ýazdy. *Paýlanan parametrli elektrik zynjyrlarynyň nazaryýetini* döredijileriň biri.

1964-nji ýylda G. Dikke (1916–1997 ý., ABŞ) relikt şöhledenmesini açmaga ýakynlaşdy. Onuň garaýyşlary köp gezek giňelýän we gysylýan «*osillirleýji*» *Älem* nazaryýetine esaslanýan hem bolsa, Dikke relikt şöhledenmesini gözlemelidigine anyk düşüňýärdi. Onuň görkezmesine görä, 1965-nji ýylyň başynda ýaş nazaryýetçi Jim Pibls (1935-nji ýylda doglan) zerur bolan hasaplamalary geçirdi.

1960-njy ýylda Krouford-Hillede (Holmdel, Nýu-Jersi ştaty, ABŞ) *hemra* – *ballon* «*Eho*»-dan serpigýän radiosignallary kabul etmek üçin antenna guruldy. 1963-nji ýylda *hemra* bilen işlemek üçin bu antennanyň zerurlygy bolmady we amerikan inženerleri Arno Allan Penzians we Robert Wudro Wilson (ikisi hem *Bell Labs kompaniýasyndan*) ony radioastronomik gözegçilikleri etmek üçin ulandylar.



208-nji surat.  
Arno Allan Penzias

**Arno Allan Penzias (1933-nji ýylda doglan)** – amerikan astrofizigi (208-nji surat), fizika boýunça Nobel baýragynyň eýesi (1978 ý.). Ol Mýunhende doguldy. 1940-njy ýylyň başynda onuň maşgalasy Nýu-Yorka geçýär. 1947-nji ýylda Penzias Bruklin tehniki mekdebe okuwa girýär. 1956-njy ýylyň ahyrynda ol Kolumbiýa uniwersitetiniň aspiranturasyna okuwa girýär.

A. Penzias Ç. Taunsiň ýolbaşçylygynda mikrotolkunly kabul edijide güýçlendiriji hökmünde ulanylan *mazeri* ýyg-nady. 21 *sm* tolkun uzynlygyna hasaplanan mazer Galakti-

kalardaky wodorodyň mukdaryny hasaplamaga mümkinçilik berdi. Emma alnan spektrde wodorodyň çyzyklary ýokdy. Penzias we Wilson radioastronomik teleskopyň kömegi bilen mikrotolkunly relikт şöheledenmäni kesgitlediler.

Penzias ýyldyzara molekulýar wodorodyň gurluşyny, ýyldyzara giňişlikde we Ýerde molekulalaryň izotop düzümini kesgitledi.

**Robert Wudro Wilson (1936-njy ýylda doglan)** – amerikan radioastronomy (209-njy surat). Ol Hýuston şäherinde (Tehas ştaty, ABŞ) doguldy, fizika boýunça Nobel baýragynyň eýesi (1978 ý.). Kaliforniýa tehnologik institutynyň (ABŞ) aspiranty boldy. 1962-nji ýylda doktorlyk dissertasiýasyny gorady. Soňra ol *Bell kompaniýasynyň* barlaghanasyna işe geçýär we täze antennanyň kömegi arkaly, Penzias bilen bilelikde, relikт şöheledenmäni ýüze çykardylar. Alymlar 7,35 *sm* tolkun uzynlygynyda Galaktikamyzyň ýyldyzara gurşawynyň radioşöhledenmesini öwrenmegi meýilleşdirdiler. Penzias we Wilson gyzgyn Älem baradaky nazaryýeti bilmeýärdiler, şonuň üçin olar relikт şöheledenmäni gözlemekligi niýet etmeýärdiler.



209-njy surat. Robert Wudro Wilson

1964-nji ýylda Penzias we Wilson, ugruna bagly bolmazdan, 7,35 *sm* tolkun uzynlygynyda köp mukdarda mikrotolkun galmagalyny kabul etdiler. Olar bu «*statiki fonuň*» gije-gündize we soňra onuň ýylyň paslyna hem bagly daldigini kesgitlediler. Päs-gelçiligiň ähli çeşmeleri ykjam derňelenden we hasaba alnandan soň, Penzias we Wilson şöheledenmäniň kosmosdan, şunlukda, ähli tarapdan we birmeňzeş intensiwlikde gelýändigini tassykladylar. Diýmek, *kosmos giňişligi 2,5 K-dan 4,5 K temperatura çenli gyzdyrylan ýaly şöhle goýberýär* diýlen netijä geldiler.

Şeýlelikde, *giňelmegiň başynda Älemiň gyzgyn bolandygyny subut edýän ajaýyp açyş edildi*. 1976-njy ýylda Wilson «*Bell*» kompaniýasynda radiofiziki barlaglar bölüminiň müdirligine bellenýär. Wilson Holmdel desgasynda *Akmaýanyň ýolunda* gara gaz bulutlaryny barlady.

1978-nji ýylda Penzias we Wilson «*Mikrotolkuny relikт şöheledenmäni açandyklary üçin*» fizika boýunça Nobel baýragyna eýe boldular. Baýragyň ikinji ýarymyna «*fizikanyň pes temperaturalar çäginde düýpli barlaglary we açyşlary üçin*» P.L. Kapisa eýe boldy.

Soňky ýyllarda dürli tolkun uzynlyklarynda (onlarça santimetrden millimetriň ülüşlerine çenli) relikт şöheledenmäniň köpsanly ölçegleri geçirildi. Gözegçilikleriň görkezşiine görä onuň spektri Plankyň formulasyna gabat gelýär. Kesgitli temperaturaly şöheledenme üçin bu şeýle hem bolmaly. Bu temperaturanyň, takmynan, 3 *K*-a deň bolmalydygy hem tassyklandy. Soňra relikт şöheledenmäniň takyk ölçegleri kosmosda geçirildi. Bu ölçegler «*Relikt-1*» tejribesi ady bilen «*Prognoz-9*» sowet hemrasynda (1983–1984 ý.) we «*DMR*» tejribesi ady bilen «*COBE*» amerikan hemrasynda (1989–1993 ý.) geçirildi. Soňky tejribede relikт şöheledenmäniň takyk temperaturasyny almak başartdy:  $2,725 \pm 0,002 \text{ K}$ .

## 23.4. Relikt şöhlenmāniñ anizotropiýasy

Asmanda dürli ugurlar boýunça relikt şöhlenmāniñ temperaturasynyň dürli bolmaklygyna relikt şöhlenmāniñ anizotropiýasy diýilýär. Ol SSSR-de «Prognoz» (1983–1984 ý.) kosmos enjamlarynyň kömegi bilen «Relikt-1» tejribelerinde açyldy. Relikt-1 tejribesi «Prognoz-9» hemrasynda geçirildi. Hemranyň enjamlary asman sferalaryny kartograflaşdyryp ýarym ýyl işledi. Netijede, asmanyň 8 mm tolkun uzynlykda ähli kartasy alyndy.

1992-nji ýylyň ýanwarynda GAIŞ-iň (P.K.Şternberg adyndaky Döwlet astronomiýa institutynda) ylmy maslahatynda toparyň adyndan (bu topara A.A.Brýuhanowdan başga tejribäniň ýolbaşçysy I.A.Strukow, D.P.Skulaçew we M.B.Sazin girýärdiler) A.A.Brýuhanow relikt şöhlenmāniñ anizotropiýasynyň açylandygyny habar berdi.

Şol döwürde NASA tarapyndan (ABŞ) döredilen «COBE» (Cosmic Background Explorer – kosmos fony barlaýjy) kosmos enjamy iki ýyldan bäri relikt şöhlenmāni öwrenýärdi. Prognoz-9-dan tapawutlylykda COBE hemrasy köp ýygyllykly we köp maksatly abzaldy.

«COBE» hemrasynyň ylmy toplumlaryna seredeliň:

1. «DMR» (Differential Microwave Radiometr – differensial mikrotolkunly radiometr) esasy ylmy toplum bolup (ylmy ýolbaşçysy Jorj Smut (1945-nji ýylda doglan)), 32; 53 we 90 GGs ýygyllyklara düzülen birnäçe radiometrlerden ybaratdyr. Diňe bu toplum relikt şöhlenmāniñ anizotropiýasyny kesgitlemäge niýetlenendi.

2. «FIRAS» (Far InfraRed Absolute Spectrophotometer – uzyn tolkunly infragyzyl absolýut spektrofotometr) ylmy toplumyň esasy meselesi asmanyň 1000 böleginiň her haýsysynda relikt şöhlenmāniñ spektrini 100 mkm-den 1 sm-e çenli diapazonda ölçemekdir. Absoýut gara jisimiň spektrinden gysarma 1/1000 takyklyk bilen ölçenildi. «FIRAS» taslamasynyň ylmy ýolbaşçysy Kromwell Mazer (1946-njy ýylda doglan).

3. «DIRBE» (Diffuse InfraRed Background Experiment – diffuzly infragyzyl fony ölçeýji) ýyldyzlardan we «irki Älemiň» galaktikalaryndan gelýän gowşak ýagtylanmalary detektirmek üçin ulanyldy.

1992-nji ýylyň aprelinde J. Smut metbugat konferensiýasynda relikt şöhlenmāniñ anizotropiýasynyň açylandygyny aýtdy. Tiz wagtdan beýleki ylmy-barlag toparlary orta burç masştablarynda relikt şöhlenmāniñ anizotropiýasynyň bardygyny tassykladylar. Bu tejribeler ýerüsti radioteleskoplaryň we ballonly (howa şarlarynyň kömegi bilen amala aşyrylýan) tejribeleriň kömegi bilen amala aşyryldy. 2006-njy ýylda amerikan fizigi Jon Kromwell Mazer (1946-njy ýylda doglan) we amerikan astrofizigi we kosmology Jorj Fusžerald Smut (1945-nji ýylda doglan) «Relikt şöhlenmāniñ energetik spektriniñ anizotropiýasyny we garajisimli gurluşyny açandyklary üçin» fizika boýunça Nobel baýragyna eýe boldular.

«Relikt-1» we «COBE» hemralary bilen geçirilen ilkinji gözegçilikleriň burç boýunça çözüjiligi uly däl, takmynan,  $7^\circ$ -a deňdi. Şoňa görä-de bu enjamlar tarypandan alnan reliktdiň şöhlelenmeginiň fluktuasiýalary baradaky maglumatlar doly däl.

«WMAP» (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*) hemrasy asman sferasy boýunça reliktdiň şöhlelenmeginiň intensiwliginiň paýlanyşynyň jikme-jik kartasyny düzmege başardy. Bu maglumatlaryň esasynda häzirki wagtda kosmologik nusgalary we galaktikalaryň ewolýusiýasy baradaky garaýyşlary takykklamak boýunça işler alnyp barylýar. Mundan başga-da örän uly takyklyk bilen köpsanly möhüm kosmologik parametrleri (meselem, *Habblyň hemişeligi*  $R = 7,2 \pm 2 \text{ km/s/Mpk}$ , *Älemiň ýaşı*  $- 13,4 \pm 0,3 \text{ mlrd ýyl}$  we beýlekiler) kesgitlemek başardy.

«COBE» we «WMAP» kosmos enjamlary – barlaghanalary kosmologiýanyň, şeýle hem elementar bölejikleriň fizikasynyň ösmekligine getirjek barlaglary geçirýär. Häzirki zaman kosmos barlaglarynyň esasy maksady reliktdiň şöhlelenmeginiň döran pursatlarynda Älemiň ewolýusiýasynda nämäniň bolup geçendigini takyk kesgitlemekdir.

Ýakynda mikrotolkunly fonuň wariasiýasyny öwrenmek üçin döredilen Ýewropa kosmos agentliginiň «Plank» astronomik hemrasy 15 aý işländen soň, 2010-njy ýylyň 26-njy noýabrynda öz işini tamamlady. Ol 2009-njy ýylyň 14-nji maýynda Kuru kosmodromyndan «Arian-5» raketagöterijiniň bortunda «Gerşel» orbital infragyzyly teleskopy bilen bilelikde uçurylypdy.

«Plank» hemrasynda radioölçeýji abzallaryň iki topary oturdyldy:

*Birinjisi*, 4 sany radiometrden ybarat topar. Bu abzallar asmany 30 GGs ýyglykdan 100 GGs ýyglyklar arasynda gözegçilik etmek üçin niýetlenen. Muňa pes ýyglyklaryň gurallary hem diýilýär.

*Ikinjisi*, 6 sany balometrlerden (ýylylyk şöhlelenmelerini kabul ediji) ybarat topar. Ol ýokary ýyglyklaryň guraly diýlip hem atlandyrylýar we 100 GGs-den 857 GGs ýyglyga çenli asmanyň kartasyny düzmek üçin niýetlenen. Hemranyň enjamlarynyň duýgurlygy «COBE» hemradakydan, takmynan, 30 esse uludyr, ölçegleriniň takyklygy bolsa gradusyň baş millionyndan bir üleşine ( $1/5\,000\,000$ ) deňdir. Bu galaktikalaryň we galaktikalaryň toplumlarynyň goşyan reliktdiň şöhlelenmeleriniň tempereturasynyň örän gowşak fluktuasiýalaryny hem bellige almağa mümkinçilik berýär. Bu takyklyk giňişlik – wagtda egriligini, massanyň we energiýanyň paýlanyşynda garaňky energiýanyň we adaty maddanyň goşantlaryny hasaplamaga mümkinçilik berer.

Jemläp aýdanymyzda, radioastronomiýa astofiziki barlaglaryň öndäki hatarynda ýerleşýär. Ol örän duýgur şöhlelenmeleri kabul ediljilere eýe bolup, Älemiň has uzakda ýerleşen nokatlaryny öwrenýär.

Häzirki zaman radioastronomiýa has ýokary burç çözüjiligi hem üpjün edýär. Älemiň ajaýyp we heniz köpsanly näbelli nokatlarynyň ýokary duýgurlykly we ýokary hilli radioastronomiki barlaglary, gürüňsiz täze açyşlara getirer.

### 23.5. Pulsarlaryň açylmagy

Indi ilkinji pulsaryň açylyş taryhyna seredeliň. Geçen asyryň 60-njy ýyllarynyň ortalarynda Angliýanyň radioastronomlary ilkinji gezek asmanyň demirgazyk ýarym şarynda 75 *sm* tolkun uzynlykda ýylpyldaýan radioçeşmeleri ýüze çykarmak boýunça işleri geçirdiler. Gözegçilikleri derňemek boýunça işleri Kembrij uniwersitetiniň aspiranty Joselin Bell Bernelle (1943-nji ýylda doglan) tabşyrdylar. Onuň ylmy ýolbaşçysy we maksatnamanyň guramaçysy Entoni Hýuişdi (1924-nji ýylda doglan). 1967-nji ýylda Gün täjiniň uzakda ýerleşen nokatlanç çeşmelerden gelýän şöhlelenmä täsirini derňemek üçin meridian radioteleskopy guruldy. J. Bell onuň kömegi bilen 3,5 *m* tolkun uzynlygynda signalynyň amplitudasy çalt we duýarlykly üýtgeýän radioçeşmeleri gözledi. Bir gezek ol, ýylpyldaýan çeşmeleriň bolmaýan wagtynda, ýagny gijäniň ýarynda, çalt üýtgeýän çeşmäni – «*päsgelçilikleri*» tapdy.

Hýuiş, Bell we Kembrij toparynyň beýleki agzalary uly tizlikli özi ýazýan abzalda bu galmagaly ýazdylar. Olar bu täsin signalyň, gaýtalanýş takyklygy örän üýtgeşik bolan, periodik gysga impulslardygyny ýüze çykardylar. Hatda, ilki başda astronomlar başga siwilizasiýasynyň signallaryny ýüze çykardy diýip hasapladylar. Periodik signalyň ilkinji ýörite ýazgysy 1967-nji ýylyň 28-nji noýabrynda edilipdi, onuň açylyşy baradaky maglumat bolsa 1968-nji ýylyň fewralynda çap edildi. Bu wagtyň dowamynda Bell ýene-de şuna meňzeş çeşmeleriň ýazgysyny etdi. Şöhlelenmeginiň impuls häsiýetlidigine görä olary *pulsarlar* diýip atlandyrdylar. Impuls-lar biri-biriniň zyndan, örän takyk 1,34 *s* period bilen gaýtalanýardylar.

Bu açyşdan soň dünýäniň uly radioobserwatoriýalary pulsarlaryň gözlegine başladylar. 2008-nji ýyla çenli 1790 sany radiopulsar belli boldy. Olaryň iň golaýy Günden 390 *ýagtylyk ýyly* aralykda ýerleşýär. *Leňneç dumanlygynda* ýerleşen PSR B0531+21 pulsary has-da, içgin öwrenildi. Ol sekuntda 30 aýlaw edýär (pulsaryň periody 0,033 *s* deň). Ol mun ýyl ön emele gelipdir (*Öküzçe ýyldyzlar* toparynda aşa täze ýyldyzyň birden ýüze çykmasyna 1054-nji ýylda Ýerde gözegçilik edipdirler).

Pulsarlaryň açylmazyndan üç ýyl ön, N.S. Kardaşew (SSSR) *Leňneç görnüşli dumanlykda* neýtron ýyldyzynyň magnit meýdanynyň generirlenmegini açypdy. *Leňneç görnüşli dumanlykda* pulsaryň şöhlelenme nazaryýetini 1970-nji ýylda I.S. Şklovskiý (SSSR) ösdürdi.

1968-nji ýylda inlis astronomy Tomas Gold (1920-2004 ý.) pulsaryň, soňra tassyklan nazaryýetini hödürledi. Bu nazaryýete görä, pulsar öz okunyň daşynda çalt aýlanýan, güýçli magnit meýdany ( $10^{12} \div 10^{13}$  *Gs*) bolan neýtron ýyldyzdyr (deňeşdirmek üçin Ýeriň magnit meýdany 1 *Gs*). Pulsar aýlanýan, şöhle goýberýän seýreklenen gaz (plazma) buludy bilen gaplanandyr.

Häzirki wagtda neýtron ýyldyzlarynyň, agyr massaly uly ýyldyzlaryň ewolýusiýasynyň ahyrky fazasydygy kesgitlendi. Pulsarlar diňe bir radiodiapazondaky şöhleleri şöhlelendirmän, olar optiki, rentgen we gamma diapazondaky şöhleleri



hem şöhlelendirýärler. Häzir pulsarlary öwrenmeklik has kämilleşen teleskoplarda amala aşyrylýar, sebäbi olaryň impulsly şöhlelenmelerini bellige almak üçin has ýokary duýgurlyk zerurdyr.

1967-nji ýylda pulsarlaryň açylmagy ondan birnäçe ýyl öň açylan kwazarlar (*ilkinji 3C 48 kwazar* 1950-nji ýylyň ahyrynda A. Sendiž we T. Metýuz tarapyndan açylypdy) we relik şöhlelenme bilen bir hatarda radioastronomiýanyň ösüşiniň möhüm wakasy boldy.

Radioastronomiýanyň indiki beýik üstünlikleriniň biri *goşalaýyn pulsarlaryň* açylmagydyr.

1974-nji ýylyň 2-nji iýulynda aspirant R. Hals öz ylmy ýolbaşçysy J. Teýlor bilen Aresiboda 300 metrlik radioteleskopda gözegçilik geçirýärkä *Bürgüt ýyldyzlar toplumynda PSR B1913+16 goşalaýyn pulsary* açdylar. Bu *goşalaýyn pulsar* güýçli magnit meýdany bolan çalt aýlanýan aşa dykyz neýtron ýyldyzydyr. Ol periody  $\approx 6,75$  *sagat* bolan örän süýndürilen orbita boýunça hereket edýär. Şunlukda, pulsaryň hereketiniň orta tizligi  $\approx 200$  *km/s* barabardyr.

*Şwed Korollygynyň Ylymlar akademiýasynyň Nobel komiteti* 1993-nji ýylda amerikan astrofizikleri Jozef Hoton Teýlor-kiçini (1941-nji ýylda doglan) we Russel Alan Halsy (1950-nji ýylda doglan) «*Grawitasiýany öwrenmekde täze mümkinçilikleri döreden pulsarlaryň täze görnüşlerini açandyklary üçin*» fizika boýunça Nobel baýragy bilen sylaglady.

*PSR B1913+16 goşalaýyn pulsaryň* açylmagy ylmy jemgyýeti, aýratyn-da, astrofizikleri we umumy görälik nazaryýetiniň (*UGN*) hünärmenlerini tolgundyr-dy. Sebäbi, *goşalaýyn* radiopulsarlar *UGN-iň* netijelerini tejribede barlamak üçin ajaýyp obýektler ekeni. Bu *goşalaýyn* pulsarda belli relýatiwistik efektler: hereket edýän jisimde *wagtyň haýallanmagy we dartuw meýdanynda grawitasion gyzyň süýşme* derňeldi. Bu massasy  $1,4411 \cdot M_{\text{Gün}}$  bolan *goşalaýyn* pulsaryň massasyny has takyk hasaplamaga mümkinçilik berdi. 15 ýylyň dowamynda *PSR B1913+16 goşalaýyn* pulsara edilen gözegçilikler *UGN-iň* has gyzykly netijesini - *grawitasiýa tolkunlarynyň* bardygyny gytaklaýyn barlamaga mümkinçilik berdi.

*UGN-e* görä, orbita boýunça aýlanýan iki jisim energiýany alyp gidýär we orbital burç momentini üýtgedýän grawitasiýa tolkunlaryny şöhlelendirmelidir, netijede, orbita hemişe gysylmalydyr. Nazaryýet, *PSR B1913+16 goşalaýyn* pulsaryň parametrleri üçin, ýylda 75,8 *mikrosekunt* tizlik bilen orbital periodyň kemelmelidigini öňünden aýdýar. 1991-nji ýylda Teýloryň alan maglumaty boýunça bu baha bir ýylda  $76 \pm 0,3$  *mikrosekunda* deň boldy we nazaryýetiň netijelerini örän gowy tassyklady.

Häzirki wagtda ýene-de 40 sany *goşalaýyn* pulsarlar açyldy we olaryň käbirleri UON-i barlamak üçin barlaghana hökmünde ulanylyp bilner.

**24-nji bap. ARAGATNAŞYK SERIŞDELERINIŇ ÖSÜŞINIŇ  
BAŞLANGYÇ DÖWRI**

**24.1. Habarlaryň ýönekeý geçiriliş usullary**

Material we energiýa gorlaryndan tapawutlylykda maglumat gory, ulanmak netijesinde kemelmeýär-de, wagtyň geçmegi bilen köpeliýär, tehniki serişdeleriň kömegi bilen aňsat we ýönekeý işlenilýär, saklanylýar we daş aralyga geçirilýär. Kesgitlenişine görä, adamzat biliminiň göwrümi her on ýyldan iki esse artýar (deňeşdirmek üçin – kompýuterleriň kuwwaty her 1,5-2 ýyldan iki esse artýar).

Häzirki zaman radioelektronikasy we aragatnaşyk ulgamy ylmyň, tehnikanyň we önümçiligiň ähli pudaklaryndaky tehniki ösüşi kesgitleýär. Başgaça aýdylanda, dürli radiotehniki ulgamlaryň we gurluşlaryň kömegi bilen maglumatlary geçirmek, elektromagnit yrgyldylaryndan maglumatlary almak, işlemek, saklamak we maglumatlary şekillendirmek, dolandyrylýan iş ýerlerine buýruklary bermek, ölçeg we önümçilik ulgamlarynyň işleýişlerine gözegçilik etmek we dolandyrmak ýaly meseleler çözülýär. Radiotehnikada we aragatnaşyk tehnikasyn-da giňişlikde maglumatlary geçirmeklik elektromagnit yrgyldylarynyň (tolkunlarynyň) kömegi bilen amala aşyrylýar.

Ylmyň, tehnikanyň ösmegi adamzat ýaşaýşyny görüp-eşidilmedik derejede özgertdi. Biz radionyň we telewizoryň kömegi bilen oturan ýerimizden dünýä täzeliklerini we wakalary eşidýäris, görýäris, telefon arkaly islendik ýerdäki tanyşlarymyz bilen gürleşip bilýäris, kompýuteriň kömegi bilen Internet arkaly, dünýä maglumatlaryny alýarys.

Mundan sähelçe wagt öň hem ýagdaý düýbünden başgaçady. 180 ýyl mundan ozal Amerikanyň Prezidenti Linkolnyň janyna kast edilendigi baradaky habar Ýewropa iki hepdeden soň gelipdir. Emma Armstrongyň Aýa ayak basandygy baradaky habary bütün dünýä bir ýarym sekundyň dowamynda eşidip ýetişdi. Häzirki zaman aragatnaşyk serişdeleri şu günki derejesine çenli uzak taryhy ýoly geçdi.

Afrikanyň käbir ýurtlarynda ýaňy-ýakynlara çenli habarlar *tam-tam* diýlip atlandyrylýan deprekleriň kömegi bilen ýaýradylýpdyr. In esasy-da, berilýän habara dürli dillerde gepleýän taýpalar aňsatlyk bilen düşünişdirler.

Russiýanyň zenan imperatory Ýelizaweta täç geýdirilendigi baradaky habar Sankt-Peterburgdan Moskwa bellibir aralykda elleri baýdajykly, ýörite goýlan es-

gerler arkaly geçirilipdir. Imperatora täç geýdirilen mahaly wakanyň bolup geçen ýerine ýakyn aralykda duran birinji esger baýdajygyny galdyrypdyr, muny gören ikinji esger-de, bu hereketi gaýtalapdyr we beýleki esgerler tarapyndan hereketiň gaýtalanmagy netijesinde habar barmaly menziline ýetirilipdir.

Adam daşky dünýä baradaky maglumatlaryň örän köp bölegini elektromagnit tolkunlarynyň optiki diapazonyny ulanyp, göreji bilen kabul edýär.

Ýagtylyk tolkunlary arkaly amala aşyrylýan aragatnaşyga *optiki aragatnaşyk* diýilýär, Ol gadym wagtlardan bäri ulanylyp gelnipdir. Biz gadymy döwürlerde adamlaryň belent ýerlerde ot ýakyp, ýagtylyk arkaly bellibir habarlary biri-birine ýetirendiklerini bilýäris.

Taryhdan belli bolşy ýaly, *Troýadan* üstün çykylandygy baradaky habar Gadymy Gresiýa, häzirki zaman fiziki dilde aýdanymyzda, elektromagnit (ýagtylyk) tolkunlarynyň kömegi bilen – *ellinler* tarapyndan oýlanyp tapylyp, biri-birine görünýän aralykda ýerleşen, ýakylan otlaryň ulgamy arkaly ýetirilipdir. Bu barada Eshiliň «*Aramemnon*» pýesasynnda, Argosda patyşa köşgüniň depesinde duran gözegçi şeýle diýýär: «*Men Troýanyň ýykylandygy baradaky habary ýetirjek şertli ýagtylyga, ot sütünine garaşýaryn*». Ýeňişden soň oduň şeýle sütüni döredi. Şoňa görä-de, gadymy grekler aragatnaşygyň ilkinji «*radioreleýiň*» görnüşini (*radioreleý geçirijileri* – bu biri-birine 40–50 km aralykda ýerleşen, kabul ediji we iberiji stansiýalaryň zynjyrydyr) amala aşyrypdyrlar diýip aýtmak bolar.

Başga bir maglumat görä, *Marafon söweşi* tamamlanan badyna, grek esgeri gazanylan ýeňis baradaky habary Afina ýetirmek üçin ylgap gaýdýar. 42 kilometr 195 metr aralygy gysga wagtda geçen esger habary gowşurandan soň ýykylyp, aradan çykýar. «*Marafon ylgawy*» diýlip atlandyrylýan bu aralygy ylgap geçmek boýunça ýaryşlar indi dünýä boýunça däbe öwürüldi.

Şol bir wagtyň özünde köp ýagdaýlarda maglumatlary şeýle usul bilen geçirmeklik ýeterlik bolmady we adamlar emeli (tehniki) aragatnaşyk ulgamlaryny oýlap tapdylar we döretdiler.

Fransuz rewolýusiýasy döwründe (XVIII asyr) maglumatlary geçirmek üçin aýnalar ulgamyndan ybarat bolan *geliografy* ulanypdyrlar. Geliografyň kömegi bilen Gün şöhlelerini kabul ediş nokatlaryna ugrukdyryp, käbir maglumatlary geçiripdirler. *Geliografy aragatnaşygyň radioreleý geçirijisiniň ilkinji görnüşü* diýip hasaplamak bolar.

Optiki telegraf habarlary *semafor* arkaly bermekligi üpjün edýän ilkinji ulgam XIX asyryň birinji ýarymynda fransuz mehanigi, oýlap tapyjysy Klod Şapp (1763–1805 ý.) tarapyndan oýlanylyp tapylýar. Ilkinji optiki telegraf 1794-nji ýylda Pariž bilen Lilliň arasynda (225 km) gurulýar. Hereketlenýän ýasy tagtajak - habar beriji semafor uly diňde oturdylýar. Optiki telegraf geçirijisi biri-birinden görünýän aralykdan oturdylyp diňleriň hataryndan ybarat bolupdyr. Habar bir diňden beýleki diňe yzygiderli berlipdir. Bu bolsa köp wagat talap edipdir. 1839–1854-nji ýyllarda

Sankt-Peterburg bilen Warşawanyň arasynda iň uzyn (12 000 km) *optiki telegraf geçirijisi* işläpdir. Habar bermek üçin 15 *minut* wagt sarp etmeli bolupdyr.

## 24.2. Elektrik aragatnaşygynyň döremegi

Senagat önümleriniň öndürilişiniň ösmegi, ýükleriň daşalyşynyň artmagy, bug bilen işleýän demir ýol we suw ulaglarynyň ösmegi, senagat we söwda merkezleriniň arasynda çalt aragatnaşyk ulgamyny döretmegiň zerurlygyny ýüze çykardy. Öňki ulanylýan aragatnaşyk usullary - atly poçta, optiki semafor telegrafy, hat gatnadyjylar, takyk we bökdençsiz işleýän aragatnaşyga bolan islegi kanagatlandyryp bilmedi.

Bu maksat üçin simler boýunça örän uly tizlik bilen ýaýraýan elektrik toguny ulanmaklyk italýan fizigi, himigi we fiziology, elektrik barada taglymaty esaslandyryjylaryň biri Aleksandro Juzeppe Antonio Anastasio Jeralamo Umberto Wolt (1745-1827 ý.) tarapyndan 1799-njy ýylda ilkinji toguň elektrohimi generatory açylandan soň, has-da, mümkin boldy. Umuman, elektrik hadysalarynyň öwrenilmegi bilen, habarlary uzak aralyklara geçiriji simler arkaly bermäge mümkinçilik döredi. Bu görnüşli aragatnaşyk usulyna *elektrik aragatnaşygy* diýilýär. Elektrik aragatnaşygy berilýän habarlaryň fiziki häsiýetleri boýunça telegraf, telefon, teletaýp, teleks, faks, telekod, wideotelefon ýaly görnüşlere bölünýär.

*Telegraf* grek sözi bolup «uzak» + «ýazyýan» manyny berýär. *Häzirki wagtda telegraf sözi – signaly geçirijiler, radio ýa-da elektrik aragatnaşygynyň beýleki kanallary boýunça geçiriji serişde* manyny aňladýar.

1801–1804-nji ýyllarda ispan lukmany, fizigi we meteorology Fransisko de Salwa (1751–1828 ý.) ilkinji elektromagnit telegrafy döretmäge synanyşdy, onuň telegrafy geçirilýän harplaryň - belgileriň sanyna deň bolan 34 simden ybaratdy.

Galwaniki toguň magnit peýkamyna gysardyjy täsir edýändigini 1802-nji ýylda Italiýaly Romanýezi açdy. 1809-njy ýylda nemes anatomy we fiziology Samuil Tomas Zemmering (1755–1830 ý.) elektrohimi telegrafy hödürledi. Bu abzalda signal elipbiýiň degişli harplary bilen belgilenen we toga birikdirilen elektrodlarda bölünip çykýan wodorodyň we kislorodyň düwmejikleri arkaly kabul edilipdir. Çagyryjy gurluş duzly suwa batyrylan çemçe görnüşinde bolupdyr. Çemçäniň aşagynda gazyň artmagy bilen çemçe ýokary galypdyr we metal şary käsä gaçyrypdyr, kässe bolsa jaňyň egin agajyna basyp signal beripdir. Zemmeringiň telegrafynyň esasy kemçiligi simleriň köplügi, haýal işlemegi, ýalňyşlygyň köp bolmagydyr.

Soňra Romanýeziniň açyşy 1820-nji ýylda Ersted tarapyndan täzeden açyldy we öwrenildi. Pariž Ylymlar akademiýasynda açyş ara alnyp maslahatlaşylandan soň Amper ony telegrafda ulanmak baradaky pikiri aýtdy.

Ilkinji elektromagnit telegrafy 1830–1832-nji ýyllarda rus inženeri Pawel Lwowiç Şilling (1786–1837 ý.) döretti. Bu telegraf alty sany simiň kömegi bilen

(ýedinji sim – abonenti çagyrmak, sekizinji sim - ters baglanyşyk üçin) rus elipbiýiniň ähli harplaryny geçirip bilýärdi. Şillingiň telegrafy Rus patyşasy Nikolaý I döwründe Gys köşgüni Ministrleriň kabineti bilen birikdirdi. Stansiýalary birikdirmek üçin Şilling ýerasty geçiriji simleri ulandy. Ol simleri sütünlerde asmak baradaky pikiri hem aýtdy.

1833-nji ýylda nemes matematigi, mehanigi, fizigi we astronomy I.K.F. Gauss (1777–1855 ý.) we W.E. Weber (1804–1891 ý.) Gettingende (Germaniýa) elektromagnit telegrafy dörediler. Bu telegraf Gettingen uniwersitetiniň fizika kabinetini 700 m uzaklykda ýerleşen astronomik obserwatoriýa bilen birikdirdi. Bu telegrafda simli tegegiň içinde ýerleşen magnitiň hereketi netijesinde oýandyrylýan induksion toklaryň täsiri ulanyldy. Bu toklar beýleki stansiýada ýerleşen multiplikatoryň magnitiniň yrgyldysyny döredýär.

Soňra şuna meňzeş peýkamly elektromagnit telegraflaryň birnäçe görnüşleri döredildi we çalt ýaýrap başlady. Durmuşda has uly üstünlige Uitsonyň we Kukuň elektromagnit telegrafy eýe boldy. Inlis fizigi (1802–1875 ý.) Ç. Uitson we S. Kuk Şillingiň telegrafyny kämilleşdirdiler we bu abzal 1837-nji ýyldan başlap Angliýada ulanylyp başlandy.

Nemes fizigi K.A. Şteýngeýl (1801–1870 ý.) 1838-nji ýylda Mýunhende (Germaniýa) uzynlygy 5000 m bolan telegraf geçirijini gurdy we telegraf geçirijilerini geçirmekligi düýpli arzanladan, telegrafyň taryhynda örän möhüm açyş etdi. Telegrafyň çalt ýaýramagyna mümkinçilik beren bu açyşyň artykmaçlygy iki stansiýany birikdirmek üçin bir sim ýeterlidir. Eger galwanik elementiň bir polýusyny çygly ýere gömlen uly mis listine, beýleki tarapyňy edil şeýle usul bilen simiň ahyrky ujuny birikdirsek, onda ters tok ýer arkaly geçer.

XIX asyryň ahyrynda magnit peýkamly abzallar diňe käbir transatlantik telegraflarda ulanylýardy. Şunlukda, döreýän toklar örän gowşakdy, bu bolsa peýkamyň örän ujypsyzja gysarmasyna getirýärdi. Bu abzallary kämilleşdirmek meselesine aýratyn üns berip başladylar.

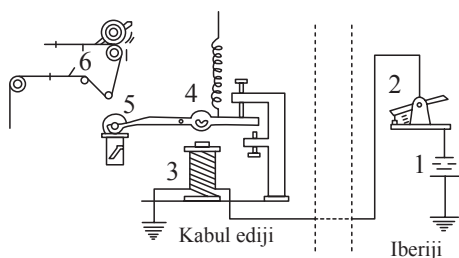
Bir wagtda Russiyada B.S. Ýakobi (1801–1874 ý.), Germaniýada K.A. Şteýngeýl, Amerikada F.B. Morze we beýlekiler (Dinýo, Sorre, Siemens) özi ýazýan elektrik telegraf gurluşlaryny döretmek meselesi bilen meşgullandylar.

1839-njy ýylda rus oýlap tapyjy B.S. Ýakobi özi ýazgy edýän *ilkinji telegraf abzaly* döretdi. Bu enjamda elektromagnitiň ýürekçesi bilen birikdirilen steržene berkidilen özi ýazýan gurluş, geçirilýän signala baglylykda ýokary we aşak hereket edip, hereket edýän farfor tagtada galam bilen şertli belgiler edýär. B.S. Ýakobiniň abzaly 1839-njy ýylda Peterburgdaky ýerasty telegraf geçirijide oturdyldy we Imperator Nikolaý I-iň kabinetini Ýol aragatnaşyk ministrliginiň binasy bilen birikdirdi. 1850-nji ýylda B.S. Ýakobi özüniň oýlap tapyşyny kämilleşdirdi we dünýäde birinji *harp çap edýän telegraf abzaly*ny döretdi.





210-njy surat. Semýuel  
Finli Briz Morze



211-nji surat. Morze telegrafynyň  
shemasy



212-nji surat. 2010-njy ýylda  
«Связь ЭКспоКомм» sergisinde görkezilen  
Morze abzaly

1842–1843-nji ýyllarda Ýakobi iberiji we kabul ediji stansiýalarda aýlanýan peýkamlary bolan *peýkamly telegrafy* dörettdi. Kepilnama alynmadyk bu ulgam Germaniýada «*Simenesiň peýkamly telegrafy*» ady bilen üýtgeşsiz görnüşde ulanyldy.

1835-nji ýylda amerikan oýlap tapyjysy Semýuel Finli Briz Morze (1791–1872 ý.) (210-njy surat) kabul ediji stansiýalarda kese çyzyklaryň we nokatlaryň ulgamy görnüşinde kabul edýän, dürli dowamlylygy bolan signallary ibermeklige esaslanan telegrafy dörettdi (211-nji surat). Iberiji stansiýadaky 2 açar birikdirilende tok 1 çeşmeden kabul ediji bekediniň elektromagnitiniň 3 tegeğine berilýär.

Bu tegek öz gezeginde 4 ýakory herekete getirýär. Ýakora birikdirilen 5 ýazýan tigrjik hereket edýän 6 kagyz lentada, 2 açaryň basylyşynyň dowamlylygyna görä, gysga (nokat) ýa-da uzyn (üzňükli yz) yz galdyrýar. 1844-nji ýylda Morze *abzaly* ilkinji gezek ABŞ-nyň Waşington we Baltimor şäherlerini birikdirýän telegraf geçirijisinde (uzynlygy 40 km) ulanyldy we tiz wagtda giň meşhurlyga eýe boldy. 2010-njy ýylda «Связь ЭКспоКомм» sergisinde görkezilen Morze *abzaly* 212-nji suratda getirilen.

XIX asyryň 40-njy ýyllarynda telegraf geçiriji simleriniň goraglylygynyň ygtybarly usullary tapyldy we suwasty aragatnaşyk geçirijileri geçirilip başlandy.

1852-nji ýylda Pariž – London, Angliýa – Irlandiýa, Germaniýa – Niderlandiýa aralygynda telegraf aragatnaşygy açyldy. 1866-njy ýylda Atlantik ummanynyň üstünden Ýewropa bilen Amerikanyň, 1869-njy ýylda London bilen Kalkuttanyň, 1872-nji ýylda Ýewropa bilen Günorta Amerikanyň we soňra Awstraliýa bilen Hindistanyň we

Hytaýyň arasynda göni telegraf aragatnaşygy döredildi.

1930-njy ýylda ulanyjylaryň telefon belgilerini disk boýunça alyp bolýan *startstop telegraf abzaly* (*teletaýp*) döredildi. Telegraf aparatynyň bu görnüşini telegraf torunyň müşderilerini çalt birikdirmäge mümkinçilik berdi. Birwagtyň

özünde diýen ýaly Germaniýada we Beýik Britaniýada *Telekx (TELEgraph+EXchange)* atlaryny alan *Müşderiler telegrafynyň Milli torlary* döredildi.

Biraz wagtdan soň, *Telex-e* meňzeş, *TWX (Telegraph Wide area eXchange)* adyny alan *Müşderiler telegrafynyň Milli tory* döredildi.

XXI asyr telegrafynyň ýagdaýy barada aýdanymyzda, biziň günlerimizde *Telexc (213-nji surat)* tory boýunça maglumatlary çalyşmak mümkinçiligi köp babatda elektron poçta sebäpli saklanyp galdy. Russiýada telegraf aragatnaşygy häzirki döwürde hem ulanylýar, telegraf boýunça berilýän maglumatlar ýörite gurluşlaryň – kompýuterlere birikdirilen telegraf *modemleriň* kömegi bilen iberilýär we kabul edilýär. Dogry, indi köp ýagdaýlarda maglumatlar aragatnaşygyň häzirki zaman kanallary boýunça amala aşyrylýar. Häzirki wagtda Russiýanyň köp böleginde *simli telegraf tory* aýryldy.



213-nji surat. Siemens teleksi T100

Käbir ýurtlarda telegrafy aragatnaşygyň köne görnüşi hökmünde hasaplap, telegrammalary ibermek we eltmek boýunça ähli işleri togtatdylar. 2004-nji ýylda Niderlandiýada telegraf aragatnaşygy bes edildi. 2006-njy ýylyň ýanwarynda ABŞ-nyň *Western Union kompaniýasy* telegraf maglumatlaryny ibermek we eltmek boýunça ilata edilýän hyzmatlarynyň doly ýatyrylýandygyny yglan etdi. 2013-nji ýylyň iýulynda Hindistanda telegraf aragatnaşygy ýapyldy.

Şol bir wagtyň özünde Kanadanyň, Belgiýanyň, Germaniýanyň, Şwesiýanyň we Ýaponiýanyň käbir kompaniýalary henize çenli telegraf maglumatlaryny ibermek we eltmek boýunça hyzmatlary ýerine ýetirýärler.

XIX asyrdan senagatyň ösmekligi, zawodlaryň, edaralaryň, banklaryň, demir ýol stansiýalarynyň arasyndaky baglanyşyklaryň çylşyrymlaşmagy, elektromagnet aragatnaşygy giňeltmek we ýönekeýleşdirmek we ony aralykdan gürleşmek mümkinçiligine ýetirmek meselesini goýdy. Şeýlelikde, aragatnaşygyň çäýe, ykjam görnüşi bolan *telefony* döretmek zerurlygy döredi.

Käbir fiziki tejribeleriň netijeleri bu meseläni çözüp boljakdygyny tassyklady. Meselem, magnitlenmä we magnitsizlenmä sezewar edilen demir sterženiň seslenme häsiýeti (*Barkgauzen effekti*) ýüze çykarylady. Nemes konstruktory I.F. Raýs elektrigiň kömegi bilen, bu hadysany sesleri geçirmek üçin ulandy. Şeýlelikde, 1861-nji ýylda Raýs tarapyndan *telefon* diýip atlandyrylan ilkinji abzal Frankfurtda (Germaniýada) görkezildi. Raýsnyň telefony diňe sesleri berýärdi, gepleşigi bermeýärdi. 1876-njy ýylda amerikalý oýlap tapyjylar Aleksandr Bell we Greý, iki sagat

biri-birinden tapawutlylykda, ABŞ-nyň kepillnamalar (patentler) býurosyna *telefon abzalyny* oýlap tapandyklary barada arza berdiler. Bu telefon soňra amerikaly belli oýlap tapyjy Tomas Alwa Edison (1847–1931 ý.) tarapyndan kämilleşdirildi.

Şeýle hem telefon abzallaryny we ulgamlaryny Gers, Gower, Ader, Dolbir we beýleki oýlap tapyjylar kämilleşdirdiler.

1881-nji ýylda rus harby inženeri G.G. Ignatyew telegraf simler boýunça telefonlaşdyrmak ulgamyny döretdi. 1882-nji ýylda Belgiýaly elektrotehnik Wan Risseleberg bu ulgam üçin fransuz kepillnamasyny aldy. Russiýada ilkinji telefon 1882-nji ýylda P.M. Golubskiý tarapyndan has kämilleşen görnüşde döredildi.

Awtomatik telefonlara geçmek mümkinçiligi döräp başlady. 1887-nji ýylda rus inženeri K.A. Mossiskiý birnäçe müşderini birleşdirýän awtomat-kommutatory, 1893-nji ýylda bolsa oýlap tapyjy S.M. Berdiçewskiý – Apostolow 10 000 belgini birleşdirýän awtomat telefon ulgamyny (*ATU*) döretdi.

## **25-nji bab. TELEWIDENIÝÄNIŇ ÖSÜŞ TARYHY**

### **25.1. Telewideniýäniň durmuşdaky orny**

*Telewideniýe* diýip predmetleriň şekillerini we sesi aralyga geçirmek bilen meşgullanýan häzirki zaman radioelektronikanyň pudagyna aýdylýar. Telewideniýe – *tele-uzak*, *daş* diýlen grek we *video-görýärin* diýen *latyn* sözünden alnan *televisio* latyn sözi türkmençe *uzakdan (daşdan) görmek* manyny berýär.

Telewideniýe radioalpeşitdiriş bilen bilelikde maglumatlary (syýasy, medeni, ylmy we okuw we beýlekiler) has giňişleýin ýaýradýan serişdedir we aragarnaşyk serişdeleriniň esasyalarynyň biri hasaplanýar. Eger, adamyň daşky dünýä baradaky maglumatlaryň 90%-ine golaýyny görüş arkaly kabul edýändigini hasaba alsak, onda bilimiň bu pudagynyň möhümdigi düşnükli bolýar.

Sanly tehnika telewizoryň ýatda saklaýan gurluşyna, ertirlerine ukudan oýarar ýaly, ulanyja gerek bolan programmany birikdirer ýaly, gerek gepleşigi wideomagnitofona awtomatik usulda ýazar ýaly programmalary birnäçe gün önünden girizmäge mümkinçilik berýär. «*Wideotekst*», «*Teletekst*» we beýleki ulgamlaryň kömegi arkaly zerur maglumatlary: uçarlaryň uçýan we gonýan wagtlaryny, howa maglumatyny, satuwa çykarylan täze önümler baradaky maglumatlary we ş.m. maglumat merkezlerinden sorap we ekranda görüp bolýar.

Telewizion tehnika adamyň durmuşynyň dürli pudagynda, tehnikada, ykdysadyýetde, ulagda, ylmy gözegçiliklerde we başga-da köpsanly ulgamlarda giňden ulanylýar. Telewizion ulgamlar kosmos giňişligini öwrenmekde we özleşdirmekde ulanylýar. Kosmiki tehnikanyň üstünlikleri netijesinde hemra telewideniýesi ösýär. Telewizion programmalary bir yklymdan beýlekä geçirmek adaty ýagdaýa öwürüldi. Ýeriň hemralaryndan programmalary hususy telewizorlara gös-göni almaga mümkinçilik berýän hemra telewizion ulgamlary hereket edýär.

Häzirki zaman telewizorlarynyň esasy aýratynlygy olaryň köp funksionallygydyr. Bu telewizorlara wideomagnitofon, personal kompýuteri, dürli ýörite gurluşlary birikdirip bolýar. Diwara, edil surat ýaly asyp bolýan tekiz ekranly telewizorlar we gepleşikleri köpçülik bolup sereder ýaly, meýdany ýüzlerçe kwadrat metr bolan uly ekranly telewizorlar döredildi. Stereoskop şekilleri berýän telewizorlar, örän kiçi ekranly jübi telewizorlary, şeýle hem ekranlarynda birwagtyň özünde alty telekanaly görüp bolýan telekabuledijiler oýlanyp tapyldy.

Ýakyn geljekde telewideniýäniň funksiýasy has-da giňeler we telewizor- kabul ediji kompýuter, wideomagnitofon, faks we beýleki gurluşlar bilen bilelikde işleýän, köp funksiýaly gurluşa öwürüler. Telewizion abzallara kompýuter tehnologiýalarynyň, signallary işlemekligiň sanly usullarynyň, şekilleri öwürjileriň girizilmekligi telewizion ulgamlary düýpli üýtgetdi. Bu bolsa ikitaraplaýyn aragatnaşygy bolan telesetleri döretmäge mümkinçilik berdi. Bu telesetler boýunça täjirçilik we okuw telewideniýesi, gepleşikleri ulanyjylaryň buýurmasy boýunça programmalary bermek, wideotelefon, fototelegraf, poçta, gazetleri, žurnallary, kitaphananyň ýa-da hasaplaýyş merkezleriniň kömeginden peýdalanmak ýaly hyzmatlary amala aşyrmak bolar.

Häzirki döwürde telewideniýe maglumatlary ýaýratmagyň has köpçülikleýin serişdesine öwrüldi. Tehnikanyň häzirki zaman pudagy hökmünde telewideniýe has çalt ösýär we täzelenýär. Soňky birnäçe ýylda täze funksional gurluşlar döredi, şekiliň hili hemişe gowulaşýar, telewizion kabuledijileriň ygtybarlylygy ýokarlanýar, telewizoryň içini dolandyrmak prosesi kämilleşýär, telewizion enjamlarda mikroprosessorlaryň ulanylyşy giňelýär.

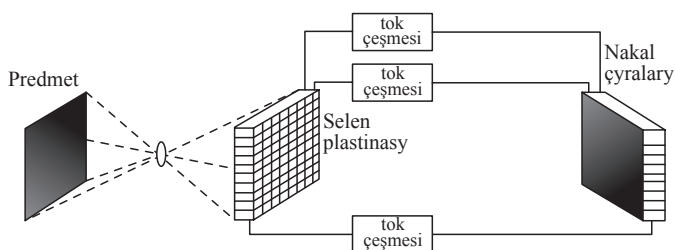
Telewideniýe radiotehnika, elektron tehnika, ýagtylyk tehnika we ş.m. esaslanýar we şoňa görä-de, ylmyň we tehnikanyň umumy ösüşi bilen berk baglanyşyklydyr.

Telewizion tehnikanyň ösüşini telewideniýe barada garaýşyň döremegi (1920-nji ýyla çenli), mehaniki telewideniýe (1920–1935 ý.), elektron gara-ak telewideniýe (1936–1966 ý.) we elektron reňkli telewideniýe (1967-nji ýyldan başlap häzirki döwre çenli) diýen döwürlere bölmek bolýar. Telewideniýäniň ösüşiniň indiki döwürleri sanly telewizion ulgamlary, şekiliniň durulygy ýokary bolan telewizion ulgamlary döretmek, hemra telewizion aragatnaşygynyň ösmegi, wideomaglumatlary derňemek we gaýtadan işlemek ulgamlaryny ulanmak bilen baglydyr.

## **25.2. Telewideniýäniň ösüşiniň başlangyç döwri we soňky ösüşleri**

Şekilleri telewizion usul bilen ibermeklik aşakdaky üç sany fiziki hadysa esaslanýar:

- ýagtylyk (şöhle) energiýasyny elektrik signalyna öwürmek;



214-nji surat. Keriniň telewizion taslamasy

- elektrik signallaryny geçirmek we kabul etmek;
- elektrik signallaryny ýagtylyk impulsyna öwürmek.

Telewizion şekilleri aralyga ibermegiň esaslary bolan bu meseleleriň birinjisi – 1873-nji ýylda selen materialynda içki fotoeffekt hadysasyny açan U. Smitiň (1828–1891 ý., Angliýa) we 1888–1890-njy ýyllarda daşky fotoeffektiň esasy kanunalaýyklyklaryny açan, Moskwa uniwersitetiniň professory A.G.Stoletowyň, ikinjisi – 1895-nji ýylda simsiz telegrafy döreden A.S.Popowyň, üçünjisi – şekilleri döretmek üçin elektron–şöhle turbasyny ulanyp 1907-nji ýylda «*katod teleskopy*» ulgamyny döreden we 1911-nji ýylda ilkinji telewizion geçirişi amala aşyran, Peterburg tehnologik institutynyň mugallymy B.L.Rozingiň işlerinde görkezilýär.

1873-nji ýylda rus alymy A.N.Lodygin nakal çyrasyny oýlap tapandan soň ilkinji telewizion taslamalar 1875-nji ýylda nemes alymy J.Keri (1824–1907 ý.) tarapyndan hödürlendi (214-nji surat). Keriň tejribesinde adamyň görüş synasyny elektrik taýdan döretmeklige synanyşyldy, ýagny gözüň ýagtylyk duýujy görejiniň mysaly ornuna selen plastinasyny, görüş nerwleriniň deregine telegraf geçirijileri, görüş şekilleri döreýän beýniniň ornuna nakal çyralaryny ulandy.

Selen plastinalaryna proyektirlenen şekil her geçirijide toguň dürli üýtgemeleri döredýär (seleniň garşylygy ýagtylyga proporsional üýtgeýär) we her bir çyrany dürli ýagtylyk bilen ýagtylanmaga mejbur eder diýlip çaklanylýardy. Ähli çyralaryň ýagtylygy birleşip predmetiň şekiliniň mozaiki şekilini bermelidi. Emma bu pikir amala aşmady.

1880-nji ýylda rus alymy P.I. Bahmetew (1860–1913 ý.) şekili elementleri boýunça yzygiderli bermek prinsipini hödürledi. P.I. Bahmetewiň hödürleşen bu teklibinden soň *şekili ýaýmak* boýunça gurluşlar döredi.

Şekilleri ýaýmak üçin 1884-nji ýylda nemes alymy Paul Nipkow (1860–1940 ý.) spiral boýunça deşikleri bolan diski hödürledi.

*Braunyň turbasy* telewizion tehnikaýyň esasy döredýäni, ýagny kineskopyň işleýşi elektronlaryň hereketi magnit meýdany tarapyndan dolandyrylýan katod turbasynyň işleýşine esaslanandyr. *Braunyň turbasy* köp alymlar tarapyndan ulanyldy we kämilleşdirildi.



Elektron telewideniýäniň tehnologiýasynda häzirki güne çenli ulanylýan ilkinji kepilnamany Boris Rozing 1907-nji ýylyň 25-nji iýulynda «*Şekilleri elektrigiň kömegi bilen aralyga geçirmek*» ady bilen aldy. 1911-nji ýylyň 9-njy maýynda ol ilkinji gezek hereketsiz şekilleri aralyga geçirdi we kabul etdi. Şunlukda, ol şekili suratlandyrmak üçin elektron – şöhle turbasyny, ibermek üçin mehaniki ýazmany ulandy.

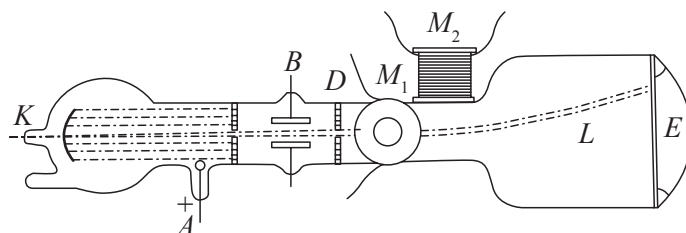
**Boris Lwowiç Rozing (1869–1933 ý.)** – rus fizigi (215-nji surat), alymy, pedagogy, rus telewideniýesini esaslandyryjy. Ol Sankt-Peterburgda doguldy. Telewideniýe boýunça ilkinji tejribeleri geçirendigi üçin Rus Tehniki jemgyýetiniň altyn medaly we K.G. Siemenes adyndaky baýrak bilen sylaglandy.



215-nji surat. Boris Lwowiç Rozing

Rozing iberijide şekili gorizontaal we wertikal ugur boýunça ýaýmak üçin mehaniki kinematikany, ýagny özara perpendikulýar oklarda aýlanýan iki sany zerkal barabanlary ulandy. Emma kabul ediji gurluşda ol düýbünden täze elementi - elektron-şöhle turbasyny ulandy. Bu turbalarda katoddan çykýan elektron akymalary lýmino-for bilen çaýylan ekrana düşüp ony ýagtyldýarlar. Şeýle ekranda şekili almak üçin Rozing täze usuly girizdi, ýagny elektron şöhlesini dykzlygy boýunça modulirläp, ony birwagtyň özünde özara perpendikulýar iki ugurda gyşartdy.

Rozingniň kabul ediji turbasynyň shemasy 216-njy suratda görkezilen.  $K$  katoddan çykýan elektronlaryň dessesi  $A$  anoda goýlan tizlendiriji naprýaženiýäniň täsiri netijesinde,  $D$  diafragma düşýär we onuň deşiginden  $L$  inçe şöhle görnüşinde geçip, lýminessirlenýän  $E$  ekrana ýetýär. Çzykly kanun boýunça periodiki üýtgeýän, dürli ýygyllykly toklar bilen iýmitlenýän  $M_1$  we  $M_2$  magnit tegekleri elektron şöhlesini özara perpendikulýar iki ugurda, ony ekranda biri-biriniň aşagynda ýagtylanýan setirleri çyzmaga mejbur edip gyşardýarlar. Rozing elektron şöhlesiniň ýolunda  $B$  kondensatoryň iki jübüt plastinasyndandan we deşigi bolan  $D$  diafragramadan ybarat bolan modulýatory goýdy.



216-njy surat. Rozingniň kabul ediji turbasynyň çyzgysy

Iberijilerden gelýän wideosignallar  $B$  kondensatoryň plastinalaryna berilýär, bu wideosignallar elektron şöhesini olaryň ilkibaşky ugurlaryndan käbir ululyga gyşarmaga mejbur edýärler. Netijede,  $D$  diaframadan köp ýa-da az sanly elektronlar geçýärler, degişlilikde, ekranda, berlen wagt pursadynda şöhläniň düşýän nokatlarynyň ýagtylanmasy üýtgeýär. Ýaýmanyň ýeterlik uly tizliklerinde ekranda dürli ýagtylanmasy bolan nokatlardan predmetiň şekili döreýär.

Häzirki zaman kabul ediji turbalaryň ilkinji görnüşi bolan, ýokarda beýan edilen elektron-şöhle turbalaryndan başga-da, Rozing şöhläni magnitiň kömegi bilen fokusirlemegi (jemlemegi) başardy we şunlukda, ýaýyýy toklaryň we naprýaženiýalaryň mejbury sazlanmasyny (sinhronlaşmasyny) we formulirlenmesini gazandy. Bulardan başga-da, ol aşgar fotoelementleriniň çykyşynda alynýan fototoklary güýçlendirmek üçin birnäçe shemalary hödürledi. Elektronlaryň fotoemissiýasynyň hasabyna kondensatorda zarýadlary toplamak bilen fototogy köpeltmek aýratyn gyzyklanma döredýär. Sowet alymlary tarapyndan ösdürilen bu prinsip häzirki zaman iberiji elektron-şöhle turbalaryny döretmekde ulanyldy. Ady agzalan garaýyşlar öňdebaryjy garaýyşlardy, sebäbi şol döwürde daşary ýurtlarda, köplenç, kinematiki görnüşli ulgamlar hödürlenipdi. Ýöne, Rozingiň işleriniň täsiri bilen 1908-nji ýylda Kempbell-Suinton Alan Arçibald (1863–1930 ý., Angliýa) iberiji turbadaky elektron şöhleleri ýaýmak baradaky pikiri hödürledi.

1911-nji ýylda Kempbell-Suinton signallary kabul etmek, şeýle hem ibermek üçin elektron-şöhle turbasy ulanylýan telewizion ulgamyň shemasyny hödürledi.

1923-nji ýylda dünýäde ilkinji gezek amerikalý alym Çarlz Jenkinson hereket edýän şekilleri aralyga geçirmekde mehaniki *ýazmany (razwertkany)* ulandy. Ýöne, geçirilýän şekil gabaraly, ýagny ýarym öwüşginli sypat görnüşinde boldy. Ilkinji ýarym öwüşginli, hereketlenýän şekilleri aralyga geçirmäge ukyply mehaniki ulgam 1926-njy ýylyň 26-njy ýanwarynda şotland oýlap tapyjysy Jon Berd (1888–1946 ý.) tarapyndan döredildi.

B.L. Rozingiň okuwçysy W.K. Zworykin (1888–1972 ý.) 1923-nji ýylda ABŞ-da telewideniýäniň elektron ulgamyny döredenligi üçin kepilnama aldy.

Taryhda ilkinji gezek elektron-şöhle turbasynyň kömegi bilen hereketlenýän şekili aralyga geçirmeklik 1928-nji ýylyň 26-njy iýulynda Daşkent şäherinde, oýlap tapyjylar B.P. Grabowskiý (1901–1966 ý.) we I.F. Belyanskiý tarapyndan amala aşyryldy. Daşkentiň tramwaý trestinde geçirilen bu tejribede alnan şekiller gödek we dury däl hem bolsa, bu tejribäni häzirki zaman elektron telewideniýesiniň döremegi diýip hasap etmek bolar. Daşkent tejribesiniň geçirilen, taryhda ilkinji bu telewizion kabuledijisini «Telefoto» diýip atlandyrdylar. Professor B. Rozingiň berk talap etmegi boýunça 1928-nji ýylyň 9-njy noýabrynda B. Grabowskiý, N. Piskunow we W. Popow telefoty döredendikleri üçin kepilnama arza berdiler. SSSR-iň Aragatnaşyk ministrliginiň tabşyrygy boýunça telefota degişli resminamalar Moskwa we

Leningrad aragatnaşyk institutlarynyň telewideniýe kafedralaryna iberilýär we telefoty sowet ylmynyň ilkinji bolup işläp düzendigini kesgitlemekligi tabşyrýarlar.

Olaryň beren netijeleýji resminamasynda «*radiotelefotyň*» işe ukyplylygynyň resminamalar we şaýatlar bilen subut edilmändigini bellenýär. ABŞ-da Grabowskiň oýlap tapyşy barada başga garaýyşda bolýarlar we Mitçel Uilson «*Meniň doganym, meniň duşmanym*» romanynda telewideniýäniň döremek taryhynyň amerikan beýany getirilýär. Bu romanda «*telefoto*» häzirki zaman telewideniýesiniň başlangyjy diýip beýan edilýär.

1929-njy ýylda W.K. Zworykin elektron-şöhle turbasyny kämilleşdirip *kineskopy* – *kabul ediji telewizion turbany* oýlap tapdy.

Zarýadlary toplaýan iberiji elektron-şöhle turbasynyň ilkinji taslamasyny 1930-njy ýylda sowet alymy A.P. Konstantinow hödürledi. Konstantinowyň turbasy signal elektrodynyň çylşyrymlylygy sebäpli ulanylmady. Emma onuň elektron-şöhle turbalarynda elektrik zarýadlaryny ýygnamak prinsipi häzirki zaman geçiriji turbalaryny döretmegiň esasyны goýdy.

Sowet alymlary B.W. Krusser, I.W. Kuznesow, I.F. Pesýaskiý, N.P. Thoržewskiý tarapyndan häzirki zaman turbalaryň ilkinji nusgalarynyň tehnologiýasy döredildi we ýasaldy.

Zarýadlary toplaýan elektron – şöhle ulgamlaryny döretmek boýunça edilen bu işler häzirki zaman telewideniýesiniň бүтін ösüşini kesgitledi we az ýagtylyk bilen ýagtylanýan predmetleriň şekillerini ýokary hilli şekilde bermeklik meselesini çözdü.

1931-nji ýylda Wladimir Zworykin «*ikonoskopy*» döredip (sowet alymy Semýon Isidorowiç Kataýew (1904–1991 ý.) bilen birwagtda) elektron telewideniýede şekiliň áydyňlygyny gazanyp bildi. *Ikonoskop* – ilkinji geçiriji telewizion turba bolup elektron telealypgörkeziş ulgamynyň döremegine getirdi. Reňkli telewideniýäni döretmek boýunça W.K. Zworykiniň işleriniň ähmiýeti örän uludyr. Dünýäde ol «*telewideniýäniň atasy*» hökmünde tanalýar.

1932-nji ýylda Nýu-Ýork şäherinde ikonoskopyň kömegi bilen kuwwaty 2,5 *kWt* bolan iberijiden 240 setire bölýän elektron telewideniýäniň ilkinji synag tejribe geçirilişi başlandy. Iberilen signal 100 *km* uzaklykda ýerleşen Zworykiniň *kineskopynyň* esasynda ýasalan *RCA kompaniýanyň* telewizory bilen kabul edildi.

Wagtly-wagtynda telegepleşikleri berýän dünýäde ilkinji telekanal (180 setir ýazmasy bolan) – DRF («*Deutscher Fernseh – Rundfunk*») – «*Nemes teleradio alyp eşitdiriş*»), 1934-nji ýylda RRG *nemes teleradiokompaniýasy* tarapyndan işe girizildi.

1935-nji ýylda Sankt-Peterburgda Ý.A. Ryftiniň ýolbaşçylygynda sekuntda 25 kadrda 180 setir bolan barlaghana ulgamy döredildi.

1936-njy ýylda geçirilen *Berlin olimpiadasy* ilkinji gezek göni telealyp görkeziş esasynda görkezildi. Şunlukda, elektron telekameralar (180 setir elektron ýaz-

masy bolan «*Olimpia – Kanone*»), şeýle hem has täsirli pursatlary haýal görkez-mäge mümkinçilik berýän, *aralyk kinolentalary* bolan ýörite *kinotelewizion ulgam* ulanyldy. DRF 1944-nji ýyly çenli telegepleşikleri alyp bardy.

1936-njy ýylda Beýik Britaniýada şol döwürde ýokary aýdyňlygy bolan telewi-deniýe diýlip hasaplanýan, 405 setir ýazmasy (*razwertkasy*) bolan, wagtly-wagtynda elektron alypgörkeziliş başlandy. Şol ýylda SSSR-de (Moskwada we Leningrad-da) elektron tehnologiýasy boýunça görkezişiň tejribe synaglaryny amala aşyrýan telemerkezler açyldy. Şunlukda, *Leningrad telemerkezinde* şekilleriň aýdyňlygy 240 setir bolan (awtorlary L.B. Kreýser, Z.I. Model, A.I. Lebedew) SSSR-de öndüri-len abzallar, Moskwada şekiliniň aýdyňlygy 343 setir bolan, amerikan *RCA radio-korporasiýasynyň* abzallary ulanyldy.

SSSR-de wagtly-wagtynda görkezilýän elektron telegepleşikleri ilkinji gezek 1938-nji ýylyň *1-nji* sentýabrynda *Leningrad Tejribe telemerkezi (LTTM)* tarapyndan başlandy. Bu programmalary kabul etmek üçin ekranynyň ölçegi  $13\text{ sm} \times 17,5\text{ sm}$  bolan «*BRK*» (*Bütinsoýuz radiokomitet*) atly 20 sany telewizor ýasaldy. Şeýle hem, «*Radist*» zawody tarapyndan *LTTM-iň* gepleşiklerini kabul etmäge mümkinçiligi bolan *17TH-1* telewizorlary öndürildi. Olaryň bir bölegi telemerkezde monitorlar hökmünde, beýlekileri medeniýet köşklerinde we zawodlaryň medeniýet öýlerinde köpçülikleýin seretmek üçin ulanyldy. Gepleşikler hepdede iki gezek geçirilipdir.

Moskwada elektron gepleşikleriň wagtly-wagtynda berlişi 1939-njy ýylyň *10-njy* martynda başlandy. Şol gün Şabolowkada ýerleşýän *Moskwa telemerkezi, Şu-how diňinde* oturdylan, kuwwaty  $17\text{ kWt}$  bolan iberijiniň kömegi bilen БКП(В)-niň XVIII gurultaýynyň açylyşy barada dokumental filmi efire berdi. Soňra gepleşikler hepdede dört gezek 2 sagatdan alnyp barylady. 1939-njy ýylyň baharynda Moskwada, ekranynyň ölçegi  $14\text{ sm} \times 18\text{ sm}$  bolan «*TK-1*» telewizorlaryň 100 sanysy bu gepleşikleri kabul edýärdi.

1949-njy ýylda SSSR-de standart ýazmasy 625 setir bolan häzirki zaman «*KBH-49*» elektron telewizorlaryň ilkinji köpçülikleýin öndürilişi başlandy.

Uruşdan soňky ilkinji ýyllarda Moskwada, Sankt-Peterburgda we Kiýewde şe-killeriniň aýdyňlygy 625 setir bolan täze telewizion merkezler guruldy. Netijede, Sowet Soýuzynda senagatyň täze pudagy – *telewizion pudak* döredi.

XX asyryň 50-nji ýyllarynyň ikinji ýarymynda Moskwada beýikligi  $520\text{ m}$  bolan *Ostankino diňinde* täze telemerkez işläp başlady. 1960-njy ýylda Sankt-Peterburgda antennasy  $316\text{ m}$  diňde ýerleşen, iberijileriniň kuwwaty  $50\text{ kWt}$  bolan 2 sany gara-ak we bir sany reňkli programmasy bolan telemerkez guruldy.

Geçiriji turba telewizion kanalyň başlangyç bölegidir. Ähli häzirki zaman geçiriji turbalary sowet alymlary A.P. Konstantinowyň (1930 ý.), S.I. Kataýewiň (1931 ý.), P.W. Şmakowyň (1933 ý.), P.W. Timofeyewiň (1933 ý.), G.W. Braudiň (1938 ý.) ylmy işleriniň esasynda guruldy.

Sowet fizikleri P.I. Lukirskiý, S.S. Priležayew, N.S. Hlebnikow, P.W. Timofeyew we beýleki alymlaryň ylmy işleri geçiriji telewizion turbalarynda ulanylýan çylşyrymly fotokatodlary döretmegiň esasyyny goýdular.

Geçiriji turbanyň çykyşynda alynýan signallary radio gurluşlar arkaly geçirmek meseleleri SSSR-de M.A. Bonç – Burýewiç, M.W. Şuleýkin, A.I. Berg we beýlekiler tarapyndan amala aşyryldy. Geçiriji turbadan çykýan signallaryň gowşaklygy sebäpli, olar güýçlendirilmegini talap edýärdi. Ýygylýk we geçiş häsiýetnamalary boýunça telewizion güýçlendirijileriň hasaplama derňewi we usullary sowet alymlary G.W. Brand we O.B. Lur tarapyndan ýerine ýetirildi.

Elektrik signallaryny oňa proporsional bolan ýagtylyk impulslaryna öwürmek we olardan şekili döretmek boýunça B.L. Rozingiň eden işleri telewideniýäniň ösüşinde örän uly öwrülişik boldy. Ol tehnikanyň taryhynda ilkinji gezek, häzirki zaman telewideniýesinde kabul ediji we geçiriji turbalarda giňden ulanylýan, inersiasyz elektron şöhläni ulandy.

Kabul ediji turbalar üçin lýuminessirlenýän materiallary tapmakda lýuminessiýa hadysalaryny öwrenmek we olaryň kanunlaryny kesgitlemek boýunça akademik S.I. Wawilowyň we onuň mekdebinde alnyp barlan işleri uly ähmiýete eýe boldy.

Iberiji we kabul ediji telewizion turbalary oýlap tapmakda elektron akymalaryny dolandyrmak, bu elektronlary inli desse ýa-da inçe şöhle görnüşinde jemlemek (fokusirmek), inçe şöhläni iki koordinata oklary boýunça kesgitli kanun boýunça gysartmak meseleleri esasy mesele bolup durýardy. Bu meseleleri elektrik we magnit meýdanlaryny ulanmak bilen çözmeklik ylmyň täze bir pudagyňyň – *elektron optikasynyň* döremegine getirdi. Bu ylmyň ösüşi we onuň amalyýetde ulanylyşy sowet alymlary A.A. Lebedewiň, G.A. Grinbergiň we beýlekileriň işlerinde öz beýanyny tapdy.

Telewideniýede diňe bir şekiliň signalyny ibermek we olary ýagtylyk signalyna öwürmek wajyp däl-de, ýagtylyk signallaryny kabul ediji turbanyň ekranında, iberiji turbanyň fotokatodynda şekiliň nokatlarynyň ýerleşişine doly gabat geler ýaly ýerleşdirmek gerek. Başgaça aýdylanda, şekili dikeltmek hadysasynyň, iberiji turbada şekiliň döremek hadysasy bilen takyk sazlaşmagy (sinhronlaşmagy) zerurdyr. Häzirki zaman telewideniýesi ähli şekili bir wagtyň özünde geçirmäge mümkinçilik bermeýän, şekilleri diňe yzly-yzyna nokatma-nokat geçirýän elektrik gurluşlaryndan peýdalanýar.

Şekilleri elementler boýunça yzygider geçirmek garaýşyny amala aşyrmaga mümkinçilik berýän tehniki gurluşlar sowet akademikleri L.I. Mandelştamyň we N.D. Papaleksiniň mekdebi tarapyndan döredilen çyzykly däl yrgyldylar nazaryýetiniň esasynda guruldy.

*Telewideniýe - radiosignallar ýa-da geçirijiler* boýunça şekilleriň elementlerini yzygider geçirmeklik garaýşyna esaslanandyr. Telewideniýäniň ösüşiniň ähli taryhy



ýoly hereket edýän şekilleri geçirmek we kabul etmek hadysasyny ýönekeýleşdirmeklige syrygdy. Şekilleri elementlere bölmeklik *Nipkowyň disk*i, *elektron-şöhle turbasy* ýa-da *ýarymgeçiriji matrisanyň* kömegi bilen amala aşyrylýar. Ahyr soňunda bu iki ölçegli şekilleri gara-ak reňklerde geçirmeklige we gaýtadan dikeltmeklige mümkinçilik berýän telewizion ulgamlarynyň döremegine getirdi. Şeýle ulgama *gara-ak telewizion ulgam* diýilýär.

Şekilleriň elementleriniň mukdary *radiokanalýň geçiriji zolagyna* laýyklykda we fiziologik ölçegler (kriteriýalar) bilen saýlanyp alynýar. Geçirilýän ýygylýklaryň zolagyny gysmak we telewizoryň ekranynyň bildirip duran ýylpyldamasyny kemeltmek üçin *setirara ýazma* (*чересстрочная развёртка*) ulanylýar. Şeýle hem ol hereketiň birsydyrgynlygyny artdyrmaga mümkinçilik berýär.

Telegörkeziş hadysasy umumy görnüşde aşakdaky gurluşlary özünde jemleýär:

- *Telewizion kamera* – iberiji turbanyň nyşanasynnda obýektiwiň ýa-da ýarym geçiriji matrisanyň kömegi bilen alynýan şekili *telewideo signala* öwürmek üçin ulanylýar;
- *Telekinoproýektor* – kinolentadaky şekili we sesi telesignala öwürýär we telewideniýe boýunça kinofilmleri görkezmäge mümkinçilik berýär;
- *Wideomagnitofon*-iberiji kamera ýa-da telekinoproýektor tarapyndan wideosignallary ýazga ýazýar ýa-da gerek wagtynda gaýtadan görkezýär;
- *Wideomikşer* – şekilleriň birnäçe çeşmelerini: kameralary, wideomagnitofonlary we beýlekileri özaralarynda utgaşdyrmaga mümkinçilik berýär;
- *Iberiji-ýokary ýygylýkly äkidiji signaly* telewizion signal bilen *modulirlenýär* we radio ýa-da geçiriji simler bilen geçirýär;
- *Kabul ediji* – *telewizor*-wideosignalda bar bolan *sinhroimpulslaryň* kömegi bilen, telewizion şekili kabul edijiniň (kineskop, SK (suwuk kristal) – displeý, plazmaly panel) ekranynnda dikeldilýär.

Mundan başga-da, telewizion gepleşigi guramak üçin, radioeşitdirişe meňzeşlikde, ses hem ulanylýar. Ses aýratyn ýygylýkda, adatça, ýygylýk modulýasiýasynyň kömegi bilen, *FM*-radiostansiýalara meňzeş bolan tehnologiýalar boýunça geçirilýär. Sanly telewideniýede ses, köplenç, köpkanally bolýar we şekil bilen bilelikde geçirilýär.

Gara-ak telewizion ulgamlaryň umumy parametrleri we häsiýetnamalary: kadrlaryň çalşyk ýygylýgy  $F_k = 25 \text{ Gs}$ ; meýdanlaryň çalşyk (setirara ýazma) ýygylýgy  $50 \text{ Gs}$ ; kadrda setirleriň sany  $Z = 625$ ; setirleriň yzygider gelmek ýygylýgy  $F_s = F_k \cdot Z = 25 \cdot 625 = 15625 \text{ Gs}$ ; şekiliň signalynyň ýygylýk zolagynyň ini  $6,5 \text{ MGs}$  töweregi. Wideosignalyň ýygylýk zolagynyň ini ses ýygylýklarynyň ini bilen bilelikde  $8 \text{ MGs}$  deňdir.

Soňra telewideniýäniň täze hilini ýüze çykarmak we amala aşyrmak, ýagny telewizion şekilleri hakyky (natural) reňklerde we göwrümleýin ölçegde almak döwri başlandy.

Indi Türkmenistanda radioalypeşitdirişin we telewideniýäniň gysga taryhyna seredeliň.

1926-njy ýylda Türkmenistan hökümeti Aşgabatda radiostansiýanyň gurluşygyna başlamak baradaky karar kabul etdi. Türkmenistanda ilkinji radiostansiýa 1927-nji ýylyň noýabr aýyndan başlap Aşgabat şäherinde işläp başlady. Gepleşikler hepdede 6 gün we her günde 6 sagat alnyp barylady. Radiostansiýada 50 sany çyra we 100 sany detektorly radiokabuledijiler oturdylandan soň yzygider radio gepleşikleri başlandy.

1951-nji ýylda TSSR Medeniýet ministrliginiň ýanynda radiomaglumatlaryň Baş uprawleniýesi, 1957-nji ýylda TSSR Ministrler Sowetiniň ýanyndaky radioalypeşitdiriş we telewideniýe boýunça Komitet, 1970-nji ýylda TSSR-iň telewideniýe we radiogepleşikler boýunça Döwlet komiteti (TSSR-iň Döwlet teleradio komiteti) döredildi.

Geçen asyryň 60-njy ýyllarynyň başynda radiogepleşikleriň ikinji programasy işe girizildi we telewizion diňiň gurluşygy tamamlanandan soň – ýygylýk modulýasiýaly ultra gysga tolkunlaryň programasy işläp başlady. Krasnowodskide (häzirki Türkmenbaşy şäheri), Nebitdagda (häzirki Balkanabat şäheri), Tejende, Baýramalyda, Çärjewde (häzirki Türkmenabat şäheri) ultra gysga tolkunlar boýunça alyp eşitdiriş ýola goýuldy.

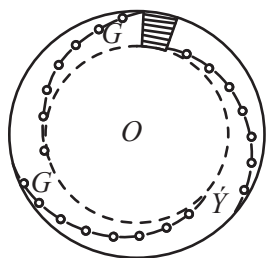
1958-nji ýylda Aşgabatda ýerli telewizion gepleşikler görkezilip başlandy. 60-njy ýyllaryň başynda Aşgabatda telestudiýanyň we telewizion diňiň binasy guruldy. 1967-nji ýylda kosmos aragatnaşygyň teleretranslýatory işe girizildi we Samarkant-Aşgabat radioreleý liniýanyň gurluşygy tamamlandy. Türkmenistanyň ýaşajyjlary Ýeriň «*Molniýa*» emeli hemrasynyň we beýleki aragatnaşyk serişdeleriniň kömegi bilen öňki Soýuzyň Merkezi telewideniýesiniň (MT) «*Orbita*» we «*Wostok-4*» telewizion gepleşiklerini gördüler. 1970-nji ýyldan başlap Aşgabat telestudiýasy radioreleý liniýa boýunça öňki Soýuzyň Merkezi telewideniýesiniň «*1-A Wostok*» programmasyny alyp we geçirip (retranslýasiýa) başlady. 1972-nji ýyldan başlap Aşgabat-Gyzylarbat (häzirki Serdar şäheri) radioreleý liniýasy türkmen telewideniýesiniň programalaryny Bäherdene, Arçmana, Gyzylarbata (häzirki Serdar şäheri) geçirip başlady. 1971-nji ýyldan başlap Krasnowodskiniň (häzirki Türkmenbaşy şäheri) we Nebitdagyň (häzirki Balkanabat şäheri) teletoşaşaçylary «*Orbita*» kosmos stansiýasynyň kömegi bilen öňki Soýuzyň Merkezi telewideniýesiniň programalaryny görüp başladylar. 1973-nji ýylda Çärjewde (häzirki Türkmenabat şäheri) we Baýramalyda Merkezi telewideniýäniň programalarynyň görkezilişini gowulandyryňan kuwwatly peredatçikler oturdyldy.

Reňkli Merkezi telewideniýesiniň aparat-studiýa blogynyň işe girizilmegi bilen Aşgabadynyň telestudiýasy özünüň reňkli gepeleşiklerini berip başlady. 1976-njy ýylda Mary-Guşgy radioreleý liniýasynyň işe girizilmegi bilen Mary welaýatynyň ilaty telegepeleşikleri görüp başladylar. Daşoguz şäherindäki retranslyator ýurdyň demirgazyk etraplarynda ýaşayan ilata respublikan telewideniýesiniň birinji programmasyny görmäge mümkinçilik berdi.

### 25.3. Reňkli telewideniýäniň döremegi we ösüşi

Reňkli telewideniýe ulgamy döredilende adamyň gözünüň fiziologik häsiýetleri ulanyldy. Reňk duýgusy adam tarapyndan ýagtylyk şöhlelenmesini kabul etmek netijesinde döreyär. Bu duýgy fiziki äkidiji – elektromagnit tolkunlydyr. Reňk duýgusy adamyň gözündäki iki görnüşli-kolbajyk we taýajyk şekilli nerw öýjükleri arkaly döreyär. Kolbajyk öýjügi reňk duýgusyny döredýär, taýajyk öýjügi bolsa diňe şöhlelenmäniň kuwwatyny duýýar. Üç düzüjili göreç nazaryýetine görä, adamyň gözündäki kolbajyklar gyzyly, ýaşyly we gök reňkleri kabul edýär. Beýleki reňkler bu esasy reňkleriň garyndysydyr. Adamyň gözi üçin ak reňk diňe üç reňkiň gyzyly (red), ýaşyly (green) we gök (blue) ýagtylyk akymalarynyň jemi hökmünde kabul edilýär. Suratkeşler reňkleri garyp, şeýle usuly giňden ulanýarlar.

Häzirki zaman telewizion tehnika gepeleşikleri reňkli şekillerde geçirmäge mümkinçilik berýär. Munuň üçin her şekili üç gezek, ýagny gyzyly, ýaşyly we gök reňklerde geçirmek, kabul edýän tarapdan bolsa olary (giňişlikde ýa-da wagtda) bir şekile ýygnamak talap edilýär. Şeýle ulgamlara *reňkli telewizion ulgamlar* diýilýär.



217-nji surat.  
Adamiýanyň disk

Ilkinji üç reňkli telewizion ulgamyň taslamasy 1925-nji ýylyň fewralynda sowet inženeri O.A.Adamiýan (1879–1932 ý.) tarapyndan hödürlendi (217-nji surat). Onuň ulgamynyň esasy elementi bolup reňkli süzgüçleri bolan disk hyzmat edýär. Diskde nokatlanç deşikleriň üç seriýasy üç sany spiral boýunça deň burç aralyklarynda ýerleşdirilendir. Birinji spiralda ýerleşen deşikler gyzyly, ikinjidakiler ýaşyly we üçinjakiler gök ýagtylyk süzgüçleri bilen ýapylýarlar.

Şeýle diske reňkli şekil düşürilende, diskiň bir aýlawynda gyzyly, ýaşyly we gök reňkleri görmek bolýar.

Mehaniki telewideniýäniň bu ilkinji ädimlerinden soň reňkli telewideniýe boýunça tejribe işler başlandy. O.A.Adamiýanyň usuly boýunça ilkinji reňkli telewizion şekil 1928-nji ýylyň iýulynda Angliýanyň *Berda barlaghanasynda* görkezildi.

*Telewideniýe ulgamy* diýip reňkli telegepeleşiklerde reňk baradaky maglumatlary kodirlemegiň usulyna aýdylýar. Standart aýdyňlykly analog telewideniýede reňki

geçirmegiň *NTSC*; *SECAM*; *PAL* (dörediliş tertibi boýunça) diýip atlandyrylan üç ulgamy ulanylýar.

1929-njy ýylyň iýulynda ABŞ-da *Bella firmasynyň barlaghanasynda* 3 sany özbaşdak kanal ulanylyp üç reňkli telewizion ulgam görkezildi.

1940-njy ýylyň awgustynda ABŞ-da «*Kolumbiýa*» radiogepeşikler kompaniýasy tarapyndan elektron görnüşli üç reňkli telewizion ulgamda reňkli kinofilm görkezildi. Soňra bu ulgam boýunça ilkinji gezek reňkli obýektlerden hakyky şekiller görkezildi.

1953-nji ýylyň 18-nji dekabrynda ABŞ-da häzirki wagta çenli ulanylýan we köpçülikleýin reňkli telegepleşigiň standarty hasaplanýan, ilkinji reňkli telewizion *NTSC standarty* tassyklandy. Bu standart Ýaponiýa, Koreýa, Kanada hem-de Amerika yklymynyň beýleki döwletleri tarapyndan kabul edildi.

Şol ýyl SSSR-de öňki amerikan *CBS ulgamyna* meňzeş, reňkleri yzygider geçiriji ulgam boýunça, wagtly-wagtynda tejribe reňkli gepeşikler geçirilip başlandy. Bu telegepeşikler 1955-nji ýyla çenli, ýagny bu standart könelişen diýlip hasap edilýänçä, dowam etdi.

*NTSC standarty*nyň köpsanly kemçilikleriniň barlygy sebäpli, XX asyryň 50-nji ýyllarynda Fransiýada reňkli telewideniýäniň *SEKAM ulgamy* döredilip başlandy. Birnäçe tejribe barlaglaryndan soň Russiýa reňkli gepeşikleri amala aşyrmak üçin bu standarty saýlap aldy we 1965–1966-njy ýyllarda sowet hünärmenleriniň gatnaşmagynda bu ulgam doly işe girizildi. Russiýada reňkli telewideniýe sowet - fransuz *SEKAM ulgamy* arkaly amala aşyrylýar. *SEKAM ulgamy* Bolgariýada, Wengriýada, Horwatiýada, Polşada, Gresiyada, Afrikanyň, Ýakyn we Orta Gündogar ýurtlarynda giňden ýaýrandyr.

1967-nji ýylda Fransiýada we SSSR-de häzirki wagta çenli ulanylýan reňkli telegepleşigiň *SECAM standarty* tassyklanyldy.

*SEKAM ulgamynyň* döredilýän ýyllarynda «*TELEFUNKEN*» nemes firmasynyň hünärmenleri *PAL ulgamyny* döredip başladylar. 1966-njy ýylda Günbatar Ýewropa ýurtlarynyň köp döwletlerinde *PAL ulgamy* kabul edildi. Häzirki döwürde *PAL ulgamy* dünýäde has giň ýaýran reňkli telewizion ulgamdyr.

Bir ulgamyň signalyny başga ulgam kabul edilýän ýere geçirmek üçin reňkli telewideniýäniň signalyny öwürmek zerurdyr. Bu operasiýa *transkodirlemek* diýilýär.

Soňky wagtarda öndürilýän telewizorlar reňkli telewideniýäniň gepeşiklerini *SECAM* we *PAL ulgamlary* boýunça kabul etmäge ukyplydyrlar. Bu telewizorlarda setirleriň sany – 525, kadrlarynyň sany – 30 we wideosignalyň ýygylgynyň ini 4 MGs deňdir. *SECAM ulgamynda* şekiliň aýdyňlygyny saklamak üçin wideosignalyň ini 6,5 MGs töweregi bolmaly.

Häzirki döwürde Russiýada we beýleki ýurtlarda telewizion gepeşikleriniň şekilleriniň hilini ýokarlandyrmak boýunça işler alnyp barylýar.

Häzirki döwürde *gara-ak telewizion gepeşik ulgamyny* ulanmak çäklidir. Häzirki zaman telewizion gepeşigi reňkli şekilleri geçirmeklige esaslanandyr. Reňkli telewizion ulgam gara-ak telewizion ulgam bilen doly gabat gelýär, ýagny reňkli şekilleriň signallary gara-ak telewizion gepeşikleriň kanallary we ýygylary boýunça geçirilýärler. Reňkli telewideniýäniň kanallarynyň umumy häsiýetnamalary, gara - ak telewideniýe üçin ulanylýan häsiýetnamalar bilen, umuman, gabat gelýär.

Reňkli we gara-ak telewideniýäniň sazlaşygyny üpjün etmek üçin iki ýagdaýda hem kadrlaryň ýygylgy birmeňzeş we 25 *Gs*, wideosignalyň ýygylgy zolagy, takmynan, 6,5 *MGs*, setirleriň sany 625-e deň bolmagy zerurdyr.

*Telegepeşikleri görkezişiň standarty* diýip kadrlary bölme setirleriniň sanynyň jemine, kadrlaryň çalyşma ýygylgyna ýa-da ýazmanyň (açmanyň) meýdanlaryna we görnüşlerine aýdylýar. Indi, onlarça ýyllardan bäri dünýäde iki standart agdyklyk edýär: Telewizion gepeşikleriň standartlary *telewizion signallaryň standartyndan* we *renkli telewideniýäniň ulgamyndan* ybaratdyr.

Telewizion signalyň standarty reňkiň häsiýetnamasyny hasaba alman signalyň parametrini, ýagny kadrdaky setirleriň sanyny, meýdany ýaýmak ýygylgy, sesi we şekili äkidiji ýygylgyň tapawudyny, telewizion signalyň zolagynyň ini we ş.m. kesgitleýär.

Dünýäde telewizion signallaryň 10 standarty bar: *B, D, C, I, H, K, K<sub>L</sub>, L, M, N*. Bellibir standarty kabul etmäge niýetlenen telewizor beýleki standartyň signalyny kabul edip bilmeýär.

Russiýada *D* we *K* standartlar kabul edilendir, *D* standart metr uzynlykly tolkun uzynlygy bolan çäklerde, *K* – standart bolsa desimetr tolkun uzynlykly çäklerde ulanylýar.

Reňk ulgamy reňkiň signallaryny bermek usullaryny kesgitleýär.

Telewizion iberijileriň standartyny görkezmek üçin reňk ulgamyny we telewizion signalyň standartyny görkezmek talap edilýär, meselem: *SECAM-D/K*.

*OIRT (MORT–Международная организация радиовещания и телевидения)* guramasyna giren ýurtlarda *SECAM-D/K ulgamy* ýaýrandyr. *CCIR (МККР – Международный консультативный комитет по радиосвязи)* guramasyna girýän Ýewropa ýurtlarynyň köpüşinde *PAL-B/G ulgamy* ulanylýar. ABŞ-da *NTSC-M*, Hytaýda – *PAL-D*, Ýaponiýada–*NTSC-M*, Angliýada *PAL-I*, Müsürde–*SEKAM- B/G*, Russiýada *SEKAM-D/K* ulanylýar.

Häzirki wagtda dăp bolan bölme standartlarynyň ornuna ýokary aýdyňlykly telewideniýe (*TB 4, HDTV*) geldi. Ýokary aýdyňlykly telewideniýäniň iki esasy bölme standarty bar, olar aşakdaky setirara bahalary bilen tapawutlanýarlar:

- 720 setir / 50 meýdan, 60 meýdan, 30 kadr, 25 kadr, 24 kadr;
- 1080 setir/ 50 meýdan, 60 meýdan, 30 kadr, 25 kadr, 24 kadr.



Tehnologiýanyň ösmekligi şekilleri, hili, kinematografiýadan hem ýokary bolan derejede geçirmäge mümkinçilik berýän täze standartlaryň döremegine getirdi. Bu standartlara 4 K we 8 K *UHDTV* degişlidirler.

Gepleşikleri geçirmekligiň ulgamyna baglylykda telewideniýe *ýerüsti*, *kabel* *ýa-da hemra görnüşli* bolup bilýär.

*Ýerüsti telewideniýe* - telewizion signaly ulanyjylara telewizion diňleriň we 47–862 *MGs* diapazonly iberijileriň kömegi bilen geçirýän ulgam. Signaly kabul etmek üçin otag *ýa-da* daşky antenna ulanylýar.

*Hemra telewideniýesi* – iberiji merkezden telewizion signaly ulanyjylara geçirmek üçin, kosmosda, ekwatoryň üstünde, ýere golaý geostasionar orbitada ýerleşen Ýeriň emeli hemralaryny retranslýator hökmünde ulanýan ulgam. Bu ulgam adaty usul bilen retranslýasiýa etmeklik kyn bolan ilatly punktlary ýokary hilli telewizion signal bilen üpjün edip bilýär.

Analog telewideniýesi telegepdeşlikleri görkezşiň *NTSC*, *PAL* *ýa-da* *SEKAM* standartlarynda kodly *ýa-da* şifrlenlen görnüşde, hemranyň kömegi bilen ýaýradylýar.

Sanly telewizion signal *ýa-da* multipleksirlenen signal, adatça, *OPSK* *ýa-da* 8 *SPK* bilen modulirlenýär.

Umuman, sanly telewideniýe, şol sanda hemra arkaly geçirilýäni hem, düzgün bolşy ýaly, umumy kabul edilen *MPEG*, *DVB-S* we *DVB-S2* standartlara esaslanylýar.

## 25.4. Sanly telewideniýäniň ösüş döwürleri

*Analog telewideniýesi*-şekilleri we sesi kabul etmek, çykarmak we ibermek üçin analog elektrik signallary ulanýan telewizion ulgam. Sanly, şol sanda mehaniki telewideniýä çenli döwürde ähli kabul ediji - iberiji ulgamlarda, kabeller, şeýle hem radio boýunça geçirilýän analog signallary ulanyldy. Ýuwaş-yuwaşdan dünýäniň ýurtlary sanly telewideniýä geçip başladylar. Russiýa we Hytaý 2015-nji ýylda sanly telewideniýä doly geçdiler.

*Sanly telewideniýe* analog telewideniýesi bilen deňeşdirilende, şekilleriň has ýokary durnuklylygy bilen tapawutlanýar. Ol sesiň hilini ýokarlandyrmaga, telewizion ulgamlaryň funksional mümkinçiliklerini giňeltmäge mümkinçilik berýär. Onuň ýene-de bir artykmaçlygy-aragatnaşyk kanallary boýunça geçirilýän maglumatlaryň kiçi göwrümliligi, şeýle hem goşmaça hyzmatlarynyň barlygydyr. Sanly telewideniýä geçmeklik telewizion kanallaryň sanyny düýpli köpeltmäge mümkinçilik berýär, ýagny analog telewizion kanalyň bir ýygylgynda onlarça sanly (standart aýdyňlykly) ýygylgyklar geçirilýär (translirlenýär). Bu bolsa bir kanaly ýaýratmak üçin edilen çykdajyny azaltmaga mümkinçilik berýär. Wideosignaly gysmagyň sanly usuly ýokary aýdyňlykly telewideniýäniň ösmegine itergi berdi.

XXI asyryň birinji onýyllygynda sanly telewideniýe ösen ýurtlaryň telewizion ulgamlarynda öňdebaryjy orny eýelär. Ylmyň bu pudagy okuw edebiýatlarynda az beýan edilýär we okyjylar sanly telewideniýe baradaky maglumatlary žurnallardan we Internetden almak bilen çäklenýärler.

Sanly telewideniýe özüniň ösüşinde birnäçe döwürleri geçdi. Her döwürde ilki-başda ylmy-barlag we tejribe-konstruktorçylyk işleri ýerine ýetirilýär, eksperimental gurluşlar we ulgamlar döredilýär, soňra düzgün bolşy ýaly, Halklara standartlary kabul edilýär. Bu standartlar telewizion gepleşikleri alyp barýan, wideoprogrammalary taýýarlaýan ähli guramalar we abzallary öndürýän ähli firmalar tarapyndan ýerine ýetirilmelidir. Standartlary kabul etmeklik islendik tehnologiýanyň, şol sanda telewideniýäniň ösüşiniň möhüm düzüm bölegidir.

Halkara standartlary ilkinji nobatda 1947-nji ýylda döredilen standartlaşdyrma boýunça *Halklara guramasy (ISO - International Organization for Standardization)* tarapyndan kabul edilýär. Tehnikanyň haýsy-da bolsa bir çäginde standartlary işläp taýýarlamak üçin *ISO işçi topary* döredýär. Şeýle topara mysal hökmünde sanly telewideniýe üçin standartlary döreden *MPEG (Motion Picture Expert Group)* toparyny görkezmek bolar.

Standartlaşdyrmada möhüm ähmiýete eýe beýleki gurama-*Elektrik aragatnaşygyň Halklara Soýuzydyr (ITU-International Communication Union)*. ITU tarapyndan kabul edilýän resminamalary *Hödürnamalar* diýip atlandyryrlar.

Sanly telewideniýäniň ösüşiniň birinji döwründe sanly tehnika telewizion ulgamyň aýratyn böleklerinde ulanyldy. Bu döwrüň has möhüm üstünligi sanly studiýa enjamlarynyň döredilmegi boldy. Häzirki zaman telestudiýalarynda kameralardan gelýän signallar san görnüşine öwürülýärler we olaryň ähli soňky işlenişleri we saklanyşlary telemerkeziň çäklerinde sanly gurluşlar tarapyndan amala aşyrylýarlar. Telestudiýanyň abzallarynyň çykyşynda telesignal *analog (üzniüksiz signal)* görnüşe öwürülýär we adaty aragatnaşyk kanallary boýunça geçirilýär.

Sanly telewideniýäniň ösüşiniň birinji döwründe edilen işleriň netijeleri *Hödürnama ITU-R BT 601 ITU-R (International Telecommunication Union Rado)*, ýagny *Elektrikaragatnaşygyň Halkara Soýuzynyň radioaragatnaşyk Sektory* atly resminamada getirilendir. Bu standartyň köne ady-*Radio boýunça Halklara konsultatiw komitetiň 601-nji Hödürnamasy (MKKP)*. Bu standart 1982-nji ýylda kabul edildi.

Sanly telewideniýäniň ösüşiniň ikinji döwründe *gibrid analog-sanly telewizion ulgamlar* döredildi.

*Gibrid telewizion ulgamlaryna* mysal hökmünde ýokary aýdyňlygy bolan *MUSE ýapon telewizion ulgamyny* we *günbatar Ýewropa MAC ulgamyny* görkezmek bolar. Bu ulgamlaryň iberiji we kabul edýän böleklerinde signallar sanly gurluşlar tarapyndan işlenilýär, aragatnaşyk kanalynda bolsa signallar analog görnüşinde geçirilýär.

Sanly telewideniýäniň ösüşiniň üçünji döwrüne *sanly telewizion ulgamlaryna doly geçilen döwür* diýmek bolar.

Ýaponiýada we Ýewropada ýokary hilli *MUSE we HD-MAC telewizion ulgamlary* döranden soň, 1987-nji ýylda ABŞ-da milli standart hökmünde tassyklamak üçin ýokary hilli telewizion ulgamy döretmek boýunça bäsleşik yglan edildi. Ilkinji ýyllarda bu bäsleşige dürli analog ulgamlary hödürlendi. *MUSE ulgamy* we diňe hemra kanallary boýunça gepleşikleri berýän beýleki ulgamlar bäsleşikde seredilmedi. Sebäbi, ABŞ-da *1400-e* golaý kompaniýa ýerüsti telewizion gepleşikleri alyp barýardylar we ýurtda kabel geçirijileriniň seti giň ýaýrandy. Bu gurluşlar telewizion kanalyň *6 MGs* ýygýlyk zolagynyň inine niýetlenendi.

1990-njy ýylda sanly telewizion ulgamlaryna doly geçmek baradaky ilkinji teklipler geldi. Bu tekliplerde diňe sanly telewizion ulgamlary döretmek barada aýdylan, bu ulgamlary wideotelefon we wideokonferensiýa hökmünde ulanmak, wideoprogrammalary sanly lazer kompakt-disklere ýazmak, kompýuter grafikasy, multimediyä üçin video gurluşlar we ş.m. üçin ulanmak barada aýdylýardy.

1993-nji ýylyň başynda iň soňky analog ulgamlary bäsleşikde seredilmekden aýryldy. 1993-nji ýylyň maý aýynda 4 kompaniýa we ylmy barlag guramalary «*Grand-Alliance*» taslamasyna birleşdiler we ABŞ-da doly sanly telewizion ulgamynyň standartynyň esasyňy dörediler. Täze ulgamy döreden guramalar *Massachusetts Tehnologiya instituty, Zenith korporasiýasy, AT&T General Instruments, Philips-iň we Thomsonyň amerikan bölümleri* we beýlekilerdir.

Kinofilmleri we wideoprogrammalary kompýuter lazer disklerine ýazmak we adaty personal kompýuter bilen şekilleri we sesi bermäge mümkinçilik berýän *MPEG-1 standarty* 1993-nji ýylyň dekabrynda tassyklanyldy.

Köp ýurtlarda *MPEG-2 standarty* boýunça telewizion signallary gysmaga esaslanan sanly telewizion ulgamlar ulanylýar. Şunlukda, ilkinji nobatda berilýän telewizion programmalaryň sanynyň artdyrylmagy gazanylýar.

Sanly telewizion ulgamynyň geljeginiň barlygy belli bolandan soň, 1993-nji ýylda Ýewropada *DVB (Digital Video Broadcasting-Sifrowoýe Video Weşaniýe)* taslamasy kabul edildi. Bu taslamanyň üstünde dünýäniň 130 firmasy we ylmy-barlag guramalary işlediler. 1997-nji ýylda Ýeriň emeli hemralarynyň kömegi bilen Ýewropa ýurtlaryna reňkli telewideniýäniň 170 kanaly berildi, 1998-ýylyň ahyryna şeýle kanallaryň sany 1000-den geçdi.

Sanly telegepleşikleriň standartlary: *HDTV, UHDTV, DVB (DVB-S, DVB-S2), ATSC, ISDB, SBTVD*.

1999-njy ýylda Russiýa Federasiýasynyň «*Goskomsýaz*» guramasy «*Rus-siýada sanly ýerüsti ses we telewizion gepleşikler ulgamyny ornaşdyrmak konsepsiyasyny*» kabul etdi.

Russiýada sanly telewideniýäniň ulgamlaryny iki döwürde geçirmeklik göz önünde tutulýar. Birinji döwürde garyşyk (*analog we sanly*) gepleşikler üçin birnä-

çe tejribe zolaklary dörediler. Birinji döwürde Halklara standartlaryň Russiýanyň şertlerinde ulanylyşy barlanylar. Ikinji döwürde sanly tele we ses gepleşikleriniň standartlary tassyklanylar.

Özüniň üstünlikleri bilen birlikde *sanly telewideniýe aşakdaky iki sany kemçilige* eýedir:

1. Signaly kabul etmek mümkin bolan meýdanynyň çäkligi;
2. Kabul edilýän signalyň ýeterlik däl derejesinde şekilleriň doňmaklygy we «kwadratlar» bölünmekligi.

Häzirki wagtda aşakdaky *esasy standartlar* hereket edýär:

- DVB - sanly telewideniýäniň ýewropa standarty.
- ATSC - sanly telewideniýäniň amerikan standarty.
- ISDB - sanly telewideniýäniň ýapon standarty.

Häzirki wagtda dünýäniň 51 ýurtda analog telewideniýesi sanly telewideniýe bilen çalşyryldy.

Telekeçilik telegepleşikleriň döremegi bilen telewizion programmalary gaýtdan görkezmek we ýaýratmak üçin saklamak zerurlygy döredi. Ultragysga tolkunlarda gepleşikleri geçirýän ilkinji telestansiýalar, radiotolkunlaryň gönüçyzykly ýaýraýanlygy netijesinde çäkli täsir radiusyna eýediler. Şoňa görä-de, beýleki stansiýalara ýazgylary eltmek üçin fiziki usuldan peýdalanmak ýa-da telewizion signallary *radioreleý geçirijileriň* kömegi bilen geçirmeklik gerek boldy. Soňky usul 1950-nji ýyllaryň ortalarynda döredi.

Telewideniýäniň ösüşiniň başynda ýazgy etmek üçin pes hilli, *şekilleri kinobellige almagyň tehnologiýasy* ulanylýardy. Diňe, 1956-njy ýylda *Ampex firmasy* tarapyndan ilkinji *wideomagnitofon* döredildi. Şeýlelikde, teleprogrammalary saklamaklygyň tehniki meselesi çözüldi. Häzirki zaman telewideniýesinde *ýazgy* we *wideomontaj* etmegiň *sanly tehnologiýalary* ulanylýar. Olar telewideniýäniň aýrylmaz bölegi boldular.

Häzirki wagtda, reňkli telewideniýede *PTV* ölçegde ýazmak we öňki ýazylan programmalary gaýtdan döretmek telewizorlarda ýa-da şeýle funksiýany ýerine ýetirýän *reziwerlerde* amala aşyrylýar.

## 26-njy bab. INTERNET ULGAMY

Häzirki döwürde haş giňden ýaýran aragatnaşyk ulgamlarynyň biri *Internetdir*. Internetiň ilkinji görnüşleri ABŞ-da döredildi. 1957-nji ýylda SSSR-de Ýeriň ilkinji emeli hemrasy uçurylandan soň ABŞ-nyň hökümeti maglumatlary ygtybarly geçirmek ulgamyny döretmek meselesini öňde goýdy. Amerikanyň birnäçe uly uniwersitetlerine şeýle ulgamy döretmek tabşyryldy. Taslamada kompýuter toruny *ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network)* diýip atlandyrdylar. 1969-njy

ýylyň ahylrlarynda *ARPANET* toruna dört sany harby ylmy-barlag institutlarynyň we ýokary okuw mekdepleriniň kompýuterleri birikdirildi.

1969-njy ýylyň 29-njy oktýabrynda biri-birinden 640 km aralykda ýerleşen – Los-Anželesiň Kaliforniýa uniwersiteti bilen Stendford ylmy-barlag institutynyň arasynda – ilkinji aragatnaşyk seansy geçirildi. Ilkibaşda diňe üç «*LOG*» simwoly geçirildi. «*LOG*» simwoly *LOGON* (*ulgama giriş komandasy*) sözi bolmaly. Şol gün Internet torunyň dörän günü hasaplanýar.

1971-nji ýylda tor boýunça elektron poçtany ibermek üçin ilkinji programma işlenip düzüldi. 1973-nji ýylda transatlantik telefon kabeliniň kömegi bilen tora ilkinji daşary ýurt guramalary (Beýik Britaniýa, Norwegiýa) birikdirildi. Şu pursatdan başlap tor Halkara derejesine eýe boldy.

XX asyryň 70-nji ýyllarynda toruň esasy maksady elektron poçtasyny geçirmek boldy. Şol bir wagtda dürli bildirişler tagtasy we täzelikler toparý döräp başlaýar. Emma beýleki standartlarda gurnalan torlar bilen özara täsirlerde uly kynçylyklar döredi. Maglumatlary geçirmegiň dürli beýanlarynyň güýçli ösmegi, şeýle hem olaryň 1982–1983-nji ýyllarda standartlaşdyrylmagy netijesinde 1983-nji ýylda olary birleşdirýän «umumy» *TSP/IP* (*Transmission Sontrol Protokol/ internet Protokol*) beýany (*Ulgam maglumatlaryny beýan etmegiň, ony geçirmegiň usullarynyň we gaýtadan işlemegiň standarty*) döredi. XX asyryň 80–90-njy ýyllarynda dürli döwletlerde köpsanly pudagara, sebitara, milli global kompýuter ulgamlary döredilýär. Olaryň Halkara Internet ulgamyna birleşmegi *TSP/IP* umumy beýanynyň esasynda bolup geçdi. Bu geçiş 1983-nji ýylyň 1-nji ýanwarynda amala aşyryldy. Şol ýyl *ARPANET* tory «*Internet*» diýlip atlandyryldy.

1984-nji ýylda *domen atlaryň ulgamy* (iňlis sözi *Domain Name System, DNS*) işlenip düzüldi.

Şol ýyl *ARPANET*-iň güýçli garşydaşy – uniwersitetara *NSFNet* tory (iňlisçe *National Science Foundation Network*) döredi. Bu tor köpsanly ownuk torlary birikdirýärdi we *ARPANET* bilen deňeşdirilende geçirijilik ukyby has ýokarydy, şeýle hem täze müşderileri birikdirmek boýunça ýokary görkezijilere (ýylda 10 müň müşderä golaý) eýedi. Şeýlelikde, «*Internet*» ady *NSFNet*-e geçdi.

1988-nji ýylda tekst maglumatlaryny *Internet Relay Chat* (*IRC*-iň kömegi bilen pursatlaýyn (mgnowen) geçirmek beýany tassyklandy. Şeýlelikde, Internetde, çatda hakyky wagtda «*janly*» *baglanyşyk* etmeklik mümkin boldy. 1989-njy ýylda belli iňlis alymy Tim Bernes-Li *Bütindünýä tor konsepsiyasyny* hödürledi. Ol soňky iki ýylda *HTTP beýanyny*, gipertekst belgilemäniň *HTML* dilini we *URL* identifikatory işläp taýýarlady.

1990-njy ýylda *ARPANET* tory işlemegini bes etdi. Şol ýyl ilkinji gezek telefon geçirijisi boýunça *Internet*e birikdirilme (*Dialup access* – «*jaň etme*») amala aşyryldy.



1993-nji ýylda *Bütindünyä Halkara ulgamy World Wide Web (www)* döredilýär. Onuň döremegi bilen Internetde bolan gyzyklanma artýar. Internet maglumatlarynyň tizligini, arzan aragatnaşygy, bilelikdäki işleri alyp barmak şertlerini, elýeterli maksatnamalary, maglumatlar toplumlaryny özünde jemleýär.

1996-njy ýyldan başlap *Bütindünyä tory (www)* internet düşünjesini doly çalyşýar we faýllary trafik boýunça ibermek *FTP beýanyndan* öňe geçýär. Tehniki standartlaryň açyklygy toruň çalt giňelmegine mümkinçilik berdi. 1997-nji ýylda Internetde 10 milliona golaý kompýuterler we 1 milliondan hem köpräk domen atlar bardy. Internet - maglumatlary alyşmak üçin iň oňat serişde boldy.

Häzirki wagtda Internetde telefon, radio-kanallar, öýjükli aragatnaşyk, hemra aragatnaşygy, kabel telewideniýesi, ýörite optiki-süýümlü geçirijiler we hatda elektrik geçirijileri arkaly hem girip bolýar. 2010-njy ýylyň 22-nji ýanwaryndan başlap Halkara kosmos stansiýalaryndan hem Internetde göni girip bolýar.

Internet ulgamynyň peýdalanyjylar düwünlere, köplenç, kommutirleýän telefon geçirijilere birikdirilýär. Onuň üçin *modem* diýlip atlandyrylýan ýörite gurluşdan peýdalanylýarlar («*Modem*» sözi modulýator we demodulýator sözlerinden emele gelen). Ol kompýuterleriň diskret sanly elektrik signalyny telefon aragatnaşygynda ulanylýan analog signala (*modulýator*) we tersine (*demodulýator*) öwürýär. Modem hem peýdalanyjynyň kompýuterine çatylýar.

Internet ulgamyny ulanyjy onuň kesgitli hyzmatlaryndan peýdalanyň bilýär. Bu hyzmatlary hödürleýän edaralara *prowaýderler* diýilýär. 1995-nji ýylda tor prowaýderleri ilkinji gezek Internetiň hyzmatlaryny ýerine ýetirmekligi öz üstlerine aldylar. Türkmenistanda Internet hyzmatlary «*Türkmentelekom*» edarasy tarapyndan amala aşyrylýar.

## 27-nji bab. ÖYJÜKLI ARAGATNAŞYGYŇ ÖSÜŞ TARYHY

### 27.1. Öýjükli aragatnaşyk we onuň işleýiş prinsipi

Hereketli (mobil) radio aragatnaşyk ulgamy kesgitli çäkde, ýerleşen ýerleri erkin bolan köpsanly hereket edýän (mobil) müşderileriň arasynda birwagtda aragatnaşygy üpjün edýär. *Öýjükli aragatnaşyk – hereketli aragatnaşyk tory* – esasynda öýjükli tory bolan *hereketli (mobil)* radioaragatnaşygyň görnüşleriniň biridir. Onuň esasy aýratynlygy, umumy täsir edýän zolagy aýratyn baza stansiýalarynyň täsir edýän zolaklary bilen kesgitlenýän öýjüklere bölünýär. Öýjükler biri-biriniň üstüne düşüp bilelikde tor emele getirýärler. Ideal (tekiz we gurluşyklar bolmadyk) üstde bir baza stansiýasynyň täsir edýän zolagy tegelek görnüşdedir we şoňa görä-de, olardan düzülen tor altyburçly öýjükleriň (ary öýjükleriniň) görnüşine eýe bolýar.

Tor şol bir ýygylýk diapazonynda işleýän, hereket edýän müşderileriň häzirki ýerleşýän ornuny kesgitlemäge mümkinçilik berýän, müşderiniň bir kabul edi-

ji-iberijiniň täsir edýän zolagyndan beýlekiniň täsir edýän zolagyna ornuny üýtgedende üznüksiz aragatnaşygy üpjün edýän, giňişlikde dürli ýerlerde ýerleşdirilen kabul ediji - iberijilerden düzülendir.

Häzirki döwürde ulanylýan hereket edýän aragatnaşyk ulgamyny aşakdaky baş sany uly toparlara bölmek bolýar:

- öýjükli hereket edýän aragatnaşyk ulgamy;
- hereket edýän professional aragatnaşyk ulgamlary;
- personal radioçagyryş ulgamlary ýa-da peýjing ulgamy (iňlisçe *paging-hat üsti bilen habar bermek*);
- hemra hereketli aragatnaşyk ulgamlary;
- simsiz telefon ulgamlary.

*Hereket edýän telefon radioaragatnaşygy* 1921-nji ýylda ilkinji gezek ABŞ-da ulanyldy. Munuň üçin Detroýt şäheriniň polisiýasy merkezi iberijiden, awtomobillerde oturdylan kabul ediljilere maglumatlary geçirmek üçin 2 *MGs* diapazonda bir-taraplaýyn dispetçer aragatnaşygy gurnady. 1933-nji ýylda Nýu-Ýorkuň polisiýasy 2 *MGs* diapazonda hereket edýän ikitaraplaýyn telefon radioaragatnaşygy ulanyp başlady. 1934-nji ýylda ABŞ-nyň *Aragatnaşyk Federal Komissiýasy* telefon radioaragatnaşygy üçin 30–40 *MGs-li* 4 kanaly bölüp berdi we 1940-njy ýylda 10 *müň* sany polisiýa awtomobilleri bu telefon aragatnaşygy ulanyp bilýärdiler.

Bu ulgamlaryň ählisinde *amplituda boýunça modulýasiýa* ulanyldy. *Ýygylyk boýunça modulýasiýa* 1940-njy ýyldan başlap ulanylyp başlandy we 1946-njy ýylda *amplituda boýunça modulýasiýa* ulanmakdan galdy.

Ilat arasynda ilkinji hereket edýän radiotelefon 1946-njy ýylda döredildi (*Misuri ştaty, Sent-Luis ş., ABŞ*). *Bell Telephone Laboratories telekommunikasiýa (communication-latyn sözi bolup, aragatnaşyk diýmekdir, bu ýagdaýda aralyga aragatnaşyk) kompaniýasy* mobil aragatnaşyk toruny gurnady. Bu ýönekeý alty kanally (ýagny alty äkidiji ýygylygy bolan) aragatnaşyk ulgamydy. Onda ýygylygyň 150 *MGs* diapazony ulanyldy. Bu mobil aragatnaşyk ulgamy iki sany kemçilige eýedi. *Birinjiden*, ikitaraplaýyn aragatnaşygy üpjün etmek üçin mobil we baza stansiýalarynyň kuwwatlyklary birmeňzeş bolmalydy. Munuň üçin hereket edýän (mobil) müşderide uly sygymly akkumulýator we hemişelik toguň generatory bolmalydy. *Ikinjiden*, aragatnaşyk torunyň sygymy möhüm mesele bolup durýardy. Sebäbi, bu aragatnaşyk ulgamynyň ýygylyk sygymy çäklidi we hyzmat edilýän müşderileriň sanynyň artdyrylmagy baza stansiýalarynyň äkidiji ýygylygynyň sanynyň artdyrylmagyny talap edýärdi.

1948-nji ýylda ABŞ-da U.H. Bratteýn, U. Şokli we J. Bardin tarapyndan bipolar tranzistoryň we 1952-nji ýylda U. Şokli tarapyndan meýdan tranzistorynyň döredilmegi ulanylýan kuwwatyň bir dereje kemelmegine we bu meseleleriň çözülmegine kömek etdi.

1955-nji ýylda 150 *MGs* diapazonda 11 kanally ulgam, 1956-njy ýylda 450 *MGs* diapazonda 12 kanally ulgam işläp başlady. Bu ulgamlaryň ikisi hem *simpleks ulgamlardy* we olarda el bilen kommutasiýa edilýärdi. Awtomatik *dupleks ulgamlar*, deňişlilikde, 1964-nji ýylda (150 *MGs*) we 1969-njy ýylda (450 *MGs*) işläp başladylar.

XX asyryň 50-nji ýyllarynyň ahyrynda SSSR-de «*Altay*» awtomobil radiotelefon ulgamy işlenip taýýarlandy we 1963-nji ýylda synag edilip başlandy. Ilkibaşda «*Altay*» ulgamy 150 *MGs* ýygylkda işleýärdi. 1970-nji ýylda bu ulgam SSSR-iň 30 şäherinde (330 *MGs* diapazonda) işläp başlady.

Norwegiýada 1931-nji ýyldan başlap ilatyň arasynda ulanylýan telefon radioaragatnaşygy deňiz mobil aragatnaşygy hökmünde ulanylyp başlandy. 1955-nji ýylda bu ýurtda 27 sany kenarýaka radiostansiýalary bardy.

Şeýlelikde, 1970-nji ýyla çenli hereket edýän (mobil) radioaragatnaşyk, bir tarapdan, örän giň ulanyşy tapdy, ikinji tarapdan ýygylklaryň örän kesgitli zolagyn-da ýerleşen kanallaryň çäkli sanynda, çalt artýan islegleri kanagatlandyryp bilmedi. Çykalga öýjükli aragatnaşyk ulgamynda tapyldy. Bu bolsa öýjükli gurluşy bolan ulgamda ýygylklary gaýtadan ulanmaklygyň hasabyna sygymy has-da güýçli art-dyrmaga mümkinçilik berdi.

*Öýjükli aragatnaşygyň işleýiş prinsipine görä*, öýjükli toruň esasy düzümleri – öýjükli telefonlar we binalaryň depelerinde ýa-da diňlerde oturdylyan baza stansiýalarydyr. İşleýän öýjükli telefon baza stansiýalarynyň signalyny tapyp, efirde diň salýar. Ondan soň telefon özüniň özboluşly deňeşdirme (identifikasiýa) koduny stansiýa iberýär. Telefon we stansiýa paketler bilen periodiki çalşyk edip, hemişelik radioaragatnaşygy saklaýar. Telefon bilen stansiýanyň arasyndaky aragatnaşyk analog (*AMPS*, *NAMPS*, *NMT-450*) ýa-da sanly (*DAMPS*, *CDMA*, *GSM*, *UMTS*) beýan arkaly bolup geçýär. Eger telefon baza stansiýasynyň täsir meýdanyndan çykan bolsa (ýa-da serwis toruň radiosignalynyň hili erbetleşse) ol beýleki (*handover*) stansiýa bilen aragatnaşygy sazlaýar.

Dürli operatorlaryň öýjükli torlary özaralarynda, şeýle hem stasionar (hereketsiz) telefon torý bilen birikdirilendir. Bu bir operatoryň müşderisiniň beýleki operatoryň müşderisine mobil telefondan stasionar telefonlara we stasionar telefonlardan mobil telefonlara jaň etmäge mümkinçilik berýär.

Operatorlar özaralarynda *rouming şertnamasyny* baglaşyp bilýärler. Şeýle şertnamalar boýunça, özüniň torunyň täsir edýän çäginde daşarda ýerleşýän müşderi, beýleki operatoryň torunyň üsti bilen jaň edip we kabul edip bilýär. Düzgün bolşy ýaly, bu tölegli nyrlarda amala aşyrylýar. Roumingiň mümkinçiligi, 1 *G standartdan* tapawutlylykda, diňe 2 *G standartda* döredi.

## 27.2. Öýjükli telefon

Öýjükli aragatnaşygyň aýratyn elementleri 1949-njy ýylda Detroyt şäherinde (ABŞ) taksileriň dispetçer gullugynda öýjükli ulgama meňzeş – öňden şertlenen ýerlerde, ulanyjylar tarapyndan kanallary el bilen birikdirmek arkaly, dürli öýjüklerdäki ýygylýklary gaýtadan ulanýan ulgam döredildi. Emma *häzirki wagtda öýjükli aragatnaşyk ulgamy hökmünde belli bolan ulgamyň arhitekturasy, 1971-nji ýylda Bell System kompaniýasynyň ABŞ-nyň Aragatnaşyk Federal Komissiyasyna beren tehnik dokladynda beýan edildi*. Şol wagtdan başlap öýjükli aragatnaşygyň ösüşi başlandy.

Häzirki döwürde köpçülikleýin peýdalanylýan aragatnaşyk serişdeleriniň biri-de, biziň «*el telefony*» diýip atlandyryan öýjükli telefonlarymyzdyr. El telefonlary arkaly aragatnaşyk elektromagnit tolkunlarynyň aralyga berilmegi we kabul edilmegi netijesinde amala aşyrylýar. Ilkinji mobil stansiýalary (olary başgaça – *abonent terminaly, radiotelefon, mobil telefon, öýjükli telefon, «el telefony»* diýip hem atlandyryrlar) örän uly ölçeglere eýediler we olar uly bolmadyk, elde göterilýän radiostansiýalara meňzeşdirler.

1974-nji ýylda ABŞ-nyň *Aragatnaşyk Federal Komissiyasy* öýjükli aragatnaşyk üçin 800 *MGs* diapazonda 40 *MGs* ýygylýk zolagyny bölüp bermek baradaky çözgüdi kabul etdi. 1986-njy ýylda şol diapazona ýene-de 10 *MGs* ýygylýk goşuldy.

1978-nji ýylda Çikago şäherinde (ABŞ) 2 *müň* müşderä niýetlenen öýjükli aragatnaşyk ulgamynyň ilkinji nusgawy synaglary başlandy. Şoňa görä-de, 1978-nji ýyly öýjükli aragatnaşygyň amaly ulanylyşynyň başlanan ýyly diýip hasap etmek bolar.

Ilkinji awtomatik öýjükli aragatnaşygyň *kommersiýa ulgamy* 1983-nji ýylyň oktýabr aýynda Çikago şäherinde *American Telephone and Telegraph (AT&T) kompaniýasy* tarapyndan işe girişildi.

*Öýjükli telefonyň döreýşiniň we ösüşiniň yzygiderlik ýazgysyna seredeliň.*

1910-njy ýylda amerikan zurnalisti Robert Clocc öýjükli telefonyň döremegini öňünden aýtdy;

1947-nji ýylda *AT&T* kompaniýasyna degişli bolan ylmy-barlag Bell Laboratories barlaghanasy mobil telefony döretmek boýunça teklip bilen çykyş etdi;

1957-nji ýylda SSSR-de moskwaly inžener L.I. Kupriýanowiç (1929–1994 ý.) göterilýän awtomatik dupleks *LK-1 mobil radiotelefonyň* we onuň baza stansiýasynyň nusgawy görnüşini döretti. Bu mobil radiotelefonyň agramy 3 *kg-a* golaýdy we täsir radiusy 20-30 *km-e* barabardy;

1958-nji ýylda L.I. Kupriýanowiç agramy 0,5 *kg* we ölçegi papiros gutusynyň ölçegine deň bolan, kämilleşdirilen radiotelefony döretti;

1960-njy ýylda Hristo Boçwarow (Bolgariýa) *jübüde göterilýän mobil radiotelefonyň* nusgawy görnüşini görkezdi. «*Interorgtehnika*» sergisinde (Bolgariýa) *PAT-0,5* we *ATPT-0,5* jübü mobil telefonlaryndan we on müşderini birikdirmäge mümkinçilik

- berýän *PATÇ-10* baza stansiýasyndan ybarat bolan, ýerli mobil aragatnaşygy gurnamak üçin toplumy hödürledi;
- 1961-nji ýylda L.I.Kupriýanowiç eliň aýasynda ýerleşýän, agramy 70 g bolan jübünde göterilýän telefonyň tejribe nusgasyny dörettdi;
- 1973-nji ýylda ilkinji çaklaňja öýjükli telefonyň nusgasy *Motorola Dyna* kompaniýasynda ýasalady. Bu telefon boýunça ilkinji jaňy 1973-nji ýylyň 3-nji aprelinde, ony oýlap tapan amerikan inženeri we fizigi Martin Kuper (1928-nji ýylda doglan) etdi. *DynaTAC* öýjükli telefonyň agramy 1,15 kg, ölçegleri  $22,5 \times 12,5 \times 3,75$  sm (ilat arasynda bu el telefony «*Kerpiç*» diýlip atlandyrylýardy). Onuň 12 düwmesi – 10 sany san, «*Çagyryşy*» we «*Gepleşigi*» kesmek üçin iki sany düwmeleri we displeýi bardy we başga hiç hili goşmaça amallary ýokdy. «*Garaşmak*» ýagdaýynda ol sekiz sagat, «*Gepleşik*» ýagdaýynda bolsa bir sagada golaý işläp bilýärdi. Ony on sagadyň dowamynda zarýadlandyrmalydy. 1983-nji ýyly çenli *DynaTAC* öýjükli telefonyň 5 sanysy ýasalady;
- 1981-nji ýylda Şwesiýada, Finlýandiýada, Norwegiýada, Daniýada, Islandiýada we Saud Arabystanynda ýygylgy 450 MGs bolan *NMT-450 (Nordic Mobile Telephone)* bütewi standart kabul edildi;
- 1983-nji ýylda ABŞ-da *Bell Laboratories ylmy-barlag merkezi AMPS (Advanced Mobile Phone Service)* standartynyň esasynda aragatnaşyk ulgamyny işe girizdi;
- 1984-nji ýylda *Dyna TAC 8000X-iň* ahyrky modeli satuwa çykaryldy. Elde göterilýän telefon bilen elmydama aragatnaşykda bolmak mümkinçiligi müşderileri şeýle bir geň galdyrdy we onuň bahasynyň 3995 dollardygyňa garamazdan *Dyna TAC 8000X-y* satyn almak üçin münlerçe adam nobata ýazyldylar;
- 1989-njy ýylda filipli (mikrofony açylýan gapagynda ýerleşdirilen) *Motorola Micro TAC* öýjükli telefon satuwa çykaryldy;
- 1990-njy ýylda ABŞ-da *IS-54 (D-AMPS)* sanly aragatnaşygyň täze milli standarty tassyklandy;
- 1990-njy ýylda SSSR-de öýjükli aragatnaşyk ornaşdyrylyp başlandy;
- 1991-nji ýylyň 9-njy sentýabrynda, Sankt-Peterburgda öýjükli aragatnaşygyň *NMT-450 3AO «Delta Telekom»* standartynyň ilkinji operatory döredi. *Mobira-MD59 NB2* telefonyň massasy 3 kg töweregidi. «*Delta Telekom*» kompaniýasy tarapyndan Russiýada ilkinji kommersiýa öýjükli tor işe başlady;
- 1993-nji ýylda sagat oturdylyan ilkinji *Benefon Beta* öýjükli telefon döredildi;
- 1993-nji ýylda Russiýada ilkinji *GSM operator* döredi. Ýapyk paýdarlar jemgyýeti hökmünde *MTS* kompanýasy döredildi;
- 1995-nji ýylda Hytaýda dünýäde ilkinji *CDMA (IS-95)* standartly işleýän aragatnaşyk ulgamy işläp başlady;
- 1996-njy ýylda ilkinji reňkli displeýi we diktofony bolan *Siemens S10* telefony öndürilip başlandy;
- 1996-njy ýylda faks, elektron pošta we başga-da köp funksiýalary ýerine ýetirýän ilkinji kommunikator (*Nokia Kommunikator*) döredildi;
- 1997-nji ýylda zarýadlanansoň 350 sagat işleýän *Philips Spark* öýjükli telefon önümçilige goýberildi;
- 1998-nji ýylda ilkinji sensor displeýli *Sharp PMC-1 Smart-phone* mobil telefony döredildi;



1999-njy ýylda iki sany *SIM* kartlary oturdylan *Benefon Twin+* öýjükli telefon öndürilip başlandy;  
2000-nji ýylda *Internet Times (Swatch)* tehnologiýasy bilen işläp bilýän ilkinji *Ericsson T20* öýjükli telefon döredildi;  
2000-nji ýylda *GPS* radiosy bolan ilkinji *Benefon ESC* öýjükli telefon döredildi;  
2000-nji ýylda *Sharp* ýapon kompaniýasy *J-phone* öýjükli aragatnaşygyň operatory bilen bilelikde fotokamerasy bolan ilkinji öýjükli telefony (*Sharp J-SHO4*) döretti;  
2000-nji ýylda *MPS* pleýerli we *MultiMediaCardSiemens SL45* ýady bolan kartly ilkinji öýjükli telefon döredildi;  
2001-nji ýylda aýallar üçin ýörite *Samsung SGH-A400* öýjükli telefon döredildi;  
2001-nji ýylda *NTT DoCoMo* kompaniýasy *3G* aragatnaşyk toruny döretti;  
2002-nji ýylda *Ericsson* kompaniýasy *Bluetooth* tehnologiýaly ilkinji mobil telefonyny öndürüp başlady;  
2002-nji ýylda «*Delta Telekom*» *3AO* kompaniýasy Russiýada ilkinji *CDMA-450* standartynyň häzirki zaman toruny işe girizdi;  
2007-nji ýylda *Apple iPhone* bildiriş edildi;  
2009-njy ýylda *12,1 Mpiksel* kameraly *Samsung Pixon 12 M8910* satuwa çykaryldy;  
2009-njy ýylda ilkinji simsiz zaryadlanýan *Palm Pre* smartfony bildiriş edildi;  
2012-nji ýylda *41Mpiksel* kameraly *Nokia 808 PureView* telefony döredildi.

Öýjükli aragatnaşyk Kanadada 1978-nji, Ýaponiýada 1979-njy, Demirgazyk Ýewropa ýurtlarynda (Daniýa, Norwegiýa, Şwesiýa, Finlýandiýa) 1981-nji, Ispaniýada we Angliýada 1982-nji ýyldan bäri ulanylýar. 1997-nji ýylyň iýul aýynyň ýagdaýyna görä, öýjükli aragatnaşyk ähli yklymlaryň 140-dan gowrak ýurtlarynda, 150 mln müşderä hyzmat edýärdi.

2007-nji ýyldan başlap Russiýada öýjükli aragatnaşygyň esasy beýanlary - *GSM - 900* we *GSM - 1800* ulanylýar. Olardan başga-da, *CDMA - 2000* standartda *CDMA* – torlar hem ulanylýar. Şeýle hem *GSM* - iň operatorlary tarapyndan ýuwaş - ýuwaşdan *UMTS* standarta geçmeklik amala aşyrylýar.

Hereket edýän professional aragatnaşyk ulgamlary müşderileriň korporativ toparlary – tiz lukmançylyk kömegi, adatdan daşary ýagdaýlar, ýangyn, polisiýa, howpsuzlyk gulluklary we beýlekiler üçin niýetlenendir we abonentlere toruň islen-dik kanalynda işlemäge mümkinçilik berýär.

El telefonlaryny öndürmegiň tehnologiýasynyň kämilleşmegi netijesinde olaryň ölçegleri, massalary düýpli kiçeldi, dizaýny gowulaşdy.

## **28-nji bab. HEMRA ARAGATNAŞYGY**

### **28.1. Hemra aragatnaşygynyň ösüş taryhy**

Radiotolkunyň kömegi arkaly maglumat alyşmagyň ilkinji ulgamynyň döredileni bäri bir asyrdan gowrak wagt geçdi. Ilkinji geçirijiler we kabul edijiler mag-

lumatlary onlarça metr aralyga geçirmäge ukyplydylar. Aragatnaşygyň şu ugrunyň geljegi aýdyň boldy. Alymlar maglumat geçirmek aralygyny we ýaýlymlaryň geçiriş ukubyynyň ýokarlanmagyny öz önlerinde wezipe edip goýdular.

Giňişlikde radiotolkunlary ýaýratmagyň birnäçe usullary işlenip taýýarlanylady. Şol döwürde geçirijiden kabul edijä çenli bolan aralyk bilen çäklenen in ýönekeý hem-de ygtybarly göni geçiriş usuly hereket etdi. Ol göni gözýetimdäki zolakdan aňry geçip bilmedi. Aragatnaşygyň bu görnüşi soňlugy bilen *radiorele* aragatnaşygyna çenli kämilleşdirildi. Ýagny, radiogatnaşyk geçiriji – kabul ediji (*retranslýasiýa*) radiostansiýalaryň zynjyryndan emele gelen ulgam boýunça amala aşyryldy. Aragatnaşygyň radiorele ulgamynyň gurluşynda goňşy stansiýalaryň antenalary göni gözýetimiň çäklerinde ýerleşdirilýär. Goňşy radiorele stansiýalaryň antenalarynyň durnukly maglumatyny üpjün etmek üçin kada laýyklykda tebigy belentlikde ýa-da ýörite telearagatnaşyk diňlerinde oturdylýar. Şeýlelik-de, radiotolkunlary ýaýratmagyň çäkleri bökdençsiz amala aşyrylýar. Şunuň bilen baglylykda radiorele aragatnaşygynyň uzaklygy onlarça kilometr bilen çäklenýär.

Radiorele aragatnaşygynyň beýleki bir görnüşi bolsa *troposfera* radio aragatnaşygy bolup durýar. Ol atmosferanyň aşaky gatlagy bolan troposferada tertipsiz we pesräk belentlikde bar bolan radiotolkunlaryň yzyna gaýdýan ugurlaryny netijeli peýdalanýar. Radiotolkuny ýaýratmagyň uzak troposferanyň netijeli peýdalanylmagy aragatnaşygy yüzlerçe kilometr uzaklyga çenli guramaga, radiorele stansiýalarynyň arasyndaky göni gözýetimiň ýok mahalynda ýola goýmaga mümkinçilik berýär. Ýöne bu usul hem maglumatlary münlerçe kilometr uzaklyga geçirmäge oňaýly däl.

Aragatnaşygyň uzaklygyny artdyrmak wezipesiniň şol döwür üçin özboşlygy we batyrgaý çözgüdini alym, oýlap tapyjy, belli inlis fantastik ýazyjy Ser Artur Çarlz Klark (1917–2008 ý.) öňe sürdi. Ol ilkinji bolup, *kosmos arkaly alyp eşitdirmek* prinsipini öňe sürdi. 1945-nji ýylda «*Wireless World*» («*Simsiz dünýä*») žurnalynyda Artur Klarkyň «*Ýerden daşarky alyp eşitdiriş*» atly makalasy çap edildi. Onda simsiz aragatnaşyk ulgamynyň geljegi hakynda gürrüň berilýär. Ýazyjy ählumumy aragatnaşyk ulgamyny guramaga mümkinçilik berjek geostasionar orbitalarda hemra aragatnaşyk ulgamyny döretmek başlangyjyny öňe sürdi. Bu pikir geljekde amala aşyrylydy we XX asyryň ikinji ýarymynda aragatnaşygyň ählumumy ulgamlaryny, şol sanda Internet ulgamynyň döredilmegine mümkinçilik berdi.

Bu başlangyçda eger alyp eşitdiriji kosmos enjamy onuň aýlanýan döwriň Ýeriň aýlanýan döwri bilen gabat gelýän giňişliginde ýerleşdirilse, bu enjam Ýerden gözegçilik etmek üçin üýtgetmesiz bolar, ýagny alyp eşitdiriş diňiniň belentlige galdyrylan görnüşi ýaly oňa syn etmek bolar diýip bellenýär. Artur Klark bu orbitalary *geostasionar* hökmünde atlandyrmagy teklip etdi.

Açyşyny kepillendirilmändiginiň sebäbi soralandy, Artur Klark özüniň ömrüniň dowamynda bu ulgamy durmuşa geçirmek mümkinçiligine ynamynyň bol-

mandygy, şeýle hem bu başlangyjy tutuş adamzada peýda getirmelidir diýip hasap edendigi bilen düşündirýär. Göräýmäge bu açyş ertekä çalymdaş bolupdyr. Hatda ýazyjynyň özi-de bu açyşyň ösdürilmegine ösen tehnikalaryň mümkinçilik berjekdigine, onuň XX asyryň ahyryndan ön mümkin boljakdygyna ynamly bolmandyr. Ýöne dünýäniň öňdebaryjy ýurtlary kosmos tehnologiýasyna ägirt uly tizlik berdiler. Şunlukda, Artur Klarkyň açyşy has ir durmuşa geçirildi.

Artur Klark beýleki telealypbaryjylar bilen bilelikde «Apollon-11», «Apollon-12», «Apollon-15» kosmos gämileriniň Aýa bolan uçuşlary barada göni telegepleşikleri alyp bardy.

1903-nji ýylda rus we sowet alymy, nazary kosmonawtikany esaslandyryjy Konstantin Eduardowič Siolkowskiý (1857–1935 ý.) (218-nji surat) «*Älem giňişligini reaktiv abzallaryň kömegi bilen derňemek*» atly işinde raketalaryň kömegi bilen kosmos uçuşlaryň nazaryýetini, 1926-njy ýylda iki basgançakly raketa düşünjesini we 1929-njy ýylda bolsa «*Kosmos raketa otulary*» atly işinde köp basgançakly raketalaryň taslamasyny berdi.

1957-nji ýylyň 4-nji oktýabrynda SSSR-iň raketa-kosmiki senagatynyň baş konstruktory, Sosialistik zähmetiň iki gezek Gahrymany, akademik Sergeý Pawlowiç Korolýowyň (1906–1966 ý.) ýolbaşçylygynda (219-njy surat) *Ýeriň ilkinji emeli hemrasy* uçuryldy, ýagny sürüjisiz kosmos enjamy orbita çykaryldy. Ilkinji emeli hemranyň agramy bary-ýogy 83,6 kilograma, diametri 58,3 santimetre barabardy. Ol Ýeriň töwereginde bir aýlawy 1 sagat 36 minutda tamamlap, Ýere perigeýde 227 kilometr golaýlaşyp, apogeýde ondan 947 kilometr uzaklaşypdy. Onuň dört sany antennasy 22 günläp daş-töwerege radiotolkunlary ýaýradypdy. Ol emeli hemra 94 günläp hereket eden ýyldyza öwürlipdi. Şu döwrüň içinde bu enjam Ýeriň daşynda 14 401 aýlawy ýerine ýetirdi. Onuň merkezi blogy 60 gün işledi. Onuň kömegi bilen ýokary atmosferanyň dykzlygy ilkinji gezek ölçenildi. Ionosferada radiotolkunlaryň ýaýraýyş aýratynlyklary barlandy, Ýeriň emeli hemralaryny orbita çykarmak bilen baglanyşykly amaly hasaplamalar we esasy çözügütler barlagdan geçirildi.

Ilkinji emeli hemrany Ýerden kosmosa çykarmak üçin oňa sekuntda 8 kilometre golaý tizlik berlipdi. Ol tizlik bolsa hatda okuň tizliginden hem 10 essä golaý ýokarydyr. Oňa *birinji kosmos tizligi* diýilýär. Bilşimiz ýaly, *birinji kosmos tizligi* bilen diňe Ýeriň emeli hemrasyna öwürlip bolýar. *Ikinji kosmos tizligi*



218-nji surat.  
Konstantin Eduardowič  
Siolkowskiý



219-njy surat. Sergeý  
Pawlowiç Korolýow

bilen (11,2 km/s) Ýeri düýpgöter taşlap bolýan bolsa, *üçünji kosmos tizligi* bilen (16,7 km/s) Gün ulgamynyň dartys güýjünden çykyp bolýar.

Durmuşda kosmos gämilerini asman jisimlerine uçurmak meselesi astronomiýanyň kyn we iň täsin meseleleriniň biridir. Ylmyň we tehnikanyň ösmegi güýçli kosmos gämileriniň döredilmegine getirdi. Netijede, 1961-nji ýylyň



220-nji surat. Ýuriý  
Alekseyewiç Gagarin

12-nji aprelinde SSSR-iň raýaty, *ilkinji kosmonawt* Ýuriý Alekseyewiç Gagarin (1934–1968 ý.) «*Wostok*» kosmos gämisinde, 108 *minutyň* dowamynda Ýeriň daşyndan bir gezek aýlandy (220-nji surat). Amerikan astronawty Nil Oldin Armstrong (1930–2012 ý.) 1969-njy ýylyň 20-nji iýulynda «*Apollon-11*» kosmos gämisiniň Aýa ekspedisiýasy wagtynda Aýa ayak basan ilkinji adamdyr. Ol Aýyň üstünde 2 sagat 31 minut 40 sekunt boldy. Ýeriň töwereginde aýlanýan ajaýyp orbital stansiýalarynyň ençemesi döredildi. Ýerden 200–400 *kilometr* beýiklikde aýlanýan orbital stansiýalarynda köpsanly kosmonawtlar we astronawtlar dürli wagtlarda işlediler we işleýärler. Kosmosda Ýerde geçirip bolmaýan ylmy-barlag işleriň ençemesi ýerine ýetirildi we ýetirilýär.

Wagtyň geçmegi bilen adamyň işini ýeňilleşdirmek üçin ýörite emeli hemralar goýberilip başlandy. Indi, dünýäniň köp ýurtlarynda emeli hemralara bolan gyzyklanmalar has ýokarlanyp başlady. Olaryň kömegi bilen durmuş üçin wajyp bolan meseleler çözülip başlandy. Emeli hemralar aragatnaşyk ulgamynda, Ýeriň howa örtüginin aýratynlygyny öwrenmekde, meteorologiýa hadysalaryny bilmekde, gazylyp alynýan magdanlary gözlemekde, ösümlik we haýwanat dünýäsiniň aýratynlygyny öwrenmekde, ummanlaryň ýagdaýlaryny anyklamakda we ş.m. ulanylyp başlandy.

Hemra aragatnaşygy ýokary tizlikde ösdi. Barlag geçirilýän ilkinji ýyllarda haýal hemra alyp eşitdirişleri peýdalanyldy. Şeýlelikde, 1960-njy ýylda Amerikanyň *Echo-1* hemra aragatnaşygy goýberildi. Ol radiotolkunlary yzyna gaýtarýan materialdan bolup, onuň şar şekilindäki diametri 30 *metre* golaýdyr. Şaryň daşky gaby 1400 *km* belentlige göterilip, ol ýokarda azot bilen çişirildi. Alýuminiý folgasy bilen örtülen şar radiotolkunlary yzyna gaýtarmagy başardy. *Echo-1*-iň kömegi arkaly Amerika bilen Beýik Britaniýanyň arasynda telefon aragatnaşygyny ýola goýmak başartdy.

Ýönekeý aýna ýaly hereket edýän ýuwaş alyp eşitdirişleriň kömegi bilen ýokary hilli aragatnaşygy ýola goýmagyň mümkin dældigi belli boldy. Şonuň üçinem barlaglar işjeň alyp eşitdirişleriň bähbidine gönükdirildi. Olar maglumatlary kabul edip, güýçlendirip, Ýere iberip bilýärler.

*Alyp eşitdiriji hemranyň* mümkinçiliklerini barlamak üçin Amerikanyň *Synçom* hemralarynyň birnäçesi orbita çykaryldy. Şeýle enjam bilen işlemegiň, geçirmegiň we kabul etmegiň has ýeňilidigini barlaglar görkezdi. Olaryň kömegi bilen ilkinji gezek yklymara simsiz telefon gepleşigi amala aşyryldy.

1965-nji ýylda hemra aragatnaşyk ulgamy barlaglar derejesinden çykyp täjirçilik taýdan ulanylmaga başlandy. Bu babatda täze senagat ulgamy emele geldi. *Early Bird* («*Irki guşjagaz*») ilkinji täjirçilik geostasionar hemrasy boldy. Soňra ol *Intelsat-1* diýlip atlandyryldy. Hemranyň 32 kilogram agramy bolup, ol ummanyň üsti bilen 240 telefon ugurlaryny ýa-da bir telewizion ýaýlymy geçirip bildi.

Häzirki döwürde orbitanyň dürri görnüşleriniň içinde multiserwis aragatnaşygy amala aşyrmak üçin Artur Klarkyň teklipe eden *geostasionar* (*geostasionar* sözi iki sözden ybarat bolup, «*geo*» grekçe «*ýer*», «*stasionar*» latynça «*hereketsiz*» diýen manyny aňladýar) orbitasy has oňaly hasaplanylýar. Ol 36 müň kilometr töweregi belentlikde Ýer ekwatorynyň tekizliginde ýerleşýär. Onuň *birinji* artykmaçlygy hemranyň Ýeriň daşyndan aýlanmak döwrüniň 24 sagada barabarlygydyr, ýagny Ýeriň okunyň daşyndan gije-gündiziň dowamynda aýlanýan döwrüne barabardyr. Şeýlelikde, Ýerden gözegçilik etmek üçin hemra hemişe hereketsiz ýagdaýda, asmanyň şol bir nokadynda durýar. Hemra aragatnaşygynyň şunuň ýaly hemra arkaly işleýän Ýer stansiýalarynyň antenna ulgamlarynda simi çekmek işi talap edilmeýär. Stansiýalaryň kömegi bilen hemralara gözegçilik amala aşyrylýar. Bu bolsa şeýle antennalary dolandyrmak ulgamyny ýönekeýleşdirýär. Hemra aragatnaşygyn-da geostasionar orbitany ulanmagyň *ikinji* bir artykmaçlygy şeýle hemranyň maglumaty Ýer üstüniň üçden birini diýen ýaly gurşap alýar. Bu bolsa ýer üstünde biri-birinden has uzakda ýerleşýän iki nokadyň arasynda aragatnaşygyň hemra ýaýlymlaryny guramaga mümkinçilik berýär. Geostasionar orbitada üç hemra ulgamy tutuş Ýer üstüni gurşap alyp bilýär.

Her bir aragatnaşyk hemrasy geostasionar orbitanyň çäkli ugrunda ýerleşýär. Olar uzaklyk arkaly kesgitlenýär. Şunlukda, aragatnaşykda ýeke-täk geostasionar orbita bolup, onda geostasionar hemralaryň ýerleşmegi bilen, ýerleriň sany bilen baglanyşykly çynlakaý çäklendirmeleriň ýüze çykmagy mümkin. Geostasionar orbitalarynyň ýerini kesgitlemek bilen *Halkara Elektroaragatnaşyk birleşmesi* meşgullanýar. Ol özüniň gurşap alan zolagynda her bir hemra üçin ýerleri we hemralaryň maglumatlary kabul edýän we geçirýän pursatlarynda biri-birine päs-gelçilik döretmezligi üçin iş ulgamynyň giňişligini kesgitleýär.

## **28.2. Türkmenistanda hemra aragatnaşyk ulgamynyň döremegi**

Aragatnaşygyň ýerüsti kanallarynda birnäçe ýetmezçilikler bar. Şunuň ýaly ýetmezçilikler aragatnaşygyň hemra ulgamynda bolmaýar, ýagny çägiň çäklendi-



rilmegi, düzümiň meseleleriniň tehniki we ykdysady döwrebaplaşdyrylmagy, enjamy gyssagly söküp we ony başga ýerde oturtmak mümkinçiligi ýok. Hut şonuň üçinem birnäçe pudaklarda aragatnaşygyň hemra ulgamynyň peýdalanylmagy diňe bir tehniki tarapdan däl, eýsem, ykdysady nukdaýnazardan has bähbitlidir. Kähatda bolsa ol ygtybarly hem-de ýokary hilli aragatnaşygy üpjün edýän ýeke-täk serişde bolup durýar.

Häzirki döwürde Türkmenistanda köp pudakly netijeli ykdysadyýet döredilýär. Ol elektroenergetika, nebitgaz çykaryjy, nebiti gaýtadan işleýän, himiýa we nebit-himiýa pudaklary, gurluşyk, ýeňil we azyk senagaty pudaklarynyň kärhanalary tarapyndan öňe sürüldi. Ykdysadyýetiň ösmegi bilen halk hojalygynyň pudaklarynyň dürli bölümleriniň arasynda maglumatlaryň birnäçe görnüşlerini geçirmegiň möçberleri artýar. Telearagatnaşyk düzüminiň geçirijilik ukybyny giňeltmek, aragatnaşygyň ýerüsti ýaýlymlary bilen birikdirilmedik we biri-birinden uzakda ýerleşýän bölümleriň arasynda maglumatlaryň gyssagly we ýokary hilli alşylmagyny üpjün etmek zerurlygy ýokarlanýar.

Şunuň bilen baglylykda, bellibir tapgyrda milli ykdysadyýetimiziň sazlaşykly ösüşini üpjün etmek üçin aragatnaşygyň hemra ulgamyny ornaşdyrmak zerurlygy ýüze çykýar. Ol aragatnaşygyň ýerüsti ulgamynyň bitirip bilmedik wezipesini ýerine ýetirýär.

2011-nji ýylyň maý aýynda Türkmenistanyň Prezidentiniň ýanynda *Milli kosmos agentliginiň* döredilmegi bu ugurdaky ilkinji ädim boldy. Agentligiň üstüne Ýere golaý orbita gözegçilik etmek, hemra aragatnaşygyny ýola goýmak, kosmos giňişligi bilen baglanyşykly ylmy barlaglary alyp barmak, şeýle hem Türkmenistanyň çäginde emeli hemranyň dolandyrylyşyny üpjün etmek wezipesi ýüklenildi.

Şol ýylyň noýabr aýynda Türkmenistanyň Prezidenti «*Milli emeli hemra ulgamyny döretmek hakyndaky*» Karara gol çekdi. Resminama laýyklykda Türkmenistanyň Aragatnaşyk ministrligi Fransiýanyň «*Thales Alenia Space*» kompaniýasy bilen Türkmenistanyň Milli emeli hemrasyny we ýerüsti dolandyryş ulgamyny gurmak, şeýle hem hemrany älem giňişligine çykarmak we herekete girizmek barada şertnama baglaşdy.

«*Thales Alenia Space*» kompaniýasynyň bu iri möçberli taslamany durmuşa geçirmek üçin seçilip alynmagy ýöne ýerden däl. Ol dünýäniň kosmos senagatynda iň irileriniň we öňdebaryjylary, bu ulgamda 40 ýyldan gowrak wagt bäri üstünlikli işleýänleri, dünýäniň ähli hemra binýatlaryna diýen ýaly oturdylyan enjamyň önümçiligini alyp barýanlaryň biri hasaplanýar.

Telearagatnaşyk ulgamy boýunça durmuşa geçirilýän taslamalar bu kompaniýanyň ýerine ýetirýän işiniň ýarysyna golaýyny düzýär we ony kosmos aragatnaşygy üçin täjirçilik önümleriniň bazarynda dünýä ýüzünde öňdebaryjylaryň birine öwürlmegini şertlendirýär. «*Thales Alenia Space*» kompaniýasy aragatnaşyk kosmos enjamlaryny, dünýäniň öňdebaryjy hemra aragatnaşyklarynyň operatorlary

üçin ähmiýetli gurallary işläp taýýarlaýar. Bu kompaniýa hemra toplumlarynyň önümçiliginde dünýäde öňdebaryjy bolup durýar. Olar 150-den gowrak pes orbital aragatnaşyk kosmos enjamlarynyň buýurmalaryny kabul edýär. Şol bir wagtyň özünde «*Thales Alenia Space*» kompaniýasy Ýewropanyň öňdebaryjy kosmos geolokasion ulgamlaryny işläp taýýarlaýjy bolup durýar. Ýeriň aradaşlykdan zondirlenmegi ulgamynda «*Thales Alenia Space*» kompaniýasy optiki, radar we radioelektron ulgamlaryny işläp taýýarlamakda, öndürmekde uly tejribe toplady. Bu enjamlar meteorologiýada, okeanografiýada, kartografiýada, gözegçilik ulgamlarynda we beýlekilerde giňden ulanylýar. Indi 30 ýyldan gowrak wagt bäri «*Thales Alenia Space*» kompaniýasy Ýewropanyň *MeteoSat meteorologiýa kosmos enjamlarynyň* ähli üç nesilleriniň baş potratçysy bolup durýar.

Milli hemra aragatnaşygyny oturtmak üçin Türkmenistana has oňaýly hasaplanylýan gündogar wagt uzynlygynyň 52-nji gradusyndaky orbital künjek saýlanyp alyndy. Bu geostasionar orbitanyň Monako knýazlygyna degişlidigi sebäpli, bu kosmos giňişligini kärendä almak üçin «*Space Systems Internacional-Monaco S.A.M.*» kompaniýasy bilen şertnama baglaşyldy.

«*TürkmenÄlem 52°E*» diýlip atlandyrylýan türkmen hemra aragatnaşygy üçin özüniň oňyn häsiýeti, ýokary ygtybarlylygy we hili bilen dünýäde meşhur bolan «*Spacebus 4000*» kompaniýasyna degişli häzirki zaman binýady seçilip alyndy. Hemranyň maksadyndan we wezipelerinden ugur almak bilen, onuň oňyn hereketi multiserwis aragatnaşyk hyzmatlarynyň toplумы, şol sanda sanly teleradioýaýlymlar, telefon wideoşekilli maslahatlary geçirmek, maglumat alyşmak, hemra Interneti, *VSAT* ulgamlaryny döretmek üçin niýetlenendir.

Hemranyň aragatnaşygyň işjeň 38 ýaýlymy – *transponderleri* bar. Olardan 26-sy öz maksatlary üçin Türkmenistan tarapyndan peýdalanylýar. Galan 12-si bolsa «*Space Systems Internacional-Monaco S.A.M.*» kompaniýasyna uzakmöhletleýin kärendä berildi. Bu hemra gündogar, demirgazyk we *MENA (Middle East & North Africa – Orta Gündogar we Demirgazyk Afrika)* antennalary bilen üpjün edilendir. Bu üç antenna Ýewropanyň we Aziýanyň onlarça döwletlerini öz içine alýar. Olaryň hatarynda Irlandiýadan, Beýik Britaniýadan başlap Owganystana çenli bolan, şeýle hem Ýakyn Gündogar we Demirgazyk Afrika ýurtlary bar.

«*TürkmenÄlem 52°E*» alnyp eşitdirilişi *Ku* giňişliginde amala aşyryldy. Bu bolsa uly bolmadyk antennalar bilen maglumaty kabul etmäge mümkinçilik berýär. Hut şonuň üçinem ol hemra telewideniýesinde giňden ulanylýar.

Hemranyň gurluşygy bilen birwagtda täze kosmos pudak üçin ýokary hünärli işgärleri taýýarlamak işleri alnyp barylýdy. Ýurdumyzyň Ulag we aragatnaşyk institutynyň, Magtymguly adyndaky Türkmen döwlet uniwersitetiniň uçurymlary, şeýle hem daşary ýurtlarda ýokary okuw mekdeplerini tamamlan fizikler, matematikler, mehanikler, aragatnaşykçylar, awiatorlar we programmaçylar Merkeziň hünärmenleri bolup durýarlar. Olar daşary ýurtlaryň degişli merkezlerinde bilim aldylar we

hünär taýýarlygyny geçdiler. Şertnama laýyklykda ýerüsti barlag stansiýalaryndan kosmos orbital enjamynyň hereketiniň dolanyşygyny we olara gözegçiligi amala aşyran tehniki işgärler we operatorlar taýýarlanylady.

Milli emeli hemrany Ýer üstünden dolandyrmak üçin *Ahal welaýatynda* hemrany dolandyrmak *Merkezi*, şeýle hem *Daşoguz welaýatynda* dolandyrmagyň goşmaça bekedini guruldy. Şunlukda, bekedini Daşoguz welaýatynda gurlan ýerüsti dolandyryş hemra stansiýasy özüniň häsiýeti we ähmiýeti boýunça Ahal welaýatynda gurlan merkeze doly gabat gelýär we dolandyryşyň goşmaça ulgamy bolup durýar. Merkezi hem-de stansiýany elektroenergiýa bilen bökdençsiz üpjün etmek maksady bilen goşmaça generatorlar we akkumulýatorlar bilen üpjün edilen elektrik geçiriji birnäçe ulgamlar guruldy.

Merkez diametri 9 metrden gowrak parabolik hereket edýän antenna, maglumatlary ibermek, kabul etmek, şeýle hem işläp taýýarlamak üçin häzirki zaman enjamy, radio maglumatlaryň kuwwatyny artdyryjylar, hemranyň hereketine gözegçilik etmek üçin enjamlar we beýleki zerur gurallar bilen enjamlaşdyryldy.

Ähli hemra ulgamlarynyň ölçegleri hakyndaky maglumatlar we seljermeler hemrany dolandyryş Merkezinde jemlenýär. Ol ýerde Merkeziň hünärmenleri hemranyň hereketine we onuň ulgamynyň ýagdaýyna gije-gündiziň dowamynda gözegçilik edýärler.

### 28.3. Türkmen aragatnaşyk hemrasynyň gurluşy

Hemrany gurmak örän çylşyrymly wezipe. Ol köp ýyllaryň dowamynda amala aşyrylýar. Bu işilki başda wezipäniň maksadyny kesgitlemekden başlanýar. Hemranyň wezipelerine laýyklykda onuň ähli ulgamlary hasaplanylýar, enjamlary we gurallary oturtmak üçin zerur bolan şertler kesgитlenýär. Taslama tassyk edilenden soň, hemrany ýygnamak işi başlanýar. Ol ýörite jaýda, arassa ýerde amala aşyrylýar. Munuň özi gerek bolan ýylylygy we çyglylygy saklamaga, hemranyň duýujylygy ýokary bolan içkeri gurallaryny daşky gurşawyň täsirinden goramaga mümkinçilik berýär.

Hemralaryň dürli görnüşde we ölçegde bolýandygyna we olaryň köpsanly hereketi ýerine ýetirýändigine garamazdan, olaryň gurluş aýratynlyklary meňzeşdir. Gurluşyň esasy kosmos binýady düzýär. Onda gulluk ulgamynyň laýyk toplumy gurnalýar. Olar islendik hemrany, şol sanda elektrik üpjünçilik ulgamyny, dolandyryş hereketini, ugrukdyrylyşyny we durnuklaşdyrylyşyny, termosazlanyşy, bort toplumynyň dolandyrylyşyny, gulluk telemetrik maglumatlaryň alşylmagyny hereketlendirmek üçin zerurdyr. Olaryň hemmesi esasy binada bolup, onuň daşynda Gün batareýalary, Ýere, Güne we ýyldyzlara gönükdirilen görkezijiler, ýylylygy sowmak üçin radiatorlar berkidilýär.

Binýatda *peýdaly toplumyň moduly* oturdylýar. Bu maksatlaýyn enjam bolmak bilen, hut şu zerarly hemra uçurylýar. Telearagatnaşyk kosmos enjamlarynyň hemralarynyň arasynda häzirki döwürde amatly toplumy bolan modul giňden ýaýrandyr. Ol özünde alyp eşitdirijileri we Ýeriň bir nokadyndan beýleki bir nokadyna, kosmos enjamdan Ýere ýa-da tersine radiomaglumatlary geçirmek üçin antennalary jemleýär.

Bellenilişi ýaly, türkmen aragatnaşyk hemrasy «*Spacebus 4000*» kosmos platformasynyň binýadynda ýygnaýdy. «*Spacebus*» umumy at bilen bar bolan platformalar maşgalasy geostasionar telearagatnaşyk hemralaryny döretmek üçin geçen asyryň segseninji ýyllarynyň başlarynda «*Thales Alenia Space*» kompaniýasy tarypandan işlenip taýýarlanylýdy. Platformalaryň önümçiligi Kanna şäherindäki Mandelýo kosmos merkezinde jemlenendir. Şol bir wagtyň özünde amatly toplumyň modullary Tuluz şäherinde öndürilýär.

Platformalaryň birnäçe görnüşleri işlenip taýýarlanylýdy. Olardan «*Spacebus 100*», «*Spacebus 300*», «*Spacebus 2000*», «*Spacebus 3000*» we «*Spacebus 4000*» görkezmek bolar. Her bir täze görnüşde hemralaryň möçberleri we kuwwatlyklary artýar. Ilki bilen, onuň agramy alty esse artdy. Bortda işläp taýýarlaýan energiýasy bolsa 12 esse ýokarlandy. Adatça, seriýa belgileri döredilen pursatda hemralaryň agram derejesini aňladýar: «*Spacebus 2000*» – 2 müň kilogram, «*Spacebus 4000*» – 4 müň kilogram we ş.m.

Köpsanly hemralarda bolşy ýaly, türkmen hemrasy *gulluk ulgamy moduly* we *amatly toplum moduly diýen* iki moduldan ybaratdyr.

*Gulluk ulgamy moduly* merkezi ugleplastik turbada esaslandyrylandyr. Ol kosmos enjamynyň tutuş gurnawynyň içinden geçýär we goýberilýän mahaly göteriji raketa berkidilýär. Merkezi turba özünde modulyň ähli elementlerini, ýagny Gün we akkumulýator batareýalaryny, ýangyç üçin gaby bolan apogeý hereketlendirijileri, sazlaýjy we saklaýjy hereketlendirijileri hem-de beýleki serişdeleri jemleýär.

Amatly toplum moduly H – şekilli gurnamany özünde jemleýär. Ol özünde ähli alyp eşitdiriji enjamlary we antennalary jemleýär. Içki panel, göteriji raketa bilen ugurdaş bölüji tekizlik merkezi turba berkidilýär we iki paneli (demirgazyk we günorta) baglanyşdyrýar. Modulyň ähli üç panelinde alyp eşitdiriji we goşmaça enjamlar oturdylýar.

Hemranyň içerki ulgamynyň işi üçin Gün batareýasynda işlenip taýýarlanylýan energiýa ulanylýar. Batareýalar hemişe Güne tarap gönükdirilendir. Hemranyň geostasionar orbitada wakuum şertlerinde ýerleşýändigini nazara almak bilen, onuň enjamynyň işläp çykarýan ýylylygyny sowmagyň meselesi örän möhüm bolup durýar. Aragatnaşygyň türkmen hemrasy «*Spacebus 4000*» platformasynyň binýadynda pes termos sazlaýjy ulgamy peýdalanýar. Ol enjamlaryň, platformanyň demirgazyk we günorta panellerinde ýerleşýän Gün gaýtaryjylar bilen ýylylyk çalşygy birleşmeleriň kömegi arkaly panellerden ýylylygy sowmak işini amala aşyrýar. Bort kompýuteri

bilen birwagtda birnäçe gurnamalar we enjamlar ýylylygy hemişe gözegçilikde saklaýar we olaryň gyzmagynyň önüni alýar.

Hemrada geostasionar orbita çykyp, hereketini amala aşyrmagy üçin *apogey* hereketlendiriji gurnama ornaşdyrylandyr. Ol göteriji raketanyň kowujy blogundan aýrylýar. Geostasionar orbitada hemranyň zerur bolan nokatda saklanmagy üçin Russiýanyň «*Fakel*» tejribe-konstruktorçylyk býurosynyň tehnologiýasynyň binýadynda döredilen sazlaýjy hereketlendirijiler ulgamy peýdalanylýar.

«*TürkmenÄlem 52°E*» hemrasynyň agramy 4707 kilogramdyr. Şunlukda, agramyň köp bölegi ýangyja düşýär. Ýangyçsyz gurnamanyň agramy 1830 kilogramdyr.

Orbitada 15 we ondan-da köp ýyl bolmaga niýetlenen hemralar hemişelik wakuumda ýerleşýär we gazaply kosmos şöhlelerine sezewar bolýarlar. Şunlukda, hemralaryň konstruktorlarynyň önünde durýan inženerçilik wezipeleriniň örän çylşyrymlydygyny nazara almaly.

Ähli degişli enjamlary bilen gutarnykly ýygňalan türkmen hemrasy Kannadan Nissa getirilýär. Ol ýerden ýük uçarynda Amerikanyň Birleşen Ştatlarynyň Kanaweral adasyna geçirilýär. Ýük ulgamynda oturdylmazdan önürti kosmos enjamynyň göteriji raketasy dolulygyna gaýtadan anyklaýyşdan geçirildi. Onuň ähli enjamlary we elektron ulgamlary barlanyldy.

## 28.4. Türkmen aragatnaşyk hemrasyny uçurmak we ony dolandyrmak

Ilkinji türkmen aragatnaşyk hemrasyny uçurmagy amala aşyrmak işleri kosmos hyzmatlary bazarynda abraýly «*SpaceX*» kompaniýasyna ynanyldy, ol «*Falcon*» hemra göterijiler toplumyny işläp taýýarlaýan hem-de kosmos ulgamlarynyň operatory bolan kompaniýadyr. Ol kanadaly-amerikaly inžener, telekeçi, oýlap tapyjy Ilon Mask (1971-nji ýylda doglan) tarapyndan esaslandyryldy we maglumatlar tehnologiýalary, hemra gurluşyk hem-de awtomobil gurluşyk ulgamlarynda gaza-nan netijeleri bilen dünýäde meşhurdyr. I.Maskyň üstünlikli amala aşyran taslamalarynyň hatarynda belli *PayPal töleg ulgamyny* we elektromobilleri öndürýän «*Tesla Motors*» awtomobil kompaniýasyny görkezmek bolar.

I. Mask hemralar işlenip düzüleninde we taslamasy çyzylanda, çykdaýylary mümkin boldugyça azaltmak wezipesini öňde goýdy. «*SpaceX*» NASA bilen kompaniýanyň işläp taýýarlan hemra göterijisiniň halkara kosmos stansiýasyna ýüki çykarmak ukybyny görkezmek baradaky şertnamany baglaşdy.

2010-njy ýylyň tomsunda täze hemra göterijisi üstünlikli uçuryldy, şol ýylyň gysynda bolsa «*Falkon 9*» öz işläp taýýarlan «*Dragon*» ýük göteriji asman gämisini Ýeriň töweregindäki äleme çykardy. Asman gämisi äleme çykyp, telemetriki maglumaty berdi, älemden yzyna gaýtdy we ummanda üstünlikli suwa gonduryldy.



Şeýlelikde, «*SpaceX*» ýük göteriji asman gämisini äleme çykaran we soňra yzyna üstünlikli gaýtaryp getiren dünýädäki ilkinji hökümete dahylsyz gurama boldy.

Häzirki wagta çenli «*SpaceX*» emeli hemralaryň eýýäm ýigirmä golaýyny äleme üstünlikli uçurdy, olaryň hatarynda geostasionar äleme, şeýle hem *Halkara kosmos stansiýasyna* ýüki elten asman gämileri bar. *NASA* we «*SpaceX*»-iň arasyndaky şertnama laýyklykda, «*Dragon*» Halkara kosmos stansiýasyna köp gezek uçurmak göz önünde tutulýar.

2016-njy ýylyň 27-nji aprelinde bütindünýä wagty boýunça 23 sagat 3 minutda (Aşgabatda 28-nji aprelda 4 sagat 3 muntuda) *ilkinji türkmen aragatnaşyk hemrasy* «*Falcon 9 v1.1*» hemra göterijisi (221-nji surat) arkaly Florida ştatyndaky (ABŞ) Kanaweral kosmodromyndan uçuryldy (222-nji surat). «*Falkon 9 v1.1*» iki basgançakly «*Merlin*» suwuklykda işleýän hereketlendirijileri bolan hemradyr. Basgançaklaryň her biri awionika we uçuş kompýuterleri bilen enjamlaşdyrylandyr, olar hemra göterijisiniň uçuşynyň ähli ugurlaryna gözegçiligi amala aşyrýar. Peýdalanylýan awionikanyň hemmesi «*SpaceX*» kompaniýasynyň önümidir we üç ätiýaçlyk toplumu göz önünde tutulyp ýerine ýetirilendir. Koniki görnüşli enjam ikinji basgançagyň ýokarsynda ýerleşýär we uçuş wagtynda peýdaly ýüki aerodinamiki, termal we akustiki täsirlerden goraýar.

Hemrany onuň älem giňişliginde ýerleşjek ýerine çykarmak işi birnäçe tapgyrda amala aşyryldy. Ilki bilen hemra göterijisi kosmos enjamyny geogçiriji äleme çykardy. Ol süýndürilen elliptiki älem görnüşinde bolup, *perigeý* (emeli hemranyň Ýere iň ýakyn orbitasynyň nokady) pes älem giňişliginde (200 kilometre golaý belentlikde), *apogeýde* (emeli hemranyň Ýerden has uzakda ýerleşýän orbitasynyň nokady) bolsa geostasionar älemde (36 müň kilometre golaý) belentlikde ýerleşýär (223-nji surat).

Geogçiriji älemden kosmos enjamy apogeý hereketlendirijisi arkaly älemdäki öz bellenen ornuna çykarylýar. Hemrany geo-



221-nji surat. Türkmen aragatnaşyk hemrasyny Älem giňişligine çykaran «Falkon 9» göteriji raketasy



222-nji surat. Türkmen hemrasy ýerleşdirilen raketanyň uçurylyşy

stansionar äleme çykarmak ol geogeçiriji älem boýunça hereket edip, apogeýe ýetende tamamlanýar.

Şol pursatda hereketlendiriji kosmos enjamyna duýduryş berýär, ol bolsa elliptiki herekete Ýeriň daşyndan aýlaw görnüşinde hereket etmek döwrüne geçýär, bir aýlaw gije-gündiziň uzaklygyna deňdir, ýagny hemranyň hereketiniň ugry geostasionar älem bilen deňleşýär.



223-nji surat. «TürkmenÄlem 52°E» aragatnaşyk hemrasy Älem giňişliginde

Şeýlelikde, «SpaceX» kosmos enjamyňy geogeçiriş orbitasynda bellenen ýere çenli uçurmagy amala aşyrdy. Türkmen aragatnaşyk hemrasy «Falkon 9v1.1» hemra görterijisinden bölünip aýrylandan soň, ony dolandyrmagy «Thales Alenia Space» kompaniýasynyň hünärmenleri öz üstüne aldy. Munuň üçin Koreýa Respublikasyndaky, Italiýadaky, ABŞ-daky we Fransýadaky stansiýalar peýdalanyldy. Şol bir wagtyň özünde hemranyň maglumatlaryny Ahal welaýatynda ýerleşýän Hemra dolandyryş merkezinde

türkmen hünärmenleri aldylar. Bu stansiýalaryň ýerleşşi asman gümmeziniň giňişligine hem-de kosmos enjamynyň hereketine gije-gündiziň dowamynda gözegçilik etmäge mümkinçilik berýär.

Soňky günleriň dowamynda hünärmenler aragatnaşyk hemrasy orbitada bellenen ornuna - gündogar uzaklygyň 52-nji ölçegine ýetýänçä, onuň hereketine yzygiderli üýtgetmeler girizdiler. Şol pursatda «TürkmenÄlem 52°E» hemrasy gös-göni Ahal welaýatynda ýerleşýän Hemrany dolandyryş merkezi bilen aragatnaşyga çykdy we hemra ulgamynyň işini barlamak başlandy. Ähli seljermeleriň üstünlikli jemlenmegi bilen türkmen hünärmenleri enjamy dolandyrmagy öz üstüne aldylar.

Ýeriň ähli emeli hemralary, olaryň orbitanyň haýsy belentliginde ýerleşýändigine garamazdan, deňagramlylyk ýagdaýyny saklaýarlar. Has takygy, kosmos enjamynyň hereketiniň netijesinde ýüze çykýan merkeze ymtylyş güýji grawitasiýa dartylyş güýjüne deňdir we şonuň netijesinde hemralar bellibir belentliklerde, howada «sallanyň duran» ýalydyr. Eger hemra örän ýokary tizlik bilen hereket etse, ony älem özüne dartar, eger örän haýal hereket etse, dartyş güýji ony yzyna Ýere tarap çeker. Kosmos enjamy biziň planetamyza näçe golaýda ýerleşse, oňa dartyş güýji uly täsir edýär. Şonuň üçin hem onuň tizligi ýokary bolmalydyr. Geostasionar orbita çykarmak üçin türkmen aragatnaşyk hemrasynyň orbital tizligini sekuntda 2,6 km/s ýetirmek zerurdyr (bu tizlik sesiň tizliginden 8 essä golaý ýokarydyr). Bu tizlik 24 sagadyň dowamynda bir gezek aýlaw etmäge mümkinçilik berýär. Ýeriň hem öz okunyň daşyndan 24 sagatda bir gezek aýlaw edýändigini sebäpli, hemra

geostasionar orbitanyň beýikliginde Ýeriň tekizligine garanyňda, hemişe bellibir orunda ýerleşýär.

Şeýlelikde, kosmos enjamy geostasionar orbita çykarylandan soň, onuň özi biziň planetamyzyň ýokarsynda «asylyp durjak» ýalydyr. Emma hemra Aýyň we Günüň dartysmasy, Ýeriň magnit meýdany we beýlekiler täsir edýär.

Şu ýagdaýlaryň netijesinde hemra hemişe bellenen matematik orbitada uçup bilmez. Ýeriň emeli hemrasynyň ortalýk ýagdaýdan şeýle haýal gyşarmasy *dreyf* diýlip atlandyrylýar. Hemrany zerur bolan ornunda saklamak üçin hem düzediş hereketlendirijileri zerurdyr.

Kosmos enjamynyň şunuň ýaly görünüşde hereket etmegine onda ýerleşdirilen we ýerdäki enjamlar arkaly gözegçilik edilýär we zerur ýagdaýynda *Dolandyryş merkeziniň* hünärmenleri Ýerden buýruk bermek arkaly hem-de hemranyň özünde ýerleşýän düzediş hereketlendirijilerini işledip, ony geostasionar orbitadaky zerur bolan ýagdaýyna getirýärler.

## 28.5. Türkmen hemra aragatnaşyk ulgamynyň hyzmatlary

Türkmen hemra aragatnaşyk ulgamy doly derejede işe girizilenden soň, ýurdumyzyň hünärmenleriniň önünde onuň hyzmatyndan mümkin boldugyça, doly peýdalanmak hem-de bu taslamanyň netijeli bolmagyny üpjün etmek wezipesi durýar. Bu maksatlar üçin Türkmenistanyň Prezidentiniň Kararyna laýyklykda, «*Türkmen hemrasy*» ýapyk görnüşli paýdarlar jemgyýeti döredildi, onuň üstüne hemra aragatnaşyk hyzmatlaryny üpjün etmek wezipesi yüklenýär. Hemranyň mümkinçilikleri ony tele we radioýaýlymlary ýaýlyma çykarmak, biri-birinden müňlerçe kilometr uzaklykda ýerleşýän ýerüsti stansiýalaryň arasynda maglumatlary alyşmak, giň zolakly Internet hyzmatlaryny hödürlemek, uzak aralykdan okuw işini, lukmançylyk hyzmatyny guramak, şol sanda wideoşekilli dürli maslahatlary geçirmek, şeýle hem aragatnaşyk hyzmatlarynyň beýleki görnüşleri üçin peýdalanmaga şert döredýär. Hakykat ýüzünde hemra belent asman giňişligine çykarylan kuwwatly alyp eşitdiriji we alyp görkeziji stansiýadyr. Ol uly möçberli maglumatlary uzak aralyklara çalt ibermekde, şeýle hem beýleki dürli ýagdaýlarda peýdalanylyp bilner.

Bellenilip geçilişi ýaly, Türkmenistanyň ygtyýarynda 26 sany hemra transponderi bar. Hemra ulgamlary, esasan, hemra telewideniýesini ýaýlymlara goýbermek üçin ulanylýar, munuň üçin «BSS» radioýygylýk ýaýlymlarynyň 10-sy göz önünde tutulandyr. Olaryň geçirijilik ukyby kuwwatlyklary standart, şeýle hem ýokary çözüjilik görnüşli teleýaýlymlaryň onlarçasyny görkezmäge mümkinçilik berýär. «BSS» radioýygylýk ýaýlymlarynyň her birinde olaryň çözüş aýratynlyklaryna baglylykda, *SD-TV* ölçegdäki (standart çözüşli) teleýaýlymlaryň 7-sini, *HD-TV* (ýokary çözüşli) ölçegdäki teleýaýlymlaryň 4-sini, *3D-TV* ölçegdäki («*üç ölçegli*») teleýaýlymlaryň 2-sini ýerleşdirmäge mümkinçilik berýär. Şeýlelikde, «BSS» radio-

ýygýlyk ýaýlymlaryň 10-synda olaryň ölçeglerine laýyklykda 20-den 70-e çenli teleýaýlymlary ýerleşdirip bolar.

Häzirki wagtda munuň milli telewideniýäniň isleglerinden artyk gelýändigi sebäpli, hemra ýaýlymlarynyň köp bölegini daşary ýurt teleýaýlymlaryny alyp görkezmek üçin kärendesine berip bolar. «*TürkmenÄlem 52°E*» hemrasynyň ägirt uly çäkleri öz içine alýandygy sebäpli, Türkmenistan Ýewropanyň we Aziýanyň alyp eşitdiriji we alyp görkeziji ýaýlymlary üçin üstaşyr ýurt hökmünde çykyş edip biler.

Milli teleradio eşitdiriş – görkeziş ulgamyny ösdürmekden başga-da, ýurdumyzyň öz hemrasynyň bolmagy Türkmenistanda *VSAT (Very Small Aperture Terminal)* ulgamyny işjeň peýdalanmaga mümkinçilik berer, bu ulgamy halk hojalygynyň ähli ulgamlarynda diýen ýaly giňden peýdalanylýar. *VSAT ulgamynyň* binýadyndaky hemralar toplumy dört esasy düzümleriň bölegini öz içine alýar. Olar alyp eşitdiriş hemranyň özi, *FSS-teleport* we *VSAT* abonent terminallary. *VSAT* abonent terminaly hemra ýaýlymlary boýunça maglumatlary alyşmaga niýetlenen uly bolmadyk hemra aragatnaşygy stansiýasydyr. Ol 0,9-dan 2,4 metre çenli göwrümlü antennadan, daşky radioýygýlykly toplumdan we içki toplumdan ybaratdyr. Ol aşakdaky ýaly işledilýär: mysal üçin, iki sany *VSAT* terminaly biri-birinden münlerçe kilometr uzaklykda ýerleşip (esasy zat olaryň hemranyň täsir ediş zolagynda ýerleşmegidir) biri-birine uly möçberli maglumatlary ýetirip bilerler, şunda hemra alyp eşitdiriji hökmünde peýdalanylýar. *VSAT* binýadyndaky aragatnaşyk hemrasy ulgamynyň artykmaçlyklary aşakdakylardan ybaratdyr: ulgam tiz herekete getirilýär, aragatnaşygyň ýokary hili, ulanmagyň ýönekeýligi, ygtybarlylygy, müşderi terminallaryny göçürmegiň aňsatlygy, olar hatda ýeňil awtomobillerde hem oturdylyp bilner. Aragatnaşyk tehnologiýalarynyň bu görnüşiniň esasy artykmaçlyklarynyň biri ilatly ýerlerden uzakdaky çöllükde, dağlyk ýerlerde, deňizlerde ýerleşýän desgalaryň arasynda ýokary hilli aragatnaşygy üpjün etmek mümkinçiliginiň bolmagydyr.

Şeýlelikde, bu ulgam bank we maliýe edaralarynda, bölekleyin we lomaý-sowda nokatlarynda, senagat kärhanalarynda we hususy bölümlerde, saglygy goraýyş we bilim ulgamlarynda hem-de beýlekilerde ulanylýp bilner. *VSAT ulgamynyň* enjamlarynyň binýadynda Internetde çykmak, telefon aragatnaşygy, çäk taýdan aýrybaşga ulgamlary tizleşdirmek, oň bar bolan aragatnaşyk ýaýlymlaryny ätiýaçlandyrmak, alyp eşitdiriş we wideogörnüşli maslahatlary guramak ýaly hyzmatlar üçin doly derejeli multiserwis şetlerini gurnamak mümkindir. *VSAT* aragatnaşyk hemrasynyň binýadynda hemra aragatnaşyk ulgamy, şeýle hem önümçilik işlerine dispetçer dolandyryşynda hem-de uzak aralykdan gözegçilik etmekde (*SCADA ulgamlary*) işjeň peýdalanylýar. *SCADA ulgamlary* tehnologiýa işlerine gönüden-göni operator gözegçiliginiň üpjün edilmegini talap edýän halk hojalygynyň ähli pudaklarynda peýdalanylýar. *VSAT* tehnologiýalarynyň peýdalanylmagy bolsa uzak

aralykda ýerleşýän hem-de ýerüsti aragatnaşyk ulgamlary bilen birleşdirilmedik dispetçerlik merkezlerinden uzaklykda ýerleşýän senagat desgalaryna gözegçilik etmäge mümkinçilik berýär.

*VSAT* aragatnaşyk hemrasy ulgamy wideoşekilli maslahatlary geçirmekte giňden peýdalanylýar, munuň özi biri-birinden uzak aralykda ýerleşýän iki ýa-da ondan köp peýdalanyjylara özaralarynda gürleşmäge, birek-biregi hem-de maslahata beýleki gatnaşyjylary görmäge we eşitmäge, şeýle hem olar bilen bilelikde kompýuterde işlemäge mümkinçilik berýär. Wideoşekilli maslahatlaryň esasy wezipesi dürli künjeklerde ýerleşýän adamlara, şol bir wagtyň özünde şol bir maglumatlary ýetirmekden ybaratdyr. Wideoşekilli maslahatlary ýa-da hemra aragatnaşygy arkaly teleköprüleri geçirmek häzirki wagtda giňden ulanylýar, sebäbi köpsanly adamlary bir ýere ýygnamak we olary ýerleşdirmek üçin çykarylýan çykdajydan bu usul has arzan düşýär. Wideoşekilli maslahatlar işleri tizleşdirmäge, wagty we serişdeleri netijeli peýdalanmaga mümkinçilik berýär. Bu tehnologiýa uzak aralykdan okatmak ulgamynda, şeýle hem telelukmançylykda hem giňden peýdalanylýar.

Uzak aralykdan okatmak usuly häzirki wagtda bilim ulgamyny döwrebaplaşdyrmakda barha uly ähmiýete eýe bolýar we işgärleriň hünär derejesini ýokarlandyrmak boýunça aýry-aýry okuwlarda, şeýle hem hünär bilimini almakda peýdalanylýar. Uzak aralykdan bilim bermegiň artykmaçlyklary köpdür. Diňleýjiler özüleri üçin amatly ýerde we wagtda bilim alyp bilerler, okadylýan adamlar üçin uzak aralygyň tapawudy bolmaýar hem-de ýaşayan ýerlerine, maddy ýagdaýlaryna garaşsyzlykda okap bilerler, bu ýagdaýda okamak üçin uzak ýerlere ýol çykdajylary aradan aýrylýar.

Ikitaraply ýerüsti hemra stansiýasy arkaly bilim almak doly derejeli we interaktiw görnüşde bolup, okaýan adam şol wagtyň özünde mugallyma sowal berip, jogap alyp biler. Mugallym öz gezeginde diňleýjiniň bilimleri özleşdiriş derejesini barlap biler.

Hemra aragatnaşyk ulgamlary saglygy goraýyş ulgamynda hem täze mümkinçilikleri açýar. Adatça, uly bolmadyk ilatly ýerlerde köpugurly lukman hünärmenler işleýärler. Çylşyrymly ýagdaýlarda bellibir anyk ugur boýunça ýöriteleşen lukmandan maslahat almak üçin näsagy iri şäherlerde ýerleşýän lukmançylyk merkezlerine äkitmeli bolýar, bu bolsa hemişe mümkin hem däl. Şeýle ýagdaýlarda *VSAT* aragatnaşyk hemrasynyň göçme stansiýasy uzak aralykdan näsagyň keselini anyklamaga we ýerli lukmanlara maslahat bermäge mümkinçilik berýär. Şunda ýokary tizlikli aragatnaşyk hemra ýaýlymy hemranyň üsti bilen anyklaýyş enjamlarynyň maglumatlaryny ibermäge mümkinçilik berýär. Bu tehnologiýa operasiýalar geçirilende hem ulanylýar. Maslahat berýän lukman başga şäherde, hatda başga ýurtda bolýan wagty hem operasiýa geçirýän lukmanyň işine gözegçilik edip, ony ugruk-



dyryp biler. Şunda ähli ýagdaýlarda ikitaraplaýyn eşitdiriş we görkeziş aragatnaşygy doly derejede üpjün edilýär.

Ýokary halkara ülnüleriniň derejelerine laýyk gelýän we maglumatlary bermegiň hilini üpjün edýän aragatnaşygyň kämil telekommunikasiýa ulgamlarynyň döredilmegi biziň ýurdumyzyň yklymda uly ähmiýetli maglumat aragatnaşyk köprüsi hökmünde abraýyny ýokarlandyrmaga ýardam eder.

## 28.6. Türkmenistanyň kosmos pudagynyň ösüşiniň geljegi

Türkmenistan öz taryhynda täze eýýamy – kosmos tehnologiýalar eýýamyny açdy. Ýakyn wagtda Türkmenistanyň Prezidentiniň ýanyndaky *Milli kosmos agentliginiň* hünärmenleriniň we işgärleriniň önünde işiň bu görnüşini ýokary hünär derejesinde we doly möçberde özleşdirmek hem-de Türkmenistanyň tutuş hemra aragatnaşyk ulgamynyň işiniň sazlaşygyny üpjün etmek wezipesi durýar.

Ýöne häzirki döwürde ýurdumyzyň kosmos pudagynyň geljekki ösüşine çaklama bermek mümkin we şunuň bilen baglylykda, Ýeriň emeli hemrasynyň ýene-de nähili görnüşleriniň bardygyny ýatlamak zerurdyr. Meselem, meteorologiýa hemralary meteorologlara howany çaklamaga we häzirki döwürde onda näme bolup geçýänine gözegçilik etmäge kömek edýär. Bu babatda *geostasionar ekologiýa hemrasy (GOES)* oňat mysal bolup biler. Adatça, meteorologiýa hemralarynyň ýörite kameralary bolýar. Olar howada bolup geçýän dürli ýagdaýlary çyzuw görnüşinde şöhlelendirýärler. Hemra meteorologiýasy häzirki döwürde dünýä möçberinde atmosfera ýagdaýlaryny barlamagyň esasy guraly bolup durýar.

*Nawigasiýa hemralary* Ýer üstünden uçarlara, gämilere, awtoulaglara we ulaglaryň beýleki görnüşlerine, hatda pyýadalara ugur almaga kömek edýär. Olaryň has meşhur görnüşleri hökmünde *GPS* we *GLONASS* ulgamlaryny görkezmek bolar.

Kosmosda ylmy barlaglaryň mümkin bolan ähli görnüşlerini alyp barmak işini ýerine ýetirýän *ylmy hemralar* häzirki zaman dünýä ylmynyň möhüm bölegi bolup durýar. Olaryň üsti bilen Günüň tegmillerinden başlap, dürli asman şöhleleriniň täsirine çenli gözegçilik edip bolýar. Meselem, astronomiýada we astrofizikada düýpli ösüşe ýetilmegine «*Habbl*» we «*Çandra*» kosmos teleskoplary ýardam berdi.

Hemra ulgamlarynyň has peýdaly we netijeli görnüşleriniň biri Ýeri uzak aralykdan *zondirleýän hemralar* bolup durýar. Geljekde olar biziň ýurdumyzda döredilip bilner. Uzak aralykdan zondirlemek munuň özi Ýeriň ýokary gatlagy hakynda oňa fiziki taýdan galtaşmazdan ýygňalan maglumatlara esaslanýan ylmy ugurdyr.

Ýokary gatlak hakyndaky maglumatlary almak işi soňlugy bilen işläp taýýarlamak we seljermek hem-de iş ýüzünde peýdalanmak maksady bilen energiýany gaýtarýan we çykarýan pudaklar hakyndaky maglumatlaryň zondirlenmegini we ýazylyp alynmagyny özünde jemleýär. Häzirki döwürde uzak aralykdan Ýeri zon-

dirlemegi peýdalanmagyň birnäçe möhüm ugurlary bolup, olara daşky gurşawyň we ýerden peýdalanmagyň ýagdaýlary hakyndaky maglumaty almak, oba hojalyk ekinleriniň hasyllylygyna baha bermek, ösümlük we haýwanat dünýäsini öwrenmek, gury ýerleriň we suw howdanlarynyň ekologiýa ýagdaýlaryna baha bermek ýaly ugurlar degişlidir.

Uzakdan zondirlemegiň maglumatlary ýer peýdalanyş we topografik kartalary taýýarlamakda esasy maglumat çeşmesi bolup hyzmat edýär. Häzirki döwürde emeli hemralardan alnan uzak aralykdan zondirlemegiň maglumatlary tebigy öri meýdanlaryna gözegçilik etmek üçin has giň möçberde peýdalanylýar. Uzak aralykdan zondirlemek hemralarynyň berýän maglumatlary ýokary çözüjilik ukyby, şeýle hem ösümlük örtüğine we onuň wagta görä özgermegine anyk ölçegleri bilen tokaýçylykda örän netijeli bolup durýar.

Şunlukda, Ýeri uzak aralykdan zondirlemek geologiýa ylymlarynda giňden peýdalanylýar. Uzak aralykdan zondirlemek hemralarynyň maglumatlary tohumlaryň görnüşlerini, şeýle hem düzümlýin, tektoniki we ýerleriň seýsmiki aýratynlyklaryny görkezmek arkaly geologik kartalar düzülende peýdalanylýar. Uzak aralykdan zondirlemek dürli peýdaly magdanlaryň, şol sanda nebitiň we gazyň ýataklaryny gözlemekde örän gymmatly we netijeli gural bolup hyzmat edýär.

Uzak aralykdan zondirlemegiň maglumatlary gurluşyk üçin bildirilen talaplara laýyk gelýän ýeri, gurluşyk materiallarynyň önümçiligi üçin serişdeleriň baý ýataklaryny kesgitlemek, dag-magdan işlerini, ýer işlerini alyp barmaga gözegçilik etmek, şeýle hem deňiz ýakasynda inženerçilik işlerini geçirmek üçin inženerçilik geologiýasynda ulanylýar. Mundan başga-da, bu maglumatlar seýsmiki, wulkanlar we geologiýa gelip çykyşy bolan howply hadysalara baha bermekde ulanylýar.

Ýeriň golaýyndaky orbita çykarylan uzak aralykdan zondirleýän hemralaryň ilkinji gezek dünýäniň alymlaryna biziň Ýerimize, onuň sazlaşykly atmosferasyny we gury ýeriň keşbini, tebigy bolşy ýaly, tehnogen şertleriň täsiri astynda onuň üýtgeýşini nazara almak bilen, bitewi ulgam hökmünde gözegçilik etmäge we yzarlamaga hem-de öwrenmäge mümkinçilik berendigini bellemek gerek.

Uzak aralykdan Ýeri zondirlemek ABŞ-da we Russiýada geçen asyryň 60-njy ýyllaryndan bäri amala aşyrylýar. Häzirki döwürde bu bütindünýä ähmiýetli işe gatnaşýan ýurtlaryň sanynyň artmagy dowam edýär. Gury ýeri, deňizleri we Ýeriň atmosferasyny barlamaga niýetlenen hemralaryň köpüsini Ýaponiýanyň we Ýewropanyň kosmos agentlikleri orbita çykarmagy meýilleşdirýärler. Geljekde adamzat üçin ähmiýetli bolan bu işe Türkmenistan hem özüniň mynasyp goşandyny goşar.

**29-njy bap. HÄZIRKI ZAMAN FIZIKASYNYŇ BAŞ  
UGURLARYNY KESGITLEÝÄN ÖLÇEGLER  
(KRITERIÝALAR)**

Geçen XX asyr fizikada beýik açyşlaryň asyry boldy diýip ynam bilen aýtmak bolar. Ýagny bu döwürde dünýä barada biziň garaýyşlarymyzy düýbünden üýtgeden kwant nazaryýeti we görälik nazaryýeti döredi. Neýtron, pozitron we kwark açyldy. Biz indi ajaýyp hadysalar bolan aşageçirijilik we aşaaakyjylyk barada bilýäris. Täze ugurlar döredi: ýokary energiýalaryň we ýokary basyşlaryň fizikasy, ýokary we pes temperaturalar fizikasy we beýlekiler. Geň galdyryjylykly depgin bilen astrofizika ösýär. Bu zatlar täze kuwwatly nazary garaýyşlaryň we usullaryň döremekligi, şeýle hem düýbünden täze ylmy abzallary, usullary we tehnologiýalary, häzirki wagtda aýdylyşy ýaly – ýokary tehnologiýalary ulanmaklyga esaslanan tejribe geçirmekligiň usullarynyň çalt ösmekligi bilen baglanyşyklydyr.

Şeýle köpugurly, täsirli ösýän ders bolan häzirki zaman fizikasynyň taryhyny derňemeklige nähili çemeleşmeli?

Häzirki zaman fizikasynyň wekili, 2003-nji ýylda fizika boýunça Nobel baýragyna mynasyp bolan Witaliý Lazarewiç Ginzburg (1916–2009 ý.) 20-ä golaý «*fizikanyň has gyzykly we möhüm meselelerini (problemalaryny)*» tapawutlandyrdy. Ol hut bu problemalar häzirki wagtda «*üns merkezinde we baş ugurlarda bolýarlar*» diýdi.

Biz hem şeýle etmäge synanyşalyň we birnäçe fiziki ugurlary saýlalyň we olaryň sanyna ylmy abzal öndürişiniň käbir üstünliklerini hem goşalyň. Bu diňe düýpli (fundamental) soraglary däl-de, eýsem fizikanyň tehnika bilen köptaraply baglanyşygyny hem ara alyp maslahatlaşmaga mümkinçilik berer. Ilkibaşda häzirki zaman fizikasynyň baş ugurlaryny saýlamaga mümkinçilik berýän *ölçepleri (kriteriýalary)* kesgitleliň we bu kriteriýalary olaryň wajyplygy tertibinde ýerleşdireliň.

1. *Bu problemanyň adamzadyň ykbaly üçin möhümligi.*

Has häsiýetli mysal hökmünde energiýany almak üçin dolandyrylýan termodyadro sintezi işläp düzmeklige we ulanmaklyga ugrukdyrylan barlaglary görkezmek bolar. Energetika – adamzat medeniýetiniň ösüşinde esasy problemadyr we onuň çözülişiniň usullaryny gözlemeklik häzirki zaman fizikasynyň we teknikasynyň ýerine ýetirýän barlaglarynyň köp bölegini düzýär. Şeýle hem bu barlaglaryň adamzadyň ykbaly üçin ähmiýetli we derwaýys bolan ekologiýanyň meselelerini çözmek bilen hem baglanyşyklydygyny bellemek gerek.

2. *Ylmyň öz esasyyny kämilleşdirmek üçin fizikanyň anyk ugurlaryny ösdürmek.*

Muňa mysal edip fizikanyň maddanyň gurluşy baradaky bilimleri almaga mümkinçilik berýän ugurlaryny görkezmek bolar. Molekulalary, atomlary, ýadrolary we elementar bölejikleri öwrenmeklik elmydama gös-göni şu pursatda, peýda bermedi. Emma muňa garamazdan, olar ylmy öňe sürüp, hünärmenler, şeýle hem fizika bilen gyzyklanýanlar tarapyndan dykgatly tanyş bolmaklyga mynasypdyrlar.

Şeýlelikde, häzirki wagtda barlag etmekligiň birinji hatarynda ýokary energiýalaryň fizikasy (öň ol elementar bölejikleriň fizikasy diýlip atlandyrylýardy) ýerleşýär. Hut bu ýerde maddanyň fundamental häsiýetlerine düşünmeklikde «*böwsül-mä*» garaşylýar.

3. *Adamyň Älemdäki orny baradaky sorag hemişelik derwaýys soragdyr.*

Bu soraga filosoflar we beýleki ynsanperwer ylymlary jogap bermäge synanyşýarlar, emma bu meselede fizika ýeňillikli ýagdaýda bolýar. Beýleki ylymlardan tapawutlylykda ol abstrakt (synlap oýlanylýan, pikirde aýlanylýan) maglumatlara daýanmaýar-da, derňewler we gözegçilikler netijesinde alnan maglumatlara daýanýar. Bu ýerde, elbetde, käwagt megadünýäniň fizikasy diýlip atlandyrylýan, astrofizika aýratyn üns berilýär.

4. *Fizikanyň tehnika bilen ikitaraplaýyn aýrylmaz baglanyşygy.*

Eger-de barlag etmek üçin ulanylýan gurluşlar we usullar ara alnyp maslahatlaşylmaýan bolsa, onda ýokarda getirilen problemalar düşnükli bolmaz. Tehnika – bu amaly fizika diýlip kabul edilendir. Ýöne tehnika fiziki açyşlary diňe özüniň ösüşleri üçin ulanmaýar. XX asyryň ikinji ýarymynda fizika özüniň görülmedik ösüşine ägirt uly derejede diňe tehnika borçludur. Köp açyşlaryň döremegine getiren ajaýyp ylmy abzallar we desgalar tehnikanyň we ýokary tehnologiýalaryň güýçli depginde ösmekligi bilen baglanyşyklydyr.

5. *Häzirki zaman fizikasynyň anyk ugurlary bilen her bilimli adamyň tanyş bolmaklygynyň zerurlygy.*

Dünýäniň fiziki suraty barada düşünje, sungatyň, edebiýatyň, sazyň we bina-gärligiň beýik eserleri bilen bir hatarda, her bir bilimli adamyň (onuň hünärine bagly bolmazdan) intellektual bilimlik derejesiniň düzümine hökmany girmelidir.

Häzirki zaman fizikasynyň «*Has möhüm we gyzykly problemalaryny*» öwrenilýän obýektiň ölçegine baglylykda şertli üç bölüme bölýärler: mikrofizika, makrofizika we megafizika (*I-nji tablisa*).

Her bölümiň obýektleri öwrenilende fizika bölüme mahsus kanunlara, matematik gurallara we derňew usullaryna daýanýar. Ilkinji nobatda diňe obýektleriň ölçegleri bu çäkde hereket edýän fiziki kanunlaryň häsiýetini kesgitleýär. Has häsiýetli mysal hökmünde makrofizikadan mikrofizika, ýagny şertlenmeklik (determinirlenmeklik) başda durýan dünýäden ähtimallyk dünýäsine bolan geçişi görkezmek bolar.

**Mikro -, makro - we megafizikanyň fiziki obýektleriniň  
häsiýetli ölçegleri**

Fizikanyň bölümleri	Derňew çäkleri	Fiziki obýektler	Fiziki obýektleriň giňişlik ölçegleri
Mikrofizika	Mikrodünýä	Atomlar we molekulalar, elementar bölejikler we atom ýadrosy	$\sim 10^{-18} - 10^{-8} m$
Makrofizika	Makrodünýä	Janly we jansyz tebigaty bolan jisimler, Gün ulgamy	$\sim 10^{-8} - 10^{20} m$
Megafizika	Megadünýä	Älemin görünýän böleginiň diamentrine çenli kosmiki obýektler (galaktikalar, kwazarlar we beýlekiler)	$\sim 10^{20} - 10^{26} m$

Makrofizikadan megafizika bolan geçişde şuna meňzeş üýtgemeler şeýle bir mese-mälim bolup durmaýar. Ýöne eýýäm fiziki häsiýetleri diňe megadünýä üçin häsiýetli bolan aýratyn kanunlar bilen beýan edilýän birnäçe astronomik obýektler (pulsarlar, Gara girdaplar, Gara materiýa, Gara energiýa, we ş.m.) açyldy.

Fizikanyň bu ýerde getirilen bölünişi olaryň birlegini asla bozmaýar. Bölümlerde getirilen fizikanyň ähli ugurlary üçin dogry bolan fundamental kanunlar (meselem, «*simmetriýa kanunlary*» we «*saklanma kanunlary*») onuň ähli bölümleriniň birligine şaýatlyk edýär.

XX asyryň ikinji ýarymynda amala aşyrylan has gyzykly we möhüm fiziki açyşlaryň taryhy barada doly gürrüň bermek okuw kitabynyň kesgitli çäginde mümkin däl. Şoňa görä-de biz fizikanyň 20-ä golaý esasy problemalaryna, olaryň sanyna ylmy abzal öndürişin käbir ugurlaryny hem girizip, seredeliň.

## **30-njy bab. XX ASYRYŇ AHYRYNDA – XXI ASYRYŇ BAŞLARYNDA FIZIKADA EDILEN AJAÝYP AÇYŞLARYŇ TARYHY**

### **30.1. Makrofizika**

#### **30.1.1. Dolandyrylýan termoyadro sintez reaksiýasy**

XX asyryň 50-nji ýyllarynda başlanan dolandyrylýan termoyadro sintezi boýunça geçirilýän barlaglaryň gürrüňsiz umumadamzat ähmiýeti bardyr. Sebäbi dolandyrylýan termoyadro sintezi amala aşyrmak energiýa meselesini we Ýeriň



ekologiýa meselesini çözmäge mümkinçilik berer. Her bir bilimli adam, bu mesele we ony çözmegiň mümkin bolan ýollary bilen azda-kände tanyş bolmalydyr. Bu sorag boýunça orta we ýokary mekdepleriň mugallymlarynyň bilimleri bolsa, bilisigeliji okuwçylaryň we talyplaryň gyzyklanmalaryny doly kanagatlandyrrar ýaly ýeterlik bolmalydyr.

Atom ýadrolarynyň bölünmegi açylandan soň, oňa ters bolan hadysa – *ýadro sintezi* – *ýeňil ýadrolaryň birleşip, agyr ýadrolary emele getirmegi* açyldy. XX asyryň ortalarynda ýeňil atom ýadrolary–wodorod we onuň izotoplary (deýteriý, tritiý) birleşdirilende uly energiýa bölünip çykýandygy belli boldy. Muny amala aşyrmak üçin wodorod garyndysyny  $10^8$  K-dan ýokary temperatura çenli gyzdurmaly. Bu temperaturadan pes temperaturada ýadrolar ýadro güýçleri ýüze çykaýjak aralyga ýakynlaşyp bilmeýärler. Şol sebäpli şuna meňzeş reaksiýalara *termoýadro reaksiýalary* diýilýär. Wodorod bombasynda şeýle temperatura partlaýjynyň ornuny tutujy atom bombasy ýarylanda alynýar.

Ýadro sintezi hadysasy Günde bolup geçýär, ýagny wodorodyň dört izotopy birleşip,  ${}^4\text{He}_2$  gelini emele getirýär we şunlukda ägirt uly energiýa bölünip çykýar. Ýadro sinteziniň ilkinji ulanylyşy wodorod bombasynda amala aşyryldy.

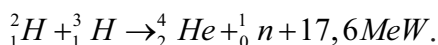
Ýadro energiýasyny amalyýetde (Atom elektrik stansiýalarynda (*AES*)) ulanmagyň düýpli kemçiligi işlenen ýadro galyndylaryny ýok etmek meselesidir. İşlenen ýadro galyndylary radioaktiwdir, olar janly gurluşlara howpludyr, olaryň ýarym dargama periody birnäçe mün ýyla (bu döwürüň dowamynda radioaktiw galyndylar howpludyr) deňdir.

Ýadro sinteziniň zyýanly galyndylary ýok, bu ony ulanmakda onuň artykmaçlygydyr. Häzirki wagtda alymlar ýadrolaryň bölünmeginiň zynjyrlý reaksiýasyny dolandyrmagy başaýarlar, emma ýadrolaryň sintezinde bölünip çykýan energiýany (ýagny ýadro sintezi reaksiýasyny) häzirligçe dolandyryp bilmeýärler. Ýadro sintezini dolandyrmak meselesiniň çözülmekligi, adamzada tükeniksiz energiýa çeşmesine eýe bolmaga mümkinçilik berer. Alymlar bu meseläniň amaly çözülişini tapmak üçin irginsiz zähmet çekýärler.

Termoýadro sintezini dolandyryp bolarmy? Dolandyrylýan termoýadro sintez reaksiýasy bilen ylym XX asyryň 50-nji yyllarynda gyzyklanyp başlady. 1950-nji ýylda SSSR-de Igor Ýewgenýewiç Tamm (1895–1971 ý.), Andreý Dmitriýewiç Saharow (1921–1989 ý.) we 1951-nji ýylda ABŞ-da Laýman Spitser (1914–1997 ý.) tarapyndan ýokary temperaturaly plazmany magnit meýdanynda saklamak pikiri aýdyldy. Sowet alymlary *TOKAMAK*, amerikan alymlary *stellarator* gurluşy hödürlediler. «*TOKAMAK*» sözi «*Тороидальная Камера с Магнитными Катодками*» sözünden alnan. *TOKAMAK* – *dolandyrylýan termoýadro sintezini amala aşyrmak üçin zerur bolan şertleri döretmek maksady bilen plazmany magnit meýdany bilen saklaýan desga*. Ilkinji *TOKAMAK* Moskwada I.W. Kurçatow adyndaky Atom energiýasy institutynda L.A. Arsimowičiň ýolbaşçylygynda işlenip düzüldi. 1968-nji

ýylda T-3 Tokamakda plazmanyň 10 mln K temperaturasy alyndy. 1973-nji ýyldan ömrüniň ahyryna çenli TOKAMAK-larda plazmanyň fizikasyny derňemek boýunça işlere Boris Borisow iç Kadomsew (1928–1998 ý.) ýolbaşçylyk etdi.

Häzirki wagtda TOKAMAK termoyadro sintezini amala aşyrmak üçin has amatly desga hasaplanýar. TOKAMAK ýadrolaryň birleşme reaksiýalary bolup geçýän termoyadro reaktorydyr. Bu reaktorda iki ýadro – deýteriý we tritiý geliý ýadrosyny we ýokary energiýaly neýtrony emele getirip birleşýärler:



Adaty reaktorlarda ýadrolaryň bölünmegi bolup geçýär. Termoyadro sintezi energiýany almaklygyň arzan we ekologik taýdan howpsuz usulydyr.

TOKAMAK desgasynyň üstünlikli işlemegi üçin aşakdaky üç sany esasy meseleňi çözmeli:

*1-nji mesele. Temperatura.* Ýadro sintezi hadysasy örän ýokary aktiwasiýa energiýasyny (*aktiwasiýa energiýasy* diýip reaksiýanyň amala aşmagy üçin ulgama berilmeli energiýanyň minimal mukdaryna aýdylýar) talap edýär. Wodorodyň izotoplaryny takmynan 40 mln K temperatura çenli gyzdyrmak zerurdyr. Bu temperatura Günün temperaturasyndan hem ýokarydyr (Günün ýadrosynyň temperaturasy ~15,7 mln K, üstüniň temperaturasy 5777 K). Bu temperaturada elektronlar «bugarýarlar» – diňe položitel zaryadlanan plazma (ýokary temperatura çenli gyzdyrylan atomlaryň ýadrolary) galýar.

Alymlar magnit meýdanynyň we lazeriň kömegi bilen maddany bu temperatura çenli gyzdyrmaklygy maksat edinýärler, ýöne, häzirikçe, bu başartmaýar.

*2-nji mesele. Wagtda.* Ýadro sintezi reaksiýasynyň başlanmagy üçin zaryadlanan ýadrolar 40 mln K temperaturada, örän ýakyn aralykda, ýagny ýadrolaryň özara täsir reaksiýalary geçäýjek aralykda, ýeterlik uzak wagtyň, takmynan, bir sekundyň dowamynda saklanmalydyr.

*3-nji mesele. Plazma.* Ýadro sinteziniň geçýän pursadynda madda plazma görnüşinde örän ýokary temperaturada bolýar. Emma şeýle şertlerde islendik madda gaz halynda bolýar. Bu plazmany nähili «saklamaly»?

Plazmanyň zaryadynyň bardygy sebäpli, ony saklamak üçin magnit meýdanyny ulanmak bolýar. Ýöne, gynansak hem, alymlara ygtybarly «magnit gaby» döretmek başartmady.

TOKAMAK-yň umumy görnüşü 224-nji suratda, onuň esasy düwünleriniň shemasy 223-nji suratda getirilendir. TOKAMAK-da plazma magnit meýdanynyň kömegi bilen kameranyň diwarlaryndan goralan (izolirlenen). Ilkibaşda wakuüm kamerasyndan howany sorup çykarýarlar, soňra kamera deýteriniň we tritiniň garyndysy bilen doldurylýar. TOKAMAK-daky magnit meýdany aşakdaky magnit meýdanlarynyň netijeýji jemine deňdir:

1. Toroidal tegekler toruň oky boýunça ugrukdyrylan magnit meýdanyny döredýärler (ol plazma «ýüpäniň» ugrý boýunça ugrukdyrylan).

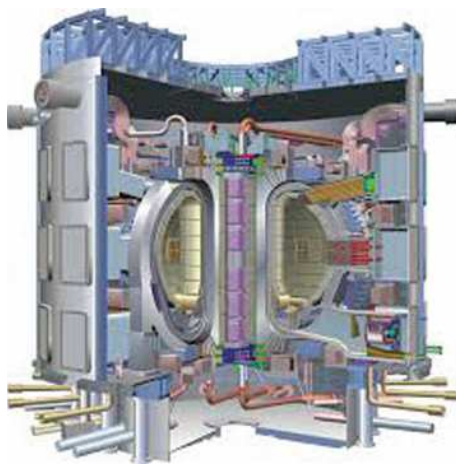
2. Plazma boýunça akýan tok özüniň töwereginde magnit meýdanyny döredýär (ol toroidal tegekler ýaly ugrukdyrylan). Bu iki meýdanyň jemi netijesinde hyrly magnit meýdany emele gelýär. Ýöne bu ýeterlik däl. Meýdanlaryň şeýle täsirinde bölejiklere toruň uly radiusy boýunça ugrukdyrylan güýç täsir eder we plazma «ýüpi» üzüler.

3. Bu güýji aýyrmak üçin *poloidal* sarymlar bilen döredilýän *poloidal magnit meýdany* ulanylýar.

Netijeleýji magnit meýdany plazma torunyň merkezi çyzygyny – magnit okuny gaplap alýan tükeniksiz burumlar görnüşindäki güýç çyzyklaryna eýe bolýar. Şeýlelikde, magnit meýdanynyň güýç çyzyklary *TOKAMAK*-da ýapyk, biri-biriniň üstüne goýlan toroidal magnit üstlerini emele getirýärler. Plazmadaky tok induktoryň ilkinji sarymynyň kömegi arkaly döredilýän köwlenmeli elektrik meýdany bilen saklanylýar. Şunlukda, plazma halkasy ikinji sarymyň işini ýerine ýetirýär. Düýp manysynda bu adaty transformator, onuň ikinji sarymy hökmünde plazma «ýüpi» hyzmat edýär.

Poloidal meýdan induktordaky togy artdyrmak bilen döredilýär, bu bolsa käbir kesgitli wagtyň dowamynda amala aşyrylýar. Şol sebäpli plazmanyň durnukly ýagdaýda bolmagy çäklidir. Bu çäklendirmäni ýeňip geçmek üçin togy saklamagyň goşmaça usullary işlenip düzüldi. Munuň üçin plazmanyň içine deýteriniň ýa-da tritiniň tizlendirilen atomlaryny ýa-da mikro-tolkun uzynlykly şöhlelenmäni pürkmekligi (*inžeksiýa* etmekligi) ulanmak bolar.

Diýmek, toroidal tegeklerden we induktoryň ilkinji sarymyndan başga-da *TOKAMAK*-da, plazmany deňagramlylykda saklaýan we kamerada onuň ornuna gözegçilik edýän *poloidal sarymlar* hem bolmalydyr. Olar *TOKAMAK* kamerasynyň wertikal okunyň töwereginde ýerleşen halka görnüşli sarymlardyr (225-nji surat). Poloidal tegeklerden akýan toklar plazma toguna täsir edýän elektromagnit güýçlerini döredýärler we şonuň üsti bilen plazma togunyň kameradaky ornuny we plazma «ýüpäniň» kesiginiň görnüşini üýtgedip bilýär. *TOKAMAK* şunuň bilen, hususan-da, plazmany magnit meýdanynyň kömegi arkaly saklamaklygyň bäsdeş (alternatiw) shemalarynyň biri bolan *stellaratordan*



224-nji surat. TOKAMAK-yn umumy görnüşi

tapawutlanýar. *Stellaratorda* toroidal we poloidal meýdanlar daşky magnit tegekleriniň kömegi bilen döredilýär.

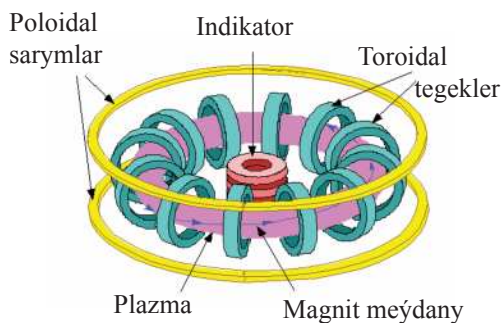
Plazmadan akyp geçýän tok iki meseläni ýerine ýetirýär: plazmany islendik geçirijiniň gyzdýryşy ýaly (omiki gyzyş) gyzdýrýar we özüniň töwereginde magnit meýdanyny döredýär. Ýöne bu toguň akmagy netijesinde döredilýän gyrgyzlyk, plazmany termoyadro reaksiýasyny amala aşyrmak üçin zerur bolan temperatura çenli gyzdymaga ýeterlik däl. Goşmaça gyzdymak üçin rezonans ýygylklardaky (elektronlaryň ýa-da ionlaryň siklotron ýygylklary bilen gabat gelýän) mikrotolkun uzynlykly şöhlelenme ýa-da uly tizlikli bitarap atomlaryň inžeksiýasy ulanylýar.

*TOKAMAK-da* ýene-de bir çözülmeli möhüm meseleleriň biri *arassa plazmany almakdyr*, sebäbi plazma düşýän garyndylar reaksiýany togtadýar.

Plazmadan çykýan neýtronlar, protonlar, ionlar we infragyzyldan gamma şöhlelerine çenli aralykdaky elektromagnit şöhlelenme kameranyň diwaryny zaýalaýar. Diwardan goparylan maddalar bolsa plazma düşýär. Bu ýerde çylşyrymly mesele döreýär, ýagny kameranyň diwarlary termoyadro reaksiýasynyň ýüze çykmagy üçin zerur bolan temperatura çydamayar. Plazmany saklaýan kameralar has berk, agyr metallardan ýasalýar. Ion näçe agyr boldugyça ol, şonça-da zyýanly (meselem, tantal, wolfram). Başda kameralary ýasamak üçin uglerod materiallaryny we karbidleriň, boridleriň we nitridleriň esasyndaky kompozitleri ulandylar. Diwarlaryň gapyrga ýa-da iňňe görnüşleri ulanyldy. Umuman, kameranyň diwarlarynyň materialy üçin ulanylman galan usul yok diýmek hem bolar. Netijede, häzirki wagtda kameranyň diwarlarynyň materialy hökmünde berilliy saýlanyp alyndy.

Dünýä boýunça 300-e golaý *TOKAMAK* guruldy. Aşakda olaryň käbirlerini sanalýň:

- *Öňki SSSR-de we Russiýada*: T-3 – ilkinji işleýän desga; T-4 – T-3-iň ulaldylan görnüşi; T-7 – 1979-njy ýylda gurlan, dünýäde ilkinji suwuk geliý bilen sowadylýan, niobiý – gurşun birleşmelerinden (intermetallitden) ýasalan simli aşageçiriji tegekli magnit ulgamy; T-10 we *PLT* – kämilleşdirilen



225-nji surat. TOKAMAK-yň esasy düwünleriniň shemasy

görnüşleri; T-15 – induksiýasy 3,6 Tl bolan magnit meýdanyny berýän aşageçirijili tegekli reaktor, ol 1988-nji ýylda gurduldy, 2012-nji ýyldan bäri kämilleşdirilýär, 2018-nji ýyldan işe giriziler; 1999-njy ýylda Russiýada döredilen täze *Globus – M* – sferik *TOKAMAK*.

- *Gazagystanda*: *Gazagystanyň materialy öwreniji TOKAMAK-y* materiallary öwrenmek we synamak üçin ulanylýan tejribe termoyadro desgasydyr. Bu desga

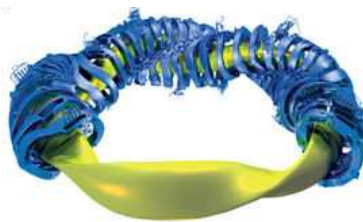
materialy öwreniş pudagyndaky meseleleri çözmek üçin niýetlenen, dünýäde ilkinji *TOKAMAK*-dyr.

Gazagystanyň *TOKAMAK*-y Russiýanyň alymlarynyň goldawy bilen döredildi. Bu desgada ilkinji plazma 2010-njy ýylyň sentýabr aýynda alyndy. Bu *TOKAMAK* Gazagystanyň Kurçatow şäherinde guruldy.

- *Liwiýada*: *TM – 4A*.
- *Hytaýda*: *EAST* – Anhoý welaýatynyň Hefeý şäherinde guruldy.
- *Ýewropada*: *TM1–MH* 1977-nji ýyldan başlap, *Castor*, 2007-nji ýyldan başlap *Golem* diýlip atlandyryldy; 1960–1976-njy ýyllarda Kurçatow adyndaky institutda işledildi, soňra Çehoslowakiýanyň *Ylymlar akademiýasynyň plazma Institutyna* berildi; *JET (Joint European Torus)* – Beýik Britaniýadaky Ýewroatom guramasy tarapyndan döredilen, dünýäde iň uly işleýän *TOKAMAK*; *Tore Supra* – aşageçiriji tegekli (1,8 K), dünýäde iň uly *TOKAMAK*-laryň biri (*Kadaraş Ylmy-barlag merkezi, Fransiýa*).
- *ABŞ-da*: *TFTR (Test Fusion TOKAMAK Reaktor)* – ABŞ-daky iň uly *TOKAMAK* (Priston uniwersiteti), çalt neýtronlar bilen goşmaça gyzdýrylýar, 1997-nji ýylda ýapyldy; *NSTX (National Spherical Torus Experiment)* – häzirki wagtda Priston uniwersitetinde işledilýän sferik *TOKAMAK (sferomak)*. Reaktorda ilkinji plazma 1999-njy ýylda alyndy; *Alcator C-mod* – dünýäde iň ýokary magnit meýdany we basyşy bolan plazmaly *TOKAMAK*, 1993-nji ýyldan bäri işleýär; *DIII–D* – San-Diego ştatynda *General Atomic kompaniýasynda* işledilýän *TOKAMAK*.
- *Ýaponiýada*: *JT–60*–1985-nji ýyldan bäri *Ýaponiýanyň ýadro barlaglary Institutynda* işledilýär.

*Stellarator* – dolandyrylýan termoyadro sintezini amala aşyrmak üçin ulanylýan reaktoryň bir görnüşi. Reaktoryň ady latynça *stella* sözünden bolup, ýyldyz manyny berýär we stellaratorda hem-de ýyldyzlaryň içinde bolup geçýän hadysalaryň meňzeşdigini aňladýar. Bu reaktor 1950-nji ýylda L. Spitser tarapyndan oýlanyp tapyldy we onuň ilkinji nusgasy şonuň ýolbaşçylygynda 1951-nji ýylda «*Matterhorn*» gizlin taslamanyň çäklerinde guruldy.

Stellaratoryň *TOKAMAK*-dan düýpli tapawudy, onda plazmany saklamak üçin ulanylýan magnit meýdany dolulygyna daşky tegekler arkaly döredilýär. Bu bolsa magnit meýdanyny üznüksiz düzgünde ulanmaga mümkinçilik berýär. Magnit meýdanynyň güýç çyzyklary aýlanmaly öwrülmä täsir edilýärler, netijede, bu çyzyklar toruň daşyny köp gezek aýlap alýarlar we biri-biriniň üstüne goýlan ýapyk toroidal magnit üstleriň ulgamyny



226-njy surat. «*Sekizlik*» görnüşinde deformirlenen toroidal tegek



emele getirýärler. Güýç çyzyklarynyň aýlanmaly öwrülmesini toroidal solenoidi geometriki deformirmek (meselem, «*sekizlik*» görnüşinde towlamak, 226-njy surat) usuly, şeýle hem geçirijileri tora hyr görnüşinde saramak bilen amala aşyrmak bolar. Magnit meýdanynyň şeýle şekilini almak üçin çylşyrymly gurluşly tegekleri ulanmak zerurdyr.

Şeýle tegekleri döretmek bolsa çylşyrymlydyr. Şol sebäpli stellaratorlaryň ilkinji nusgalary, *TOKAMAK-lar* bilen deňeşdirilende, parametrleri amatsyz bolan plazmany berdiler.



227-nji surat. Stellaratoryň magnit üsti («gysylan bulka»)

rezonansyň kömegi bilen amala aşyrylýar. Deýteriniň we tritiniň ýadrolarynyň arasyndaky kulon itekleşmesini ýeňip geçmäge ýeterlik bolan temperatura ýetilende termoyadro reaksiýalary geçip başlaýar.



228-nji surat. HSX stellaratory

Stellaratoryň işleýşi barada aýdanymyzda, toroidal görnüşdäki wakuum gaby (*TOKAMAK-dan* tapawutlylykda, stellarator azimutal simmetriýa eýe däl, onuň magnit üsti «gysylan bulkanyň» şekili görnüşindedir (227-nji surat)) ýokary wakuuma çenli sorulýar we soňra deýteriniň we tritiniň garyndysy bilen doldurylýar. Soňra plazma döredilýär we ony gyzdryp başlaýarlar. Gyzdymaklyk, ýagny energiýany plazma geçirmeklik elektromagnit şöhlelenmäniň, ýagny elektron – siklotron

2007-nji ýylda Dewid Anderson we onuň işdeş ýoldaşlary (Wiskonsin-Medison uniwersiteti, ABŞ) stellaratorlaryň we *TOKAMAK-laryň* in gowy artykmaçlyklaryny özünde jemleýän «*Gelikoidli simmetrik eksperiment*» (*Helically Symmetric experiment – HSX*) atly stellaratory dörediler (228-nji surat). Onuň taslamasynda Anderson we onuň ýoldaşlary 17 ýyl öň başlapdylar. Olaryň pikirine görä *HSX* dünýäde in kämil we geljegi uly bolan stellarator hasaplanýar.

*TOKAMAK-larda* plazmanyň durnuklylygy bilen baglanyşykly bolan mesele bar, ýagny plazma kameranyň diwarlaryna tarap süýsmäge ymtylýar. Stellarator-da şeýle mesele ýok. Emma stellaratorlaryň başga bir kemçiligi onda plazmanyň energiýasynyň ýitgisi ýokary. Bu sebäpli stellaratorlarda termoyadro reaksiýalaryny döretmek üçin ýeterlik bolan zerur temperaturalary almak we saklamak uly kynçylyklary döredýär.

*HSX* kwazisimmetrik magnit meýdany bolan, dünýäde ilkinji stellaratordyr. Bu meýdanyň we stellaratoryň görnüşini almak üçin, alymlar köp ýyl işlediler. Bu uly bolmadyk täsinligiň awtorlarynyň aýtmagyna görä, döredilen stellaratorda plazmanyň ajaýyp durnuklylygy we öňki döredilen stellarator bilen deňeşdirilende energiýanyň düýpli az ýitgisi alyndy. Andersonyň pikirine görä, *HSX-de* barlanyp görülen garaýyşlar senagat energetik termoyadro reaktorlarynyň esasy bolup bilerler.

*Häzirki wagtda hereket edýän stellaratorlar:*

- *Large Helical Device* (Ýaponiýa);
- *Wendelstein 7 - AS* (Germaniýa);
- *Wendelstein 7-X* (Germaniýa);
- *Uragan - 3M* (Harkow ş., Ukraina);
- *Л - 2М* (Moskwa ş., Russiýa).

Dolandyrylýan termoyadro sintezi meselesi örän çylşyrymly mesele. Şoňa görä-de, hiç bir ýurt bu meseläni özbaşdak çözüp bilmeýär. Şol sebäpli dünýä bileleşigi has dogry ýoly – *Halkara termoyadro tejribe reaktoryny* – *ITER* (*International Thermonuclear Experimental Reactor*) döretmekligi saýlap aldy. *ITER-i* döretmeklige Ýewropa Bileleşiginiň ýurtlary, Hindistan, Hytaý, Koreýa Respublikasy, Russiýa, ABŞ we Ýaponiýa döwletleri gatnaşýarlar. Bu desganyň bahasy 12 mlrd dollardyr. Bu desga Fransiýanyň Kadaraş şäheriniň golaýynda gurlup başlandy we 2020-nji ýylda doly gurlup gutarylar. *TOKAMAK reaktory* häzirki wagtda *ITER* Halkara taslamasynyň çäklerinde kämilleşdirilýär.

*ITER* reaktory *TOKAMAK* görnüşli termoyadro reaktorlaryna degişlidir. Taslamanyň maksady termoyadro reaktoryny söwda maksatlary üçin ulanmakydyr.

*ITER* reaktory bilen bir hatarda, ýene-de bir täze taslama – *NIF* (*National Ignition Facility* – «*Otlamagyň Milli toplumy*») ylmy toplumy *ABŞ-da Lourens adyndaky Liwermor milli barlaghanada* işlenip düzülýär. Bu desga 192 sany kuwwatly lazerlerden ybarat bolup, olaryň hemmesi birwagtda deýteriniň we tritiniň garyndysyndan ybarat bolan, millimetr ölçegdäki nyşana gönükdiriler. Lazer desgasyň kuwwaty 500 *TWt-a* deňdir. Daşky gatlagyň göz açyp ýumasy salymda (mgnowen) bugarmasy, merkeze ugrukdyrylan reaktiw güýji döreder. Bu bolsa, nyşananyň güýçli gysylmagyna we onuň temperaturasynyň, termoyadro reaksiýasynyň başlanýan temperaturasyna çenli artmagyna getirer. Nyşananyň merkezinde başlanan reaksiýanyň daşky, has sowuk gatlaklara ýaýramagy, ähli gysylan materialyň töwerege pyramasyndan has ir (nanosekuntlarda) bolup geçýär. Şoňa görä-de gyzygyn plazmany saklamagyň bu usuly *inersial usul* diýlip atlandyryldy. Nyşananyň temperaturasy onlarça million gradusa ýetýär, şunlukda ol mün esse gysylýar. *NIF* desgasynda sintez reaksiýasynyň energetik çykyşy bu reaksiýany amala aşyrmak üçin gerek bolan energetik çykdajydan köp boljak desgalaryň ilkinjisidir.

### 30.1.2. Ýokary temperaturaly we otag temperaturaly aşageçirijilik

Temperaturanyň käbir  $T_c$  (*kritiki temperatura*) bahasyndan aşak düşende käbir materiallaryň elektrik garşylygynyň nola deň bolmak häsiýetine *aşageçirijilik* diýilýär. Şunlukda material «*aşageçiriji häsiýete*» eýe boldy ýa-da «*aşageçiriji hala*» geçdi diýip aýdylýar.

1911-nji ýylda G. Kamerling-Onnes simabyň aşageçirijiligini açdy. Şol wagtdan başlap aşageçirijileriň nazary we tejribe fizikasy örän işjeň ösýär. Onuň ösüşini birnäçe döwürlere bölmek bolýar. Olaryň birinjisi, aşageçirijilik effektiniň açylyşyndan başlap, 50–60 ýyl dowam etdi. Bu döwürde aşageçiriji geçişi  $T_c \sim 20K$  bolan aşageçirijiler alyndy. Aşageçirijilik ýagdaýa geçýän birnäçe ýüz birleşmeler, arassa elementler we keramikalar bellidir.

Aşageçirijilik effektiniň nazary düşündirilişi tejribeden yza galýardy.

L.D. Landau we W.L. Ginzburg, Heýns London (1907–1970 ý.) we Fris London (1900–1954 ý.) aşageçirijiligiň aýratyn häsiýetlerini düşündirýän *fenomenologik nazaryýetleri* dörettiler. Aşageçirijilik – kwant



229-njy surat. Leon Nil Kuper



230-njy surat. Robert Şriffer

hadysa. Şeýle hem ol *Meýsner effekti* (*aşageçirijiligiň göwrüminden magnit meýdanynyň gysylp çykarylmany*) bilen häsiýetlendirilýär. Bu effektiň bolmaklygy aşageçirijiligi nusgawy manydaky ideal geçirijilik ýaly beýan edip bolmaýandygyny aňladýar. Aşageçirijiligiň gutarnykly nazaryýetini 1957-nji ýylda amerikaly fizikler Jon Bardin, Leon Nil Kuper (1930-njy ýylda doglan) (229-njy surat) we Robert Şriffer (1931-nji ýylda doglan) döretdiler (230-njy surat). Bu nazaryýeti awtorlaryň familiýalarynyň baş harplaryndan düzülen at, ýagny *BKŞ nazaryýeti* diýip hem atlandyrylar. Olar 1972-nji ýylda «*BKŞ nazaryýeti diýlip atlandyrylýan aşageçirijiligiň nazaryýetini döredenligi üçin*» fizika boýunça Nobel baýragyna mynasyp boldular. Şondan soň aşageçirijiligiň ösüşiniň täze döwri başlandy. Bu nazaryýet diňe aşageçirijilik bilen baglanyşykly bolan effektlere düşündirmän, ol täze hadysalary öňünden aýtmagy hem başardy. Meselem, 1962-nji ýylda inlis alymy Braýn Dewid Josefsen (1940-njy ýylda doglan, 231-nji surat) *BKŞ nazaryýetiniň* esasynda gowşak aşageçirijilikli ulgamlarda (tunnel geçişlerinde, nokatlanç galtaşmalarda we ş.m.) tunnelirlemegiň adaty däl görnüşini öňünden aýtdy. Jozefsonyň öňünden aýdan hadysalary tejribede tassyklandy we oňa bu işleri üçin 1974-nji

ýylda fizika boýunça Nobel baýragy berildi. Stasionar we stasionar däl effektlere *Jozefsonyň effektləri* diýilýär. *BKŞ* nazaryýeti boýunça özboluşly, amala aşyrylmasy kyn şertler zerur hem bolsa,  $T_c \sim 300K$  bolan deňagramly aşageçirijileriň bolmaklary üçin hiç hili düýpli päsgelçilikler ýok. 1986-1987-nji ýyllarda şeýle materiallar (meselem, misiň, lantanyň we bariniň oksidiniň esasyndaky keramika) Ýohannes Georg Bednors (1950-nji ýylda doglan) we Karl Aleksandr Mýuller (1927-nji ýylda doglan) tarapyndan alyndy. Bu işleri üçin olara 1987-nji ýylda fizika boýunça Nobel baýragy berildi.



231-nji surat. Braýn  
Dewid Jozefson

Täze ýokary temperaturaly aşageçirijileriň (*ÝTAG*) açylmagy aşageçirijiligiň taryhynda täze döwrüň başlanmagyna getirdi. Häzirki wagtda aşageçirijilik  $T_c$  temperaturasyňy otag temperaturasyňa çenli artdyrmak maksady bilen aşageçirijilik pudagynda köp derňewler geçirilýär. Häzirki döwürde aşageçirijilik  $T_c$  temperaturasyň ýetilen derejesi barada aýdanymyzda, 1993-nji ýylda Moskwa döwlet uniwersitetinde S.H. Putilin we E.W. Antipow  $HgBa_2Ca_2Cu_3O_{8+x}$  maddasynda  $T_c$  kritiki temperaturanyň  $T_c = 135 K$  ýokary bahasyny aldylar. Emma  $T_c = 96 K$  bolan  $YgBa_2Cu_3O_{7-x}$  maddasy nazary, şeýle hem tejribede has gowy öwrenilen madda hasaplanylýar.

Bu ulgamda üstünlikler bilen bir hatarda, köpsanly çözülmelik meseleler hem bar. Meselem, ýokarda atлары tutulan materiallaryň aşageçirijilik mehanizmleri doly düşnükli däl. Täze aşageçirijileri tehnika ulanmak baradaky sorag hem çözülmekdi. Ýöne bu ugurda käbir işler hem edildi. 2007-nji ýylda Nýu-Ýorkuň bir etrabynda elektrik togy ýokary temperaturaly aşageçirijiden ýasalan geçiriji boýunça geçirildi. Suwuk azot bilen sowadylan geçiriji, yüzlerçe kilowolt napryaženiýede birnäçe kiloamper togy geçirmäge mümkinçilik berdi. Bu *ÝTAG*-laryň häzirki zaman tehnikasynyň üstünlikli ulanylyşyna aýdyň mysaldyr. Ýöne aşageçirijilikde esasy mesele – otag temperaturasyndaky aşageçirijiligi almak meselesidir.

Otag temperaturasynda aşageçirijiligi bolan materiallary döretmekde Ýapon we Hytaý alymlary 2008-nji ýylda uly işleri etdiler. Olar demir *pniktidlerinde* aşageçirijiligiň täze görnüşini açdylar. *Pniktidler* – himiki elementleriň azot, fosfor, myşýak, surma, wismut girýän *periodik ulgamynyň*  $V$  toparynyň binar birleşmeleridir. Pniktidlerde aşageçirijilik hala geçýän kritiki temperatura ýeterlik uludyr ( $T_c \sim 55K$ ). Beýleki aşageçirijiler bilen deňeşdirilende pniktidleriniň aşageçirijilik häsiýetlerine magnit meýdany gowşak täsir edýär.

Nusgawy aşageçirijilerde elektronlaryň goşalanmagyna *kristallik gözenegiň yrgyldylary (fononlar)* sebäp bolýar. *Kupratlarda* – ilkinji *ÝTAG* materiallarynda elektronlaryň birleşmesi elektronlaryň spin häsiýetleri tarapyndan döredilýän mag-



nitin özara täsiri netijesinde bolup geçýär. Punktidlerde kuper jübütleriniň döremekligi birmeňzeş orbitalaryň gatnaşmagynda bolup geçýär. Olaryň özara täsiri we fluktuasiýasy aşageçirijiligiň döremegine sebäp bolýar. Aşageçirijiligiň döremeginiň bu mehanizmi, ýüze çykarylan prinsip boýunça işleýän täze aşageçirijileriň döredilmegine getirer.

Häzirki wagtda gaty jisimlerdeki *kogerent effektler* (aşageçirijilik, *aşaakyjylyk*) fizikanyň has «*modaly*» pudagyna degişlidir. Aşageçirijilik *pes temperaturalar fizikasyna* degişli ylmyň ugrudyr. Bu ugur adamyň üstünligi tebigatyň mümkinçiliklerinden ýokary bolan fizikanyň ýeke-täk ugrudyr. Barlaghanalarda Älemiň hiç ýerinde duş gelmeýän pes temperaturalar alyndy. Diýmek, tebigatda hiç wagt duş gelmedik fiziki hadysalary öwrenmek mümkinçiligi döreýär. Fizikanyň bu bölüminiň taryhy hut häzirki wagtda ýazylýar.

### 30.1.3. Täsin maddalar (suwuk kristallar, metal wodorod, fullerenler). Aşaagyr elementler

XXI asyryň başlarynda häsiýetleri bize hyýaly (fantastik) ýaly bolup görünýän *ekzotik* (*ekzotik – adaty däl, täsin*) maddalar, meselem, suwuk kristallar, uglerodýň aýratyn formalary bolan fullerenleriň sintezi alyndy. Fizikanyň bu meseleleri bilen tanyşdyrmaklyk, geljekki mugallymlary gürrüňsiz, ýakyn wagtlarda öz okuwçylarynyň berjek soraglaryna taýýar bolmaklaryna kömek eder.

*Suwuk kristallar* 1889-njy ýylda awstriýaly botanik Fridrih Reýnitser (1857–1927 ý.) we nemes fizigi Otto Leman (1855–1922 ý.) tarapyndan alyndy. Olar maddalaryň suwuk kristal ýagdaýynda edil adaty suwuklyklar ýaly akyjylyk häsiýetine eýedigini we şol bir wagtyň özünde olaryň optiki häsiýetleriniň gaty kristallaryň häsiýetlerine meňzeş bolýandyklaryny kesgitlediler. Häzirki wagtda suwuk kristallara bolan gyzyklanma, ilkinji nobatda, olary gaýtadan işlenýän ulgamlarda we maglumaty şekillendirmekde ulanmak mümkinçiliginiň artýandygy bilen düşündirilýär.

Häzirki wagtda has täsin suwuk kristal *aşaakyjy*  ${}^3_2\text{He}$  kristaly hasaplanýar. Bu açýslary üçin 1996-njy ýylda amerikaly alymlar Dewid Morris Li (1931-nji ýylda doglan), Duglas Din Oşerow (1945-nji ýylda doglan) we Robert Kolman Riçardson (1937-nji ýylda doglan) fizika boýunça Nobel baýragyna mynasyp boldular. Fizika *aşaakyjylyk* (*şepbeşikligiň ýitmekligi*) düşünjesini 1939-njy ýylda rus alymy P.L. Kapisa suwuk  ${}^4_2\text{He}$  kristalyny öwrenende girizdi.

Aşaakyjy  ${}^3_2\text{He}$  kristaly täsin häsiýetlere eýedir: bu maddada kuper jübütleriniň spini 1-e deňdir (aşageçirijide  $S=0$ ), ýagny kuper jübütleriniň hereket mukdarynyň momenti nola deň däl. Bu bolsa  ${}^3_2\text{He}$  kristalynyň *aşageçiriji, magnetik we anizotrop aşakyjy suwuklykdygyny* aňladýar. Tebigatda şonuň ýaly başga madda ýokdur. (*Kuper jübütleri – fonon* (kwazibölejik, kristalyň atomynyň yrgyldyly hereketiniň



kwanty, sowet alymy Igor Tamm tarapyndan girizildi) arkaly özara täsir edişýän iki elektronlaryň baglanyşykly haly. Ol nol spine we elektronyň ikeldilen zarýadyna deň bolan zarýada eýe. Ilkinji gezek (1956 ý.) şuna meňzeş hal Leon Kuper tarapyndan ýönekeýleşdirilen iki bölejikli meselä seredilende beýan edildi).

Aşaakyjy  ${}^3_2\text{He}$  kristalynyň açylmagy bilen hereket mukdarynyň momenti nola deň däl kuper jübütleriniň emele gelme mümkinçiliginiň hyýaly pikir bolmaklygy aradan aýryldy we şeýle mümkinçiligi ýokary temperaturaly aşageçirijilerde (ÝTAG) ulanmak ara alnyp maslahatlaşylýar.

Ýokary basyşlar fizikasynda *metal wodorody* almak baradaky mesele aýratyn orny eýeleýär. Wodorod özüniň gurluşy boýunça has ýönekeý himiki elementdir. Emma suwuk we gaty wodorodda şeýle ýönekeýlik ýokdur, sebäbi ol örän kiçi massa eýedir. Bu bolsa kwant effektleriniň ornunyň agdyklyk etmegine getirýär. Gaty wodorod 1,5–2 *mln atm.* basyşyndan köp basyşlarda ýokary temperaturaly aşageçirijilik häsiýete eýe bolmaly diýlip hasap edilýär. Mundan başga-da gysylma döwründe «*dielektrik-metal*» geçiş, suwuk halda hem bolup geçmegi mümkin.

Şeýlelikde, maddanyň *esasy haldaky suwuk metal* diýen täze görnüşiniň döremegi mümkin. Elektron we proton kuper jübütlerinden emele gelýän iki sany zarýadlanan ulgamlaryň döremekligi, şeýle kwant metallik suwuklygyň tapawutly aýratynlygydyr. Ylmy barlagçylar 2,16 *mln atm.* basyşynda gaty wodorodyň metallik halyny alyp bilmediler. Ýöne urgy tolkunlaryny ulanyp (stasionar däl gysylma usuly) 1,4 *mln atm.* basyşy ulanylanda suwuk wodorodyň elektrik geçirijiliginiň çalt artýandygy anyklandy. Emma häzir 3,75 *mln atm.* basyşy hem ulanyldy, metallik geçirijiligi bolan gaty molekulýar wodorodyň üç fazasy hem tapyldy, ýöne gözlenilýän metal wodorod alynmady. Nazary hasaplamalara görä, 4 *mln atm.* basyşynda wodorod metal hala geçmeli. Ýöne bu diňe çaklama. Sebäbi häzirki wagta çenli metal wodorody almak hiç kime başartmady.

Metal wodoroddan başga täsin maddalaryň hataryna, *gigant molekulalardan – fullerenerlerden (meselem,  $C_{60}$  kristalyň uglerod molekulasy)* ybarat bolan *fulleritleri* goşmak bolar.  $C_{60}$  fullerenerleri uglerodyň aýratyn allotrop formasydyr we ol has ýokary temperaturalarda ( $T_c \approx 30\text{ K}$ ) aşageçirijidir. Bu fullerenerleriň derňewi örän güýçli depginlerde alnyp barylýar (29.1.10-njy baba seret).

*Aşaagy elementleri* almak meselesi, umuman, makrofizika degişli bolman, atom ýadrosynyň fizikasyna hem degişlidir. Ýöne, W.L.Ginzburgyň belleýşi ýaly, «*häzirki zaman düşünjesinden ugur alynsa, onda ýadro fizikasy mikrofizika degişli bolman, bütinleý makrofizika degişli bolmalydyr*». Agyr ýadrolarda nuklonlaryň sany ägirt köpdür. Şoňa görä-de köp alymlar ýadrony suwuklyk damjasyna meňzedýärler. Emma esasy zat toparlara bölmek däl. Bu meseläniň esasy maksady näbelli *täsin ýadrolary* gözlemek we öwrenmeklikdir. Bu pudagyň esasy gazananlary amerikan fizigi we himigi Glenn Teodor Siborgyň (1912–1999 ý.) ady bilen

baglanyşyklydyr. Bu alym 8 sany transuran elementini tapdy we 1951-nji ýylda himiýa boýunça Nobel baýragyna mynasyp boldy.

Rus alymy Ýuriý Solakowiç Oganesyana (1933-nji ýylda doglan) häzirkä wagtda bütün dünýäde kabul edilen ajaýyp pikir degişlidir: «*Sintezi, «sowuk ýadrolaryň» emele gelme şertlerinde, bombalaýan bölejigiň massasy ýeterlik uly bolanda, reaksiýada emele gelyän aýaagy ýadro gowşak oýandyrylanda geçirmeli. Şonda täze elementleriň döremek ähtimallygy düýpli artýar*». Aýaagy ýadrolary derňemek üçin aktinidleriň neýtron bilen baýlaşan izotoplary bilen kalsiý-48 elementiň tizlendirilen ionlarynyň birleşme reaksiýalary saýlanyp alyndy. Bu reaksiýalarda ilkinji gezek tertip belgileri 113 (2014 ý.), 114 (1998 ý.), 115 (2004 ý.), 116 (2000 ý.), 117 (2010 ý.), 118 (2006 ý.) bolan atomlar sintezlendirildi. Bu atomlaryň dargama häsiýetleri (hususan-da, ýaşayş wagtynyň – ýarym dargama periodynyň düýpli artmagy), aýaagy elementleriň pudagynda «*durnukly adalaryň*» bardygyny subut edýär. Aýaagy elementleri açmaklyga we «*durnukly adalary*» tejribede tas-syklamaga ABŞ-nyň, Germaniýanyň, Ýaponiýanyň we Fransiýanyň alymlary gat-naşdylar.

Ýadro barlaglarynyň Birleşen institutynyň ýadro reaksiýalary Barlaghanasynda (Dubna ş., Russiýa) 16 sany aýaagy transuran elementlerini ( $Z = 102-118$ ) sintezlendirmek başartdy. Barlaghananyň aýaagy elementleri öwrenmekde goşan goşandy üçin nazary we amaly himiýanyň Halkara birleşmesi (IYUPAK) 105-nji himiki elementi *dubniý* diýip atlandyrdy.

1999-njy ýylyň başynda massa sany 289, «*ýaşayş wagty*» 30 s bolan  $Z = 114$  element sintez usuly bilen alyndy. Aýaagy elementler boýunça köp işleri eden Georgiý Nikolaýewiç Flerowyň (1913–1990 ý.) hormatyna  $Z = 114$  himiki element *flerowiý* diýlip atlandyryldy.

Ýokarda seredilen maddalaryň adaty däl täsin häsiýetlerini öwrenmeklik yl-myň binýadyny berkidýär we tehnikanyň ösmegine ýardam edýär.

### 30.1.4. Üst fizikasy. Iki ölçegli elektron suwuklyk

Maddanyň üstünde bolup geýýän dürli hadysalary öwrenmeklik köp ýyllardan bari dowam edýär we soňky onýyllykda bu ugurda uly üstünlikler gazanyldy. Üstde we oňa golaý aralyklarda atomlaryň, elektronlaryň, kristallik ýetmezçilikleriň (defektleriň) hallarynyň aýratynlyklary, galyňlygy  $10^{-7}-10^{-8}$  sm bolan plenkalarda täze fazalaryň we bu fazalaryň arasynda geçişleriň döremekligine getirip biler. Häzirkä wagtda fizikler arassa üstleri almagy başardylar.

Üstler fizikasynyň meselesine has golaý galtaşýan meseläniň ýene-de biri *pes ölçegli ulgamlaryň fizikasynyň* çägendäki *ikiölçegli elektron suwuklygy* derňemeklikdir. Bu ýerde gürrüň örän inçe geçiriji gatlagy (galyňlygy, takmynan,  $10^{-6}$  sm) almak barada barýar. Bu gatlakda elektrtonlaryň hereketi dik ugurda çäklenendir.

Şeýle ulgamlar pes (çäkli) ölçege eýedirler we bu ulgamlara *iki ölçeqli ulgamlar* diýilýär. Abzalöndürişde olar ýokary ýyndamlykly elektronlary *HEMT (High-electron-mobility transistor)* tranzistorlaryň esasyňy düzýärler. Pes päsgelçiliklere eýe bolýandyklaryna görä, bu tranzistorlary duýgur giriş kaskadlary hökmünde ykjam telefonlarda ulanýarlar. Uzyn we inçe sapaklar görnüşinde *birölçeqli ulgamlaryň* hem bolmagy mümkindir. Bu ugurda hem derňewler alnyp barylýar, ýöne häzirligçe uly netijeler alynmady.

*Holluň bitin bahaly kwant effekti* 1980-nji ýylda Klaus fon Klitsing (1943-nji ýylda doglan) tarapyndan *Grenobl şäherindäki güýçli magnit meýdanlarynyň barlaghanasynda* kremniý meýdan tranzistorlarynda ölçege geçirilende ýüze çykaryldy. Güýçli magnit meýdanynda ( $B \approx 20 \text{ Tl}$ ) we örän pes temperaturada ( $T \approx 8 \text{ K}$ )  $R_H$  *Holl hemişeliginiň* magnit meýdanyna baglylygynda aýdyň görnüşän «*başgançaklar*» görüldi, ýagny  $R_H$  kwantlanan bahalary alýar. Bu  $R_H$  diňe fundamental hemişelikler bilen kesgitlenýär. Bu açyş üçin Klaus fon Klitsinge 1985-nji ýylda Nobel baýragy berildi.

1982-nji ýylda *iki ölçeqli elektron gazda (hakykatda, suwuklykda)* *Holluň drobly kwant effekti* açyldy. Amerikaly alymlar Deniel Çu Sui (1939-njy ýylda doglan), Horst Lýudwig Ştermer (1949-njy ýylda doglan) we A. Gossard «*Bell*» kärhanasynyň barlaghanasynda *Holl garşylygynyň* hem drob baha eýe bolup bilýändigini görkezdiler. Şunlukda, bu droblaryň maýdalawjylarynyň elmydama tak baha eýe bolýandygy açyldy. Bu hadysany düşündirýän nazaryýet Robert Betts Lafliniň (1950-nji ýylda doglan) garaýşyna esaslanýar.

Lafliniň pikirine görä, güýçli magnit meýdanlarynda ýuka ikiölçeqli plenkada elektrondan we magnit akymynyň üç kwantyndan düzülen özboluşly kwazibölejikler döreýärler. Magnit akymynyň kwantlanýandygy hemmä bellidir. Ýöne bu ýerde adatdan daşary ýagdaý döreýär, ýagny elektron çalşyk arkaly magnit akymynyň kwantlary bilen täsin birleşme (*simbioz*) emele getirýär. Tejribe munuň, hakykatdan-da, şeýledigini görkezdi. Mundan hem başga, bu bölejikler kondensirlenip, *laflin suwuklygy* atly suwuklygy emele getirýär. Alymlar üçin garaşylmadyk ikiölçeqli ulgamyň bu aýratynlygy *Holluň drobly kwant effektini* hem düşündirýär. Bu açyş üçin 1998-nji ýylda R. Laflin, H. Ştermer we D. Sui Nobel baýragyna mynasyp boldular.

Emeli nanogurluşlar köpsanly tebigy gaty jisimler bilen deňeşdirilende olaryň aýratynlygy we uly artykmaçlygy, olarda dürli tehniki gurluşlarda ulanmak üçin adaty däl häsiýetleri ýeňil amala aşyrmak bolýanlygydyr. Ondan başga-da şeýle gurluşlary öwrenip, ölçepleri biziň giňişligimiziň adaty ölçeplerinden tapawutly bolan dünýä seredip bilýäris. Ýokarda aýdylanlar kiçi ölçeqli ulgamlaryň XXI asyryň mikroelektronikasynyň we optoelektronikasynyň maddy bazasynyň esasy boljakdygyna şaýatlyk edýär (30.1.10-njy baba seret).

### 30.1.5. Kwant elektronikasynyň käbir ugurlary (aşageçirijilikli elektronika, birelektronika, spintronika, kwant maglumaty)

*Aşageçirijilikli elektronika* 1960-njy ýyllarda düýbünden täze hadysanyň: iki aşageçirijini bölýän ýuka wakuum ýa-da dielektrik ýşyň üstünden hemişelik aşageçirji toguň akmagy we üýtgeýän aşageçiriji toguň döremeginiň (*Josefsonyň effekti*) açylmagy bilen döredi. *Josefson effekti* 1962-nji ýylda önünden aýdyldy we 1964-nji ýylda tejribede tassyklanyldy. *Josefson effekti* ýüze çykýan fiziki obýektlere *Josefson geçişleri* ýa-da *Josefson kontaktlary* diýilýär. Olaryň aşageçirijilikli elektronikadaky ornuny kesgitlemek üçin ony adaty ýarymgeçirijili elektronikanyň element esasy bolan  $-p-n-$  geçişli ýarymgeçirijiler bilen deňeşdirmek gerek.

*Josefson geçişli ulgamlar* ajaýyp fiziki häsiýetlere eýedir (elektromagnit şöhlelenmäni josefson generirlemek, magnit akymyny kwantlamak, otirisatel induktiwlik we ş.m.). Bu ulgamlar adatdan daşary pes energiýa bölüp çykaryşy we aýryp utgaşdyrma hadysasynyň wagtynyň azlygy bilen häsiýetlenýärler. Diňe şu häsiýetler ýokary duýgurlykly we ýokary işçi ýygyllykly aşageçiriji analog, analor - sanly we sanly gurluşlary döretmäge mümkinçilik berýär. Häzirki döwürde çalt birkwantly logikaly ýa-da *RSFQ* (*rapid single flux quantum*) sanly gurluşlaryň täze tehnologiýasy işlenip düzülýär. Olarda logiki maglumaty äkidijiler bolup josefson elementleriniň üstünden magnit akymynyň kwantlary geçende generirlenýän magnit akymynyň ýekeleýin kwantlary we naprýaženiýäniň birkwantly impulsary hyzmat edýärler. Yakyn geljekde aşageçirijilikli *RSFQ* shemalar aş a öndürijilikli hasaplaýyş ulgamlarda, şekilleri gaýtadan işleýji gurluşlarda, aş anyk sanly telwideniýede ulanylýar.

*Birelektronika aýratyn elektronlaryň hereketlerine gözegçilik etmeklige esasanan gurluşlary öwrenmek bilen meşgullanýan fizikanyň täze ugrudyr.* Bu ugruň fizikanyň haýsy pudaklary boýunça ösjekdigi, umuman, belli. Olaryň *birinjisi*, birelektronly tranzistorlaryň esasynda adaty shemalary gurmak. *Ikinjisi*, birelektronly efektleriň aýratynlyklary bilen bagly bolar. Eger köpsanly mikroskopik geçirijiler öz aralarynda tunnel geçişli birikdirilse, olaryň her birinde elektronlaryň özlerini alyp baryşlary goňşy elementlerdäki bölejikleriň paýlanyşyna bagly bolar. Şeýle ulgam logiki hereketleri etmäge ukyplydyr we şoňa görä-de ony *EHM-iň prosesory* ýaly ulanmak bolar.

2007-nji ýylda A.K. Geým we K.S. Nowoselow (Mançester uniwersiteti, ABŞ) grafeniň esasynda *birelektronly tranzistor* dörettdiler. Olaryň 2004-nji ýylda *grafeni* döredendiklerini we 2010-njy ýylda fizika boýunça Nobel baýragyna mynasyp bolandyklaryny bellemek gerek.

*Grafen – geksgonal (altygranly) ikiölçeqli kristal gözenege birikdirilen ugle-rod atomynyň gatlagy.* Ony göwrümlü kristaldan aýrylan grafitiň bir tekizligi hökmünde göz önüne getirmek bolar.

Grafeniň arassa kristal hökmünde otag temperaturasynda beýleki maddalar bilen deňeşdirilende elektrony çalt geçirýändigini hem belli boldy. Bu näme bilen baglanyşykly? Ony düşündirmek üçin kwant elektrodinamikasyna ýüz tutmak zerurdyr. Grafen bu nazaryýeti öňünden aýdan, *ideal kwant tunnel effekti* diýlip atlandyrylýan hadysany barlamaga mümkinçilik berýär. Ol grafendäki çalt elektron potensial päsgelçilige golaýlaşanda, elektronyň päsgelçiligiň beýleki tarapyna 100% ähtimallyk bilen geçýändiginden ybarat (bölejigiň tunnel effekte sezewar bolmak ähtimallygy noldan tapawutly, ýöne 100% ähtimallyk hem bolmaýan kwantomehaniki tunnel effekteinden tapawutlylykda). Grafeniň örän ýokary elektrogeçirijiligi bu çaklamany tassyklaýar. Täze material kwant elektrodinamikasynyň beýleki effektelerini hem barlamaga mümkinçilik berer.

Galyňlygy bir atom bolan grafeniň ikiölçegli kristallik gözenegi adaty däl elektrofiziki häsiýetleri ýüze çykarýar. Birelektronly we grafenli gurluşlar mikroelektronikada, aşa berk kompozitleriň önümçiliginde, aşaky we aşakalt täsir edýän tranzistorlary we kwant kompýuterleri, elektrodly we ş.m. öndürmekde giňden ulanylýar. Şeýle hem grafen uly mehaniki gatylyga eýe we onuň gowy ýylylyk geçirijiligi bardyr. Barlaglaryň görkezişine görä, grafen gatylygy boýunça, Ýerdäki materiallaryň ikinjisidir (birinji orunda – karbon). Grafeniň häsiýetlerini öwrenmek işjeň dowam etdirilýär.

Mançester uniwersitetiniň alymlary otag temperaturasynda grafen gurluşda *kwant Holl effekte*ni hem ýüze çykardylar. Şoňa çenli bu effekte diňe örän pes temperaturalarda ( $T \sim 4.2 K$ ) ýuka plenkalar da ýa-da ikiölçegli elektron gazyna ýüze çykýardy. *Kwant Holl effekte*niň bolmanda  $40 K$ -a çenli temperaturalarda ýüze çykarmak boýunça edilen synanyşyklar şowsuz bolupdy. Indi grafende bu mesele çözüldi.

Maglumat tehnologiýalaryny ösdürmäge möhüm goşant goşandyklary üçin Çarlz Kuen Kao (1933-nji ýylda doglan), Uillard Boýl (1924–2011 ý.) we Jorj Elwud Smit (1930-njy ýylda doglan) 2009-njy ýylda fizika boýunça Nobel baýragyna eýe boldular. Kao maglumatlary optiki süýüm tehnologiýasy boýunça bermekligiň başlangyjynda durdy. Boýl we Smit fotoplenkany ulanman, gös-göni reňkli fotosuraty almaga mümkinçilik berýän ýarymgeçirijilikli gurluşy oýlap tapdylar. Alymlar *zaryadly baglanyşyk* diýlip atlandyrylýan maglumatlary geçirmegiň täze usulyny hödürlediler. Zaryad baglanyşykly abzallar sanly foto we wideokameralarda, keseli anyklamakda, kollaýderlerde döreýän elementar bölejikleri bellige alýan detektorlarda, häzirki zaman ýerüsti we kosmos teleskoplarynda ulanylýar.

*Spintronika* («*spinli elektronika*») häzirki zaman kwant elektronikasynyň baş ugrudyr. Ylmyň bu ugry elektronlaryň spinleriniň elektrtomagnit meýdanlary bilen özara täsirini öwrenýär we ýüze çykýan hadysalaryň esasynda deňişli abzallar we gurluşlar döredilýär. Spintronika bolan gyzyklanma 1988-nji ýylda *gigant magnit garşylygy* (GMG) *effekte*niň açylmagy bilen döredi. Bu açyş, biri-birine



baglanyşyksyz, Albert Fret (1938-nji ýylda doglan) we Peter Andreas Grýunberg (1939-njy ýylda doglan) tarapyndan açyldy. Olara bu açyş üçin 2007-nji ýylda fizika boýunça Nobel baýragy berildi.

*Gigant magnit garşylygy (GMG) effektiniň* manysy şundan ybarat: iki sany ferromagnit gatlaklaryň arasynda ýerleşen magnit däl metalyň aşa ýuka gatlagy, hat-da magnit meýdanynyň örän kiçi üýtgemeleriniň täsiri bilen hem özüniň elektrik garşylygyny çalt üýtgedýär. *GMG*-niň esasynda magnit meýdanynyň ýokary takykly sensorlary, burç aýlanmasynyň datçikleri, *MRAM* ýadyň modullary, gaty diskleriň sanaýjy *GMG* başlary döredildi.

Hünärmenler spintronikanyň ösüşiniň üç esasy ugurlaryny tapawutlandyrýarlar: *kwant kompyuteri*; *spin meýdan tranzistory*; *spin ýady*.

*Kwant kompyuteri* gurmak üçin ýarymgeçiriji kwant nokatlaryndaky we çukurlaryndaky spinleri – logiki «0» we «1» sanlara laýyk gelýän, «*spin* – *yokary*» we «*spin* – *aşak*» iki durnukly hallarda bolup bilýän spin kubitlerini işe girizmek meýilleşdirilýär.

*Spin meýdan tranzistorynyň* işleýşi ferromagnit metalyň gatlaklarynyň arasynda ýerleşdirilen izolýator gabygynyň içinden spinleriň magnitrezistiw effekti esasynda geçmekligine esaslanandyr.

*Spin ýady*. Bu ýerde spiniň ugry, logiki «0» we «1» sanlara laýyk gelýän iki belli ýagdaýy eýelemekligi hökman däl, spiniň ugry aralyk fazalarda hem bolup bilýär diýlen maglumat ulanylýar; şeýlelikde, spintronika bitlerden uly bahalary almaga ukyply *fitlere* – *faza sanlaryna* geçmäge mümkinçilik berýär.

*Kwant maglumaty* kwant fizikasynyň we informatikanyň garaýyşlaryna esaslanan, öňdebaryjy dersara ylmy ugurdyr. 1980-nji ýyllaryň başlarynda P.Beneff, R.Feynman, D.Doýç we Ý.I.Manin kwant mehanikasynyň, diňe bir hasaplamaklygyň mümkinçiliklerini çaklendirmän, eýsem, köp ýagdaýlarda onuň mümkinçiliklerini artdyrýandygyny hem görkezdiler.

Ilkinji kompyuterlerdäki bitlere meňzeşlikde funksisiýany ýerine ýetirýän,  $|0\rangle$  we  $|1\rangle$  iki hallary bolan kwant sistemasynyň haly –  $q$  – bit (kubit) ulgam – maglumatyň kwant biti ýönekeý ulgam bolup hyzmat edýär. Nusgawy bitlerden tapawutlylykda, kubitler birwagtyň özünde  $|0\rangle$  we  $|1\rangle$  hallaryň jemi (superpozisiýasy) bolan dürli kwant hallarda bolup bilýärler. Iki kwant hallary bolan islendik ulgam, meselem, fotonlaryň polýarizasiýalaşan hallary, izolirlenen atamlaryň ýa-da ionlaryň elektron hallary, atamlaryň ýadrolarynyň spin hallary we ş.m. kubitleri amala aşyrýan fiziki ulgamalar bolup bilerler. Uly göwrümlü kwant kompyuteri köpsanly (ýüzlerçe we hatda münlerçe) kubitleri saklamalydyr.

Kwant kompyuterlerini döretmek ýolunda durýan esasy mesele bolup superpozisiýa hallarynyň çalt dargamagy we olaryň garynda öwürülmegidir. Bu hadysa *dekogerensiýa* diýilýär. *Kwant kompyuterlerindäki fiziki elementlere edilyän baş*

*talap: hallaryň kogerentliliginiň saklanma wagty hasaplama wagtyndan uly bolmalydyr.*

Kwant kompýuterini döredip boljakdygy baradaky pikir 1980-nji ýylda aýdylan hem bolsa, ony amala aşyrmak boýunça netijeler 1990-njy ýylyň ahyrynda alyndy. *Ýadro magnit rezonansy (ÝMR)* köp elektronly ulgamlaryň gurluşy we häsiýetleri baradaky maglumatlary almagyň kuwwatly usuly hasaplanýar. *ÝMR*-iň gorhanasynda kubitleriň her birine saýlawly (selektiw) täsir edip, kubit ulgamlarynda umumy öwürmeleri üpjün edip biljek, impulsly radioýygylaryň yzygiderlikleriniň giň ýygýndysy bar. 1998-nji ýylda *ÝMR*-iň kömegi bilen iki kubiti ulanyp, ilkinji gezek *elementar kwant algoritmi* amala aşyryldy. Bu ýerde kubitler bolup, bir ýagdaýda wodorodyň atomynyň ýadrosynyň (protonlaryň) spinleri, beýleki ýagdaýda bolsa wodorodyň we uglerodyň atomynyň ýadrosynyň spinleri hyzmat etdiler. Soňky ýyllarda elementar kwant prosessorynda *ÝMR kubitleriň* sanyny artdyrmak boýunça işler ýerine ýetirildi. *IBM kompaniýasynda* A. Çuanganyň ylmy topary 7 kubit derejeli *kwant kompýuterini* döretdiler. Russiýada kwant kompýuterlerini döretmek boýunça meseleler bilen akademik Kamil Ahmetowiç Waliýewiň (1931–2010 ý.) döreden ylmy-barlag toparlary meşgullanýar.

2007-nji ýylda Kanadanyň *D-Wave kompaniýasy*, Kaliforniýadaky Kompýuter muzeýinde ilkinji *Orion kwant kompýuterini* görkezdi. *D-Wave kompýuteri* kremniý çipinde gurlan we özara birikdirilen 16 kubitden ybarat. Her kubit induktiw tegege ýerleşdirilen aşageçiriji niobiý kristalyndan ybarat. Tegekden geçýän elektrik togy magnit meýdanyny döredýär, ol meýdan bolsa, öz gezeginde, kubitiň halyny üýtgedýär. Bu kompýuter örän az energiýa harçlaýar, sebäbi niobiý aşageçiriji material, şonuň üçin hem ol ýylylygy şöhlendirmeyär, kwant çipi bolsa bary-ýogy birnäçe nanowatt kuwwaty ýaýradýar. *D-Wave firmasynyň* kompýuteri modelirlenmegiň çylşyrymly meselelerini çözmekde, patentli maglumatlar bazasyny derňemekde we ş.m. ulanylýar.

2011-nji ýylda 128 *kubitli prosessoryň* bazasynda gurnalan *D-Wave One kompýuteri* döredildi. Bu kompýuteriň kömegi bilen aminokislotanyň belli yzygiderligi boýunça belogyň üçölçegli formasyny kesgitlemek baradaky mesele üstünlikli çözüldi.

*Indi kwant maglumatynyň ulanylýan ýerlerine seredeliň.*

1. *Kriptografiýa* gizlin maglumaty aragatnaşygyň açyk kanallary (meselem, *Internet*) boýunça bermek we geçirilýän habarlaryň hakykylygyny kesgitlemek üçin ulanylýar. Ölçeg geçirilende kwant obýektleriniň hallaryny üýtgetmek häsiýeti, açyk kanallar boýunça geçirilýän maglumatlaryň gizlinligini üpjün etmek üçin ulanmakda has amatlydyr. 1984-nji ýylda Ç. Bennet we Ž. Brassar fotonlaryň kwant häsiýetlerine esaslanan maglumatlary geçirmekligiň *ilkinji kriptografiki beýanyny (protokolyny)* amala aşyrdylar. Kwant kriptografiýasynyň çäginde gazanylan möhüm üstünlikleriň biri hem, onuň kömegi bilen maglumatlary kwant kanaly boýunça

1 *Mbit/s* tizlik bilen geçirmekligiň mümkinçiligidir. Häzirki döwürde kwant kriptografiýasy amalyýetde ulanmaklygyň başlangyç derejesindedir.

2. *Teleportasiýa*. Kwant mehanikasy maglumatlar geçirilende obýektiň halyny ölçemän, ony *teleportasiýa* edip bolýandygyny görkezdi. Ikinji gezek bu 1993-nji ýylda Ç. Bennet we Z. Brassar tarapyndan açyldy. 1997-nji ýylda, biri-birine baglanyşyksyz A. Saýlingerin we F. de Martininiň toparlary fotonyň polýarizasiýa halynyň kwant teleportasiýasyny tejribede amala aşyrdylar.

2009-njy ýylda alymlar ionyň kwant halyny 1 *metr* aralyga teleportasiýa etdiler. 2010-njy ýylda Hytaýyň Ylmy-tehniki uniwersitetiniň we Sinhua uniwersitetiniň fizikleri fotonyň kwant halyny 16 *km* aralyga, 2012-nji ýylda bolsa, Wena uniwersitetiniň we Awstriýanyň Ylymlar akademiýasynyň fizikleri obýekti 143 *km* aralyga teleportasiýa etdiler.

### 30.1.6. Ikinji jynsly faza geçişleri we gazlardaky Boze-Eýnşteýn kondensasiýasy

Bu bölümde seredilýän soraglar orta we ýokary okuw mekdepleriniň okuw kitaplarynda, hatda ylmy-populýar edebiýatlarda hem beýan edilmedi. Onuň sebäbi goýulýan meseläniň täzeligi, şeýle hem onuň fiziki manysynyň we matematiki beýanyň çylşyrymlylygydyr.

*Faza geçişleriniň meselesine* asyryň meselesi diýip aýtmak bolar (iň bolmanda makrofizikanyň çäginde). Bu meseläniň üstünde fizikler 100 ýyldan hem köpräk wagt bári işleýärler. Bu meseläni çözmekde L.D. Landau, E. Fermi we 1982-nji ýylda Nobel baýragynyň eýesi bolan Kenneta Geddesa Bilson (1936-njy ýylda doglan) önjeýli goşant goşdular.

Häzirki döwürde fizikler kritiki nokatlara we ikinji jynsly faza geçişlerine hem-de şoňa golaý geçişlere uly üns berýärler. Soňky wagtlarda kritiki nokatlaryň we ikinji jynsly geçiş nokatlarynyň golaýynda maddanyň özüni alyp barşyny beýan edýän usullar döredildi. Alymlaryň ünsüni wodorod atomyndaky, molekulýar wodorodda aşa akyjylyk halyna geçiş, magnetiklerdäki geçişler, suwuk we kwant kristallaryndaky geçişler, eksiton suwuklygyndaky, laflin suwuklygyndaky aşadykz maddadaky, meselem, neýtron ýyldyzlaryndaky geçişler, ýagny «*ekzotik*» faza geçişleri çekýärler.

Aýratyn-da, gazlardaky, hususan-da, magnit meýdanynda ýerleşen wodorod atomlarynyň gazynda *Boze-Eýnşteýn kondensasiýasyna* üns berýärler. Bu işler üçin 2001-nji ýylda Erik Kornella (1961-nji ýylda doglan), Wolfgang Ketterle (1957-nji ýylda doglan) we Karl Wimana (1951-nji ýylda doglan) «*aşgar metallaryň seýreklendirilen gazlarynda Boze-Eýnşteýn kondensasiýasyna ýetendigi we kondensatlaryň häsiýetleriniň başlangyç düýpli barlaglaryny geçirendikleri üçin*» fizika boýunça Nobel baýragy berildi.

Kornell we Wiman 20 nanokelwin temperaturada (ýagny absolýut nol temperaturadan 0,00000002 *gradus* ýokary) rubidiniň, takmynan, 2000 atomynyň arassa kondensatyny aldylar. Olara bagly bolmazdan, Ketterle natriniň atomlary bilen deňişli tejribeleri geçirdi. Onuň alan kondensaty örän köp mukdardaky atomlary özünde saklaýardy we geljekde bu hadysany öwrenmekde ulanyp boljakdy.

Bir-biriniň içinde «*giňelip*» biljek iki aýratyn kondensaty ulanyp, Ketterle anyk interferensiýa suratyny aldy. Tejribe kondensatdaky atomlaryň özlerini alyp barylarynyň doly ylalaşykdaýygyny görkezdi. Şeýle hem Ketterle agyrylyk güýjüniň täsiri netijesinde aşak gaçýan kiçijik «*kondensatyň damjalaryny*» hem aldy. Muňa ýagtylygyň deregine maddany ulanýan, ýönekeý «*lazer şöhesi*» hökmünde seretmek bolar. Bu tehnologiýanyň kömegi bilen madda «*gözegçilik*» etmegiň täze usuly *presizion* (aşatakyk) ölçeglerde we nanotehnologiýada giňişleýin ulanylyşyny tapar.

### 30.1.7. Maddanyň aşagüçli magnit meýdanlaryndaky häsiýetleri

Häzirki zaman fizikasy – bu maddany adatdan daşary şertlerde öwrenýän ylymdyr. Güýçli magnit meýdanlary hem şeýle şertlere mysal bolup biler. Şeýle derňewleriň ilkinjisini 1924-nji ýylda, Kawendiş barlaghanasynyň işgäri bolup işleýän wagty P.L. Kapisa geçirdi. Ol şol ýerde güýçli magnit meýdanlaryny döretmek we bu meýdanlaryň madda täsirini öwrenmek boýunça köp tejribeleri geçirdi. Häzirki wagtda barlaghanalarda alynýan magnit meýdanlarynyň ululyklary tebigatda duş gelýäninden pes hem bolsa, bu meýdanlary köpsanly tebigy hadysalary modelirmek üçin ulanmak bolar. Şeýle hem köpsanly alymlaryň pikirine görä, güýçli magnit meýdanlarynda maddanyň häsiýetlerini öwrenmekligiň düýpli tehniki ähmiýeti bar. Şol sebäpli bu meseläniň has möhüm we wajyp meseleleriniň hataryna goşulmaklygy maksadalaýykdyr.

*Magnit meýdanynyň induksiýasy*  $B \gg 3 \cdot 10^5 \text{ Tl}$  bolanda ol güýçli hasap edilýär. Bu magnit meýdany Kulon meýdanyndan has uly we atom bu meýdanda özüni meýdanyň ugruna süýndürilen inňe ýaly alyp barýar. Bu onuň köp häsiýetlerini üýtgedýär. Meselem, adaty magnit meýdanlarynda emele gelmegi mümkin bolmadyk  $Fe_2$  (*didemir*) görnüşli molekulalaryň döremekligi mümkin. Emma bu meýdanlary almak has kyndyr. Häzirki wagtda barlaghana şertlerinde induksiýasy diňe  $B \approx 20 \text{ Tl}$  bolan magnit meýdanyny almak başartdy. Astrofizikada (meselem, pulsarlarda, magnetarlarda) induksiýasy  $10^8 \div 10^{11} \text{ Tl}$  bolan güýçli magnit meýdanlary bar.

Güýçli magnit meýdanynda *eksitonlary* (*umumy massa merkeziniň daşynda aýlanýan baglanyşykly elektron we deşik*) öwrenmeklik «*eksitonly*» maddany, ilkinji nobatda, *eksiton suwuklygyny* öwrenmäge mümkinçilik berýär. Bu bolsa alymlara megafizikanyň birnäçe obýektlerini modelirmeklige mümkinçilik berýär, şoňa görä-de bu barlaglar güýçli dowam etdirilýär.

### 30.1.8. Çyzykly däl fizika. Solitonlar. Haos. Täsin attraktorlar

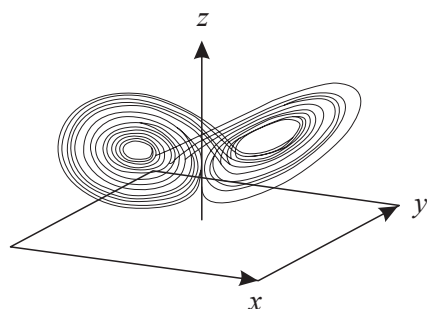
Soňky ýyllarda alymlaryň nazary *çyzykly däl fizika* gönükdü. Munuň esasy sebäbi häzirki zaman hasaplaýyş tehnika, ön diňe arzuw edip bolaýjak çylşyrymly meseleleri çözmäge mümkinçilik berýärdi. Nusgawy, köp ýagdaýlarda kwant fizikasy hem, esasan, çyzykly hadysalary öwrenýär. Emma XXI asyryň fizikasy çyzykly däl hadysalar baradaky ylm bolar diýlip garaşylýar. Bizi şeýle netijä ylmyň ösüşiniň öňe ymtlyşy getirýär.

Tebigatda çyzykly hadysalardan çyzykly däl hadysalar köpdür. Şoňa görä-de, fizikada häzir işjeň öwrenilýän we täze müňýyllykda öwreniljek çyzykly däl fizikanyň ugurlaryna seretmeklik peýdaly bolar. Muňa häzirki zaman fizikasynyň solitonlar, täsin attraktorlar, ulgamlaryň haotik özüni alyp barşy we ş.m. ugurlaryny mysal getirmek bolar.

*Dispersiýaly çyzykly däl gurşawda sönmän, bölejik ýaly ýaýraýan ýeke tolkuna solitonlar diýilýär.* Tejribäniň görkezşiine görä, solitonlar tebigatda giň ýaýrandyr. Muňa mysal edip, güýçli weýrançylyklary döredýän *sunamylary* görkezmek bolar.

Haos nazaryýetini (*haos* adalgany J. Ýörke we T. Li 1975-nji ýylda girizdiler we ol *tertipsizlik* manysyny berýär) A. Puankare, sowet matematikleri Andreý Nikolaýewiç Kolmogorow (1903–1987 ý.), Wladimir Igorýewiç Arnold (1937–2010 ý.) we nemes matematigi Ýurgen Kurt Mozer (1928–1999 ý.) 1953-nji ýylda döredtiler. Bu nazaryýet gysgaça *KAM* (awtorlaryň familiýalarynyň baş harplary) nazaryýeti diýlip hem atlandyrylýar. *KAM* nazaryýeti boýunça ulanyşa *attraktorlar* (şol sanda *täsin attraktorlar*) düşünjesi hem girizildi.

*Täsin (haotiki) attraktor faza traýektoriyalary emele gelýän, başlangyç şertleriň in kiçi üýtgemesinde hem ýityän faza giňişliginiň çägidir.* Şunlukda, ulgam deňagramlylygyny ýitirýär. Bir erkinlik derejesi bolan ulgamda faza tekizliginde täsin attraktorlar döremeýär. Emma üçölçegli halda olar döräp bilerler.



232-nji surat. Lorensiň attraktory

*Lorensiň attraktory (232-nji surat)* ilkinji haotik attraktordyr. 1961-nji ýylda amerkan matematigi we meteorology Edward Norton Lorens (1917–2008 ý.) (Massachusetts tehnologik instituty, ABŞ) meteoulgamlaryň sanlaýyn barlaglaryny geçirdi, ýagny atmosfera konweksiýa toklaryny modelirlenmegi başardy.

Çyzykly däl ulgamyň traýektorýalaryny sanlaýyn öwrenip, ol onuň başlangyç şertlere örän duýgurlygyny ýüze çykardy. Soň belli bolşy ýaly, bu aýratynlyk ähli haotik hadysalar üçin häsiýetlidir. Ony kähalatlarda «*kebelek effekti*» diýip hem atlan-



dyrýarlar. Bu düşünjäni Lorens «*Öňdengörüjilik: Braziliýada kebelegiň ganatyny galgatmagy Tehasda tornadonyň döremegine getirip bilermi?*» diýen makalasynda düşündirdi. Haotik hadysalary öwrenmek bilen, köp dinamiki ulgamlaryň haotik hala geçmekligi, amerikan matematigi Mitçel Feýgenbaумыň (1944-nji ýylda doglan) kesgitlän uniwersal hemişeligi (*Feýgenbaum hemişeligi*  $\delta = 4,6699\dots$ ) bilen kesgitlenilýär. *Feýgenbaum sany dinamiki ulgamyň haos hala geçiş tizligini kesgitleýär.*

Adaty attraktorlardan (*nokat, tor*) tapawutlylykda, haotik attraktorlarda hereket edýän nokat köpgatlakly, örän aldawly we has çylşyrymly şekili emele getirýär. Şeýle şekillere *fraktallar* diýilýär. Bu adalgany 1970-nji ýylda fraktal geometriýasyny esaslandyryjy, fransuz we amerikan matematigi Benua Mandelbrot (1924–2010 ý.) tarapyndan ylma girizildi. Şeýlelikde, *haotik attraktorlar fraktallardyr, ýagny käbir manyda «bütine meňzeş» böleklerden ybarat bolan gurluşlardyr.*

Haosyň esasy düşüňjelerini işläp düzmekde rus alymlary önjeýli goşant goşdular. Bu ugurda A.M. Lýapunowyň, L.I. Mandelştamyň, A.A. Andronowyň, L.S. Pontrýaginiň, A.N. Kolmogorowyň, N.M. Krylowyň, N.N. Bogolýubowyň, B.I. Arnoldyň, Ý.G. Sinaýyň, D.W. Anosowyň, B.I. Çirikowyň, G.M. Zaslawskiniň, Ý.I. Neýmarkyň, L.P. Şilnikowyň we beýlekileriň alan ylmy netijeleri bütin dünýäde nusgawy hasaplanýar.

Häzirki wagtda *haos nazaryýetini* biologiýada, informatikada, ykdysadyýetde, inženerçilikde, fizikada we ş.m. ulanýarlar. *Barlaghanalarda haotik ýagdaýlary* dürli ulgamlarda, meselem, radiofiziki shemalarda, lazerlerde, himiki reaksiýalarda gözegçilik edip bolýar. Tebigatda haotiki ýagdaýlary Gün ulgamynyň planetalarynyň hemralarynyň hereketlerinde, astronomik jisimleriň magnit meýdanlarynyň wagta görä üýtgemelerinde, ilatyň sanynyň artmagynda (demografiýada) we başgalarda gözegçilik edip bolýar.

*Haotik hadysalar, fraktallar, weýrançylyklar nazaryýeti (öz-özünden emele gelýän ulgamlaryň özüni alyp baryşlaryny «bifurkasiýa», «attraktor», «durnuksyzlyk» adalgalarynda öwrenýän nazaryýet) dersara ylmy ugruň – sinergetikanyň çäklerinde öwrenilýär.*

### **30.1.9. Lazer spektroskopiýasy. Razerler, grazerler, aşakuwwatly lazerler. Lazer fizikasynyň we tehnikasynyň ösüş ugurlary**

XX asyryň ikinji ýarymyny diňe bir atom asyry diýip atlandyрман, lazer asyry diýip hem atlandyрмаk bolar. Eger 50 ýyl mundan öň lazer hatda institutlarda hem örän seýrek duş gelýän bolsa, indi lazeri gazet satylýan kiçijik dükandan hem satyn almak bolýar. Lazer fizikasynyň nazary esaslaryny 1916-njy ýylda A. Eýnşteýin döretdi. Onuň bu işleri indusirlenen, spontan we mejbury şöhlemenme hadysalaryna bagyşlanypdy.

Lazerleriň döremekligi ylmyň we tehnikanyň dürli pudaklaryna öz täsirini ýetirýär. Golografiýa, çyzykly däl we integral optika, lazer tehnologiýalary, lazer spektroskopiyasy we ş.m. döredi. Lazer spektroskopiyasy J. Holluň, T. Henşin, W.S. Letohowyň, W.P. Çebotaýewiň, K. Koen-Tannujiniň ylmy işleri bilen döredi. *Lazer spektroskopiyasy bitarap atomlary we gazlary lazer bilen sowatmak usullarynyň işlenip döredilmegi bilen ösdi.*

Bitarap atomlary lazer bilen sowatmak shemasyny nemes alymy Teodor Wolfgang Henş (1941-nji ýylda doglan) we amerikan fizigi Artur Leonard Şawlow (1921–1999 ý.) tarapyndan 1975-nji ýylda işlenip düzüldi. Olar otag temperaturasynda seýreklandirililen atom gazyny ähli tarapdan, dynçlykdaky atomyň fotony ýuwutma bahasyndan kiçi bolan ýygyllykly lazer bilen şöhlendirmek usulyny hödürlediler. Lazer şöhesi bilen atomlary sowatmagyň bu usulyny *dopler usuly* bilen sowatmak diýip atlandyrdylar.

Amerikan alymy Uilýam Deniel Fillipsin (1948-nji ýylda doglan) ylmy-barlag toparynyň döreden desgasynda şeýle usul ulanyldy: desganyň içinde atom ilki başda örän güýçli magnit meýdany bolan nokada düşýär. Nokatdan daşlaşdygyça magnit meýdany kemelýär. Atom şeýle magnit meýdanyndan uçup geçende onuň energiýa derejeleriniň ýagdaýy üznüksiz üygeýär, netijede, atom üznüksiz lazer şöhesini ýuwudýar we haýallanýar. Fillipsin bu desgasy *«zeyeman haýallandyryjysy»* diýip atlandyrdylar. Onuň kömegi bilen natriniň atomynyň desselerini 100 *milli-Kelwinden* pes temperatura çenli sowatmak başartdy, ýagny togtan diýen ýaly atomlaryň sowuk gazy alyndy.

Gazlary lazer bilen sowatmaklyk atom desselerini lazer bilen sowatmakdan düýpli tapawutlanýar: erkin atomlar dürli ugurlara hereket edýärler we netijede, olary sowatmak üçin birnäçe lazer şöhleleri zerurdyr. «Bell» kompaniýasynyň barlaghanasynda Stiwen Çu (1948-nji ýylda doglan) we onuň egindeşleri kub görnüşli kameranyň diwarlaryna 6 sany lazerleri ýerleşdirdiler we lazer şöhlelerini onuň merkezine fokusirlediler. Birnäçe şöhleleriň kesişmesine düşen atomlar hereketleriniň islendik ugurlary boýunça haýalladyjy güýje sezewar bolýarlar, şol sebäpli, olar optiki şepbeşik gurşawda, ýagny optiki akymda bolýar diýip hasap etmek bolar. Çunuň toparyna 240 *mkK* temperatura ýetmek başartdy we natriniň atomlarynyň tizligi, takmynan 20-30 *sm/s* boldy. Çunyň bahalandyrmagyna görä, bu ululyk *dopler usuly* bilen sowatmagyň mümkinçiliginiň *nazary çägi* diýip hasap edildi. *Dopler çägi* diýip atlandyrylýan bu ululyk W.S. Letohow, W.G. Minogin we B.D. Pawlik tarapyndan 1977-nji ýylda nazary esaslandyryldy.

Emma 1988-nji ýylda U.D. Fillips natriý atomynyň toparynyň temperaturasy 40 *mkK-a* çenli, ýagny dopleriň çäginde 6 esse az sowadyp boljakdygyny görkezdi. 1989-njy ýylda fransuz alymy Klod Koen-Tannuji (1933-nji ýylda doglan) bu alnan netijäni nazary düşündirdi. Ol Fillipsin desgasynda lazer şöhleleri elektrik meýdanlary özboluşly gerşi ýatladýan, polýarlanan ýagtylygyň durujy tolkunlarynyň

seriýalaryny döredýändigini görkezdi. Atom şondan geçende elektrik meýdanynyň serpikmesi atomy gezekli-gezegine has güýçli sowadyp, ýene-de has aşaky energiýa derejelere «oklaýar». Atom elmydama daga dyrmaşýan ýaly, meýdanyň garşysyna we energiýasyny ýitirip hereket edýär. Bu usula «sizifowly sowatma» diýilýär.

Tejribeler dowam etdirildi we ultrasowuk atomlaryň fotonlary goýbermekleri bilen döreýän depme tizlikleriniň artmagy netijesinde atomlaryň sowaýanlygy açyldy. Bu «depme çägi» natriý üçin 2,4 *mkK*, seziý üçin 1,2 *mkK* deň boldy. Bu çägi geçmek usulyny Fillipsiň, Çu we Koena – Tannujiniň toparlary işläp düzdüler. Netijede, görnüp-eşidilmedik temperaturalara ýetildi: geliý atomlary üçin 0,18 *mkK* we natriniň atomlary üçin 0,1 *mkK*, ýagny tejribeçiler nanotemperaturalar çäğine ýetdiler. Materiýa şeýle pes temperaturalarda birnäçe täsin aýratynlyklara eýe bolýar, hususan-da, atom gazlarynyň *Boze - Eýnşteýin kondensasiýasyny* ýüze çykarýarlar.

1997-nji ýylda U. Fillips, S. Çu we K. Koen-Tannuji fizika boýunça Nobel baýragyna eýe boldular. Olaryň derňewleri şöhlemenmäniň madda bilen özara täsiri baradaky bilimlerimizi has-da giňeltdiler we gazlaryň aşa pes temperaturalarda kwantomehaniki özüni alyp barşyna çuňňur düşünmäge mümkinçilik berdi.

Lazer spektroskopiýasy häzirki zaman fizikasynyň has güýçli ösýän pudaklarynyň biridir. 2005-nji ýylda *presizion (inçe) lazer spektroskopiýasyny ösdürendikleri üçin* Roý Glaubere (1925-nji ýylda doglan), Jon Lýuis Holla (1934-nji ýylda doglan) we T. Henşe (1941-nji ýylda doglan) fizika boýunça Nobel baýragy berildi. R. Glauber kogerent hallaryň shemasyny (olary *glauber shemalary* diýip hem atlandyryýarlar) ulanyp, elektromagnit şöhlemenmäniň kogerentliginiň takyk kwant nazaryýetini döretti. Onuň girizen düşüňjeleri lazer şöhlemenmesini öwrenmek üçin nazary esas bolup hyzmat etdi we häzirki zaman kwant optikasynda umumy kabul edilen düşüňjeler hökmünde ulanylýar. Holluň we Henşiň işleri optiki ýygyllyklary 15 belgä çenli takyklyk bilen ölçemäge mümkinçilik berdi. Netijede, häzir aşatakyk spektroskoplar üçin lazerleri döretmek, molekulalaryň we atomlaryň şöhlemenme spektrlerini deňi-taýy bolmadyk takyklyk bilen kesgitlemek bolýar. Bu bolsa ählumumy (global) hemra pozisionirlemek we nawigasiýa ulgamynyň *Global Positioning System (GPS)* ösmegine getirer.

*Häzirki döwürde lazer fizikasy we tehnikaýy haýsy ugurlar boýunça ösýär?*

- *Tolkun uzynlygynyň kemelmegi*

Ilkinji kwant generatorlary – mazerleri mikrotolkun diapazonunda şöhledenirýärdiler. Soňra *optiki lazerler*, soňra *infragyzyly we ultramelewşe lazerler* döredildi. *Rentgen lazerini (razeri)* döretmek baradaky garaýyş optiki lazerler oýlanyp tapylandan soň döredi. Ilkinji barlaghana rentgen lazeri 1985-nji ýylda *E. Lourensi adyndaky Liwermor barlaghanasynda* (ABŞ) döredildi. Bu lazerde şöhleleriň döredilmekligi 18,2 – 26,3 *nm* çäkke seleniň neona meňzeş ionynyň çyzyklarynyň seriýalarynda alyndy. İşjeň gurşawy güýçli ionlaşan plazma bolan *razerlerde iň kiçi tolkun uzynlygy* (3,56 *nm*) alyndy.

*Grazerleri, ýagny gamma – diapazonly lazerleri* döretmek boýunça barlaglar hem alnyp barylýar. Olaryň işleýşi messbauer geçişlerine esaslanandyr. Ýöne häzirikçe gamma diapazonda mejbury şöhlenenmäni generirlemek amala aşyrylmady. Şeýlelikde, lazer tehnikasy has gysga tolkunlary ulanýar.

*Lazer impulsynyň kuwwatyny artdyrmak we dowamlylygyny gysgaltmak*

Häzirki döwürde lazer impulsynyň intensiwligi (kuwwatyň dykzlygy)  $I \approx (10^{20} \div 10^{21}) \text{ Wt} \cdot \text{sm}^{-2}$  ululyga ýetdi. Şeýle intensiwlikde lazer şöhlenenmesiniň elektrik meýdanynyň güýjenmesi  $\sim 10^{12} \text{ Wt} \cdot \text{sm}^{-1}$ -e deň, ýagny esasy haldaky wodorod atomynyň protonynyň meýdanyndan 100 esse güýçli bolýar. Şunlukda, magnit meýdany  $\sim 10^5 \div 10^6 \text{ Tl}$  ululyga ýetýär. Tejribede dowamlylygy örän kiçi ( $10^{-15} \text{ s}$  (ýagny femtosekunt) bolan gysga impulsar ulanylýar. Bu bolsa dowamlylygy atosekunt ( $1 \text{ as} = 10^{-18} \text{ s}$ ) bolan rentgen impulsalaryny almaga mümkinçilik berýär. Eger-de ( $10^{26} \div 10^{27}$ ) bolan kuwwatyň dykzlygyny almak başarsa, onda kwant elektrodinamikasynyň tejribede tassyklanmagy üçin örän möhüm hadysa bolan lazer şöhleleriniň kwantlaryndan elektron - pozitron jübütleriniň döreýşine gözegçilik etmek bolar.

*Lazer şöhlenenmäniň kogerentligini artdyrmak*

Häzirki wagtda optiki diapazonda işleýän lazerler döredildi. Bu lazerleriň şöhlenenmeleriniň giňişlik boýunça kogerentligi, nusgawy interferometrleriň shemalarıny ulanmazdan, iki lazerlerden gelýän şöhleleriň interferensiýa suratyny almaga mümkinçilik berýär.

Bu ýerde «*Erkin elektronlarda işleýän rentgen lazeriniň*» – *X-ray Free Elektron lazer (XFEL)* – taslamasy barada hem aýtmak gerek. Bu taslama indi döredilmeli. *XFEL* ulgamyň tonnelinde (onuň uzynlygy  $3,4 \text{ km}$ ) aşageçiriji çyzykly tizlendiriji we foton şöhleleriniň çyzyklary ýerleşer. Ilkibaşda elektronlar aşageçiriji çyzykly tizlendirijide  $10\text{--}20 \text{ Gew}$  energiýa çenli tizlendiriler. Soňra elektronlaryň relýativistik desseleri üýtgeýän magnit meýdanlarynda ýaýrarlar. Olar bu meýdanda rentgen şöhlelerini şöhlelendirip egri (sinusoidal) traýektoriyalar boýunça hereket ederler. 2013-nji ýylda işe girizilen *XFEL* desgasy derňelýän maddanyň molekulýar gurluşyny  $0,1 \text{ nm}$  çözüjilik bilen kesgitledi. Bu desganyň çözüjiligini  $0,03 \text{ nm-e}$  ýetirmek boýunça işler alnyp barylýar. Bu desgada himiki reaksiýalaryň kinetikasyny femtosekunt ölçeglerde, biomolekulalaryň gurluşlaryny bolsa, rentgengurluş derňewi usulyndan tapawutlylykda, kristallaşdyrman öwrenmek meýilleşdirilýär.

### 30.1.10. Nanotehnologiýanyň döremegi

Döwrümüziziň ýokary tehnologiýalarynyň hatarynda ýaş hem-de örän netijeli, öndebaryjy ugur *nanotehnologiýadyr*. Islendik jisimiň iňňäniň gözi ýaly bölejigi hem bu ylym üçin uly ölçegdäki zatdyr. Alymlar XX asyrdaky kompýuterleriň maglumat giňişligine ýetiren täsiri ýaly, XXI asyrdaky nanotehnologiýanyň adamzat ösüşine

täsiriniň uly boljakdygyny belleýärler. Onuň ösüşiniň dünýämizi özgertmäge bolan ukyby göz önüne getirýänimizden-de has uly. Alymlar nanotehnologiýalaryň döremekligini dünýäni XXI asyrdan güýçli üýtgetjek täze ylmy-tehniki rewolýusiýanyň başlangyjy hasaplaýarlar.

Ylmyň ösmegi bilen täze mümkinçilikler açylýar. Gadymy grek akylsary Demokrit elementiň iň kiçijik bölegini «*bölünmeýän*» diýen manyny berýän «*atom*» (grekçe – «*atomos*») diýip atlandyran hem bolsa, soňky ylmy gözleglerde onuň hem bölünýändigini neýtronlardan, protonlardan, elektronlardan durýandygy anyklandy. Häzirki ylmy gazanylanlar bolsa, has dogrusy, nanotehnologiýanyň usullary atomlaryň, molekulalaryň gurluşyny üýtgetmäge-de mümkinçilik berýär. Nanotehnologiýa başgaça «*molekulýar tehnologiýa*» diýilmeginiň sebäbi hem şundan gelip çykýar.

Siz galyňlygy bir millimetrdan hem kiçi bolan monitory, ýanmaýan we suwa ezilmeýän kagyzy ýa-da hapalanmaýan geýimi gördüňizmi? Bu hyýaly zat däl. Bu zatlar uzak bolmadyk geljekde amala aşjak zatlar. Adamzada şeýle adaty däl predmetleri nanotehnologiýa berip biler. *Tehnologiýa* sözünüň haýsy bolsa-da bir zady öndürmekligiň usulyny aňladýandygyny hemmämiz bilýäris.

«*Nano*» goşulyjysy («*nanos*» grek sözi *gnom* diýmekdir) haýsy bolsa-da bir zadyň milliarddan bir bölegine aýdylýar. Bir nanometr – metriň milliarddan bir bölegine deňdir, ýagny  $1\text{ nm} = 10^{-9}\text{ m}$ . Şeýle ölçegli zady göz önüne getirjek bolalyň. Grek hozy Ýerden näçe esse kiçi bolsa, nanometr hem metrdan şonça esse kiçidir. Uly molekulalaryň, meselem, beloklaryň ölçegleri birnäçe nanometre deňdir. Atomlar we adaty molekulalar kiçi ölçege, ýagny nanometriň onlarça ülsüne deň bolan ölçeglere eýedirler.

Atom derejesinde zatlary derňemekligiň mümkinçiligi baradaky ilkinji çaklamany Isaak Nýuton 1704-nji ýylda çap edilen «*Optika*» kitabynda geljegiň mikroskoplary haçan-da bolsa birwagt «*korpuskullaryň sylrlaryny*» derňäp bilerler diýip umyt edýändigini aýdypdy. «*Nanotehnologiýa*» (*nanotechnology*) adalgasy 1974-nji ýylda Tokio uniwersitetiniň professory – materialy öwrenijisi Norio Taniguchi tarapyndan hödürlendi. 1980-nji ýyllarda bu adalgany Erik K. Dreksler öz ýazan kitaplarynda: «*Döretme maşynlary: Nanotehnologiýanyň geljekki eýýamy*» (*Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology*) we «*Nanosystems: Molekular Machinery, Manufacturing, and Computation*» ulandy. Onuň derňewlerinde ölçegleri birnäçe nanometr bolan gurluşlaryň içini derňemäge mümkinçilik berýän matematik hasaplamalar esasy orny eýeleýärdi.

1959-njy ýylda amerikan fizigi Riçard Feýnman Kaliforniýanyň *Tehnologiýalar institutynda* geçiren «*Esas, özen – giden dünýä*» atly umumy okuwunda nanotehnologiýanyň geljegi baradaky garaýyşlaryny beýan edip, atomlardan gerekli gurluşlary döretmek barada aýdýar. Bu pikirler şol döwürde hyýaly bolup görün-



se-de, 1986-njy ýyldan futurologlar halk köpçüligine nanotehnologiýanyň ähmiýetiniň uludygyny giňden wagyz edip ugraýarlar. Bu ylmy ösdürmek üçin barha köp mukdarda maliýe serişdeleri goýberilýär.

*Nanotehnologiýa* diýip nanoölçegli (1 nm-den 100 nm-e çenli) zatlary öndürmäge mümkinçilik berýän önümçilik tehnologiýasyna aýdylýar. Şeýle zatlar aýratyn häsiýete eýedirler. Hut sonuň üçin hem nanomateriallaryň bu häsiýetleri olary täze ylmy açyşlar üçin ulanmaga mümkinçilik berýär. Eýýäm häzirki wagtda nanotehnologiýalar dünýä ylmynda geljegi uly we maýagoýumly ugurlaryň biri hasaplanylýar.

Nanotehnologiýanyň möhüm düzüm bölegi bolup, ölçegleri 1 nm-den 100 nanometre çenli bolan nanobölekleriň tertipli gurluşlary bilen kesgitlenýän, adatdan daşary funksional häsiýetli materiallar hyzmat edýärler.

*Nanotehnologiýalar boýunça 7-nji Halkara konferensiýasynyň (Wisbaden, ABŞ, 2004 ý.) Hödürnamasyna görä, nanomateriallaryň aşakdaky görnüşlerini tapawutlandyryýarlar:*

- nanoöýjükli gurluşlar;
- nanoturbalar we nanosüýümler;
- nanodispersiýalar (kolloidler);
- nanogurluşly üstler we plýonkalar;
- nanokristallar we nanoklasterler.

Nanotehnologiýanyň tehniki ösüşe düýpli täsir etjek ähli pudaklaryny sanamak kyn. Olaryň diňe birnäçesiniň atlaryny getireliň:

- nanoelektronikanyň we nanofotonikanyň (ýarymgeçiriji tranzistorlar we lazerler; fotodetektorlar; Gün elementleri; dürli sensorlar) elementleri;
- maglumatlary aşadykz ýazýan gurluşlar;
- telekommunikasiýa, maglumat we hasaplaýyş tehnologiýalary; superkompyuterler;
- wideotekhnika – tekiz ekranlar, monitorlar, wideoproýektorlar;
- molekulýar elektron gurluşlar, şol sanda ýazdyryjylar we molekulýar derejedäki elektron shemalar;
- nanolitografiýa we nanoimprinting;
- ýangyç elementleri we energiýany saklaýjy gurluşlar;
- mikro- we nanomehaniki gurluşlar, şol sanda molekulýar motorlar we nanomotorlar, nanorobotlar;
- nanohimiýa we kataliz, şol sanda ýanmagy dolandyrmak, elektrohimiýa we farmasewtika; ýapgylyar çalmak;
- awiasiýada, kosmos we harby maksatlar üçin ulanylýan gurluşlar;
- daşky gurşawa gözegçilik edýän gurluşlar;

- dermanlary we proteýinleri maksatlaýyn eltmek we biologik dokumalary dikeltmek, emeli muskullary, süňkleri döretmek, janly organlary implanta-siýa etmek;
- biomehanika; genomika; bioinformatika;
- kanserogen dokumalary, patogenleri we biologik zyýanly agentleri bellige almak we identifikasiýa (deňeşdirme) etmek;
- oba hojalygynda we azyk önümlerini öndürmekde howpsuzlygy üpjün etmek.

Islendik zadyň, ulgamyň dünýäsine, häsiýetine, aýratynlyklaryna içgin düşünen ýagdaýynda, oňa täsir etmegiň, ony dolandyrmagyň, maksadalaýyk özgertmegiň ýeňil bolýandygy hemmämize mälim.

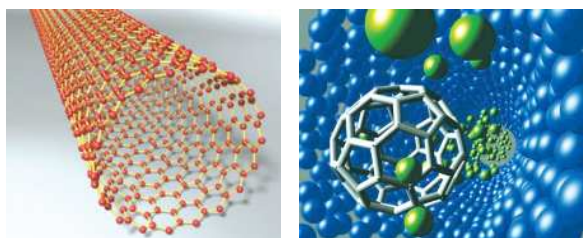
Tehnologiýanyň maksady tebigatyň kada-kanunlaryny ynsanyň haýryna ulan-makdan ybarat. Adamyň islendik gurluşyk harydyny saýlap, islegine görä jaý gurşy ýaly, nanotehnologiýa-da maksadalaýyklykda täze önümleri döredýär, olary öndür-megiň usullaryny işläp düzýär. Bu işde onuň «*gurluşyk harytlary*» atomlar, moleku-lalardyr.

Molekulalaryň we atomlaryň ölçegleri, takmynan, *1 nanometre* barabardyr. Şeýle kiçijik böleklerе gözegçilik etmäge mümkinçilik 1931-nji ýylda nemes fi-zikleri Maks Knoll bilen Ernst Awgust Fridrih Ruskanyň (1906–1988 ý.) *elektron mikroskopy* döretmegi bilen açyldy. Häzirki wagtda mikroskoplaryň görnüşleri hem barha kämilleşýär, *atom – güýçlendiriji mikroskoplary (AGM)* ýaly has takyk işleýän görnüşleri döredilýär (30.4.1-nji baba seret).

Dürli ulgamlarda, ugurlarda nanotehnologiýanyň gazananlary gowy netijeleri berýär. Alymlaryň yhlasly gözlegleriniň netijesinde, nanotehnologiýa özüniň syr-laryny, haýran galdyryjy mümkinçiliklerini açýar. Olaryň gürrüňini edýän temamy-zy aýdyňlaşdyrmakda iň ähmiýetlileriniň käbirlerine seredeliň.

Nanobölejiklere gözegçilik etmek bilen çäklenmän, olara täsir etmek, olar bi-len tejribe-synag geçirmek üçin ýörite gurluşlara zerurlyk ýüze çykýar. «*Assembler*» diýlip, atlandyrylýan nanoenjamlaryň döredilmegi bilen molekulalary bölmek, bi-rikdirmek, onda-da çem gelen görnüşde däl-de, bellibir maksadalaýyk tertip boýun-ça atomlary ýerleşdirmek mümkin bolýar. Şunuň ýaly enjamlaryň dürii görnüşleri-ni döretmek ugrunda synanyşyklar dowam edýär. Olaryň üstünlikli tamamlanmagy bilen, bilermenleriň pikiriçe, asyrymyzyň ortalaryna çenli «*molekulýar kompýuterini düzüji*», «*nanorobotlaryň maksatnamalaryny düzüji*» ýaly hünärler meşhurlygyň öň hataryna çykar.

1985-nji ýylda Robert Keri, Garold Kroto, Riçard Smolli dürli elementleriň molekulalaryny özüne birleşdirmäge we täze gurluşly, düzümlü molekulalary döret-mäge ukyby ýokary himiki element bolan ugleroddan düzülen birleşmäni – *fuller-reni* açdylar. Fullereniň gurluşy uglerodyň bize mälim bolan allotroplarynyň – gra-fitiň hem-de almazyň gurluşlaryndan düýpli tapawutlanýar. Ol başburçly hem-de



233-nji surat. Nanogurluşlar

altyburçly «çukurlardan» düzülen futbol pökgüsiniň şekilinde bolup, burçlaryň depesinde uglerodyň atomlary ýerleşýär. «Pökginiň» içindäki boşluga täze atomlary ýerleşdirip bolýar, bu açyş ylmyň ösüşini täze basgançaga çykardy.

Fullerenden soňra, 1991-nji

ýylda ýapon alymy Sumio Lijima tarapyndan uglerodyň millionlarça atomyndan düzülen diametri 10 nanometre, uzynlygy onlarça mikrona barabar bolan turbajyk şekilli *molekula* – *nanoturbajyk* açylýar (233-nji surat). Ol adamyň saçyndan 100 *mün esse* kiçidir hem-de örän berkdir. Geň ýeri, iň aňryçäk urguda, täsirde-de, nanoturbajyk bölünmeýär, döwürlemeýär, öz-özünü dikeldýär. Bu görkeziji nanoturbajyklardan ýasalan ýogynlygy bary-ýogy 1 millimetrlik sapajyga 20 tonna agyrllygy götermäge mümkinçilik berýär. Bu özboluşly turbajyk bilen bagly ylmy temalary öwrenmek alymlaryň esasy üns merkezinde durýar. Onuň birgatyly, köpgatyly görnüşleri, göni we buraw şekillileri açyldy. Häzirki wagtda uzynlygy birnäçe millimetre barabar bolan nanoturbajyklar alyndy, önümçilik maksatlary üçin onuň has uzyn bolmagy zerur, şonuň üçin hem onuň birnäçe metre barabar görnüşlerini döretmek geljegiň işi.

Nanoturbajygyň içine dürli atomlary ornaşdyrmak bilen olara täze häsiýetleri berýärler. Meselem, olardan güýçli elektrik geçirijileri hem, izolýatorlary hem ýasap bolýar. Şonuň üçin nanoturbajyklary elektronikada ulanmagyň mümkinçiligi örän uly. Umuman, nanoelektronikanyň geljegi uly. Olardan kompýuter tehnologiýalary üçin adatdakylardan has amatly, ýokary hilli täze gurluşlar taýýarlanylady. Nanotehnologlaryň hyzmaty bilen kompýuterleriň, enjamlaryň göwrümi has kiçelýär.

*Nanokompýuter* logiki elementleriniň ölçegleri birnäçe nanometre bolan elektron (mehaniki, biohimik, kwant) tehnologiýalaryň esasynda ýasalan hasaplaýjy gurluşdyr. Nanotehnologiýalaryň esasynda döredilen kompýuteriň özi hem mikroskopik ölçeglere eýedir.

2007-nji ýylyň 15-nji oktyabrynda *Intel kompaniýasy* ölçegi 45 nm bolan iň kiçi gurluş elementli täze prosessoryň nusgasyny döredendikleri barada habar berdi. Kompaniýa geljekde gurluş elementleriniň ölçeglerini 5 nm-e çenli kiçeltmegi niýet ediniýär. Häzirki wagtda *Intel kompaniýasynyň* esasy bäsdeşi *AMD kompaniýasynda* bolsa ölçegi 14 nm bolan tranzistorly prosessorlaryň işçi nusgalary we 10 nm-lik tejribe nusgalary bar.

2007-nji ýylda atom dyklyklykly gaty disklerde maglumatlary ýazmaga mümkinçilik berýän *GMR hadysasyny* (*Ágirt uly magnitgarşylygy hadysasyny*) açandyklary üçin Peter Andreas Grýunberge (1939–2018 ý., Germaniýa) we Albert Ferte (1938-nji ýylda doglan, Fransiýa) fizika boýunça Nobel baýragy berildi.

*Awiasiyada hem-de kosmonawtikada* uçarmansyz dolandyrylýan uçarlary ýasamakda, asman gämileriniň ýokary temperatura, tizlige çydamly daşky örtügi-ni taýýarlamakda, ýangyjyň, Gün batareýalarynyň hilini gowulandyrmakda, ener-giýany tygşytlamakda nanobarlaglar dowam edýär. Nanorobotlar Aýda, beýleki planetalarda, ummanyň düýbünde hem adam üçin amatly şertleri döredip bilýär. Nanotehnologiýanyň ösüşi adamlary kosmosa çykarýan lifti döretmek baradaky ar-zuwynyň amala aşmagyny barha golaýlaşdyrýar.

Bu ylmyň gazananlary netijesinde, has-da amatly hem-de oňaly ulaglar taýýarlanylýar. Täze döredilen örtükler çüýremeden, sürtülmeden, nanoturbajyklardan ýasalan gurluşlary güýçli urgudan gorasa, ýörite optiki düzümlü aýnalar ulagyň içiniň ýagtylygyny sazlamaga mümkinçilik berýär, öz-özünü arassalaýar. Plastik enjamlaryň ýangyna durnuklylygy, nätekiz ýollarda ýokary deňagramlylygy saklamak, islegiňe görä ulagyň reňkini sazlamak, öz-özünü dikeldýän örtügi ulanmak, ulagyň özüni dolandyrmagy, wodorod ýangyjynda hereket etmegi, eýesini tana-magy hem bu ylym üçin täzelik däl.

*Lukmançylykda* nanotehnologiýanyň hyzmaty uludyr. Adamyň ömrünü uzaltmakda, keselleriň önüni almakda nanosensorlar öňe gidişligi üpjün edýärler. Bu keselden gutulmaklyga bolan umydy artdyrar. Şeýle hem täze dermanlary döretmek, kesel anyklaýjy enjamlaryň mümkinçiliklerini ýokarlandyrmak ýaly ugurlarda, näsagyň ýagdaýyny berk gözegçilikde saklamakda, nanogerdejikleriň kömegi bilen bedeniň gerekli ýerine, hatda aýry-aýry bölejiklerine amatly wagtda täsir etmekde, onkologiýa, genetik keselleriň, wiruslaryň garşysyna göreşmekde, emeli usulda im-muniteti güýçlendirmekde, bedeni arassalamakda, bedeniň içinde ýaşayan, bejerýän nanolukmanlaryň kömegi bilen bejermekde, implantantlary, protezleri ýasamakda we beýleki ugurlar boýunça nanoderejede geljegi uly bolan ylmy-barlaglar dowam edýär.

*Implantant – neýroçipleriň* ulanylmagy bilen, galmagalyň içinde-de gerek bolan sesiňi saýlap eşitmäge, eşidýän, görýän zatlaryňy gözünde ýazgy etmäge, ysy «ýazmaga», «geçirmäge» şert döreýär. Ganyň düzümindäki adrenaliniň, endorfiniň sazlaşygyny dolandyrmak bilen bioçipler adamlara duýgy-emosiýalary, keýpiçag-lygy geçirmäge mümkinçilik berýär.

Nanotehnologiýanyň döredýän berk *gurluşyk materiallaryny* ulanyp, seýsmiki hadysalara durnukly köpgatly ýollary, beýikligi kilometrlere barabar äpet binalary has ýokary hilli gurmak bolýar.

Ylym islegiňe görä dürri maddalary döretmäge mümkinçilik berýär, meselem, adatkylardan has berk, örän ýeňil, sowuga, ýangyna durnukly, göwrümini üýtget-meýän maddalaryň döredilmegi täze gurluşyk mümkinçiliklerini açýar. Binalaryň reňkini hem maksatnamalar esasynda sazlap, üýtgedip, gerek bolsa, onuň käbir böleklerine göze görünmez ýaly öwürşginleri berip bolýar. Agajyň daşkömre öwürül-megi üçin tebigy şertlerde millionlarça ýyl gerek bolýan bolsa, nanotehnologlar ony

üç günün içinde amala aşyryp bilýärler, edil şeýle depgini gurluşyk materiallaryny taýýarlamakda, öndürmekde hem gazanmak mümkin.

Nanomateriallaryň gurluşykda ulanylmagy, binanyň birnäçe howplardan goraglylygyny gazanmaga ýardam edýär, hatda biosensorlar ujypsyzja bakteriologik howplary hem duýdurýar. Biometrik ulgamlaryň ulanylmagy ýokary goraglylygy üpjün edýär. Nanotehnologiýalary ulanmak bilen gurlan binalar häzirki zaman binalaryndan baş esse köp dowamlylykda ulanylýar. Öýler ýaşajyklaryň islegleri boýunça gurlup, olara tomusda salkynlyk we gysda ýylylygy üpjün edýärler.

*Oba hojalygynda-da* maksadalaýyk özgertmeleri ornaşdyrmagyň mümkinçilikleri uly, meselem, gara reňkiň Gün şöhlesini özüne köp siňdirýändigini nazara alyp, çalt öser ýaly, ösümlik ýapraklarynyň ýaşyl reňkini gara reňke üýtgedip synag etdiler. Şeýle synaglary geçirmegiň oňlanylýan ugurlary başga-da köp, olaryň halk hojalygyna ähmiýetlileriniň saýlanylmagy, öwrenilmegi geljegi uly tejribeleri ýüze çykarýar.

*Maşyngurluşygynda* uly göwrümlü tehnika robotlar ýeňil dolandyrylýan gurluşlara çalyşýar. Olar atomlar we molekulalar derejesinde islendik mehanizmleri döredip bilýärler. Bu maşynlary döretmek üçin sürtülmäni azaltmaga ukyply detallary zaýalanmakdan goraýan, energiýany tygşytlaýan täze nanomateriallar ulanylýar.

*Robotlar tehnika*sy döräp başlady. Ýeterlik mukdarda energiýa goýlanda aýlanma momentini döretmäge ukyply nanoölçegli sintetik hereketlendirijiler – *molekulýar rotorlar* döredilýär.

Nanomateriallardan ýasalan we molekulanyň ölçegine barabar ölçegli, maglumaty gaýtadan işleýän we geçirýän programmalary ýerine ýetirýän funksiýalary bolan *nanorobotlar* ýasalýar. Özüniň nusgasyny (kopiýasyny) döretmäge, ýagny öz-özünü döretmäge ukyply nanorobotlara *replikatorlar* diýilýär. Nanorobotlary döretmegiň mümkindigi barada amerikan alymy Erik Dreksler özüniň ýokarda agzalan «*Döretme maşynlary*» (1986 ý.) atly kitabynda beýan etdi.

2006-njy ýyldan başlap *Robo Cup taslamasynyň* (robotlaryň arasynda futbol boýunça çempionat) çäklerinde, taraplary 2,5 mm kwadrat görnüşli oýun meýdançasy bolan we oýunçysynyň iň uly ölçegi 300 mkm bilen çäklenen «*Nanogram Competition*» ugry döredildi.

*Nokia Morph* – nanotehnologiýa materiallaryny ulanmaklygyň esasynda *Nokianyň we Kembrij uniwersitetiniň ylmy-barlag bölümleriniň* bilelikde döreden geljegiň öýjükli telefonynyň *taslamasy* döredildi.

Nanomateriallardan taýýarlanan süzgüçler suwy, howany arassalamakda, nanoenjamlar galyndylary gaýtadan işlemekde ulanylýar. Hatda bu ylmyň gazananlary topragyň radiasiýa, himiýa zäherlenmelerini arassalamaga-da ukyply.

Barmaklaryň yzlaryny, gözün perdesini, deri astyndaky gan damarlaryň şekilini saýgarýan, tanaýan gurluşlar giňden ýaýbaňlanýar. Şeýle-de resminamalaryň, puluň galplaşdyrylmagyna garşy göreşde nanotehnologiýalar netijelidir.



Egin-eşikleriň maksatnamalar bilen üpjün edilen görnüşde öndürilmegi hem örän täsin, ýagny olaryň gurluşyny, ölçegini geregiňçe üýtgedip bolýar.

2005-nji ýylyň 9-njy fewralynda *Boston uniwersitetiniň barlaghanasynda* (ABŞ) ölçegi 1 *mkm* bolan *antenna – ossilýator* alyndy. Bu gurluş özünde 5000 million atomlary saklaýar we örän uly maglumaty geçirmäge mümkinçilik berýän 1,49 *gigagers* ýygylk bilen ossillirlenip bilýär.

Russiýada eýýäm bazar ykdysadyýetinde isleg bildirilýän nanoönümler: nanomembranalar, nanoporoşoklar, nanoturbalar öndürilýär.

Nanotehnologiýalar pudagyna Ýewropa Bileleşiginiň ýurtlary, Ýaponiýa, ABŞ, Russiýa, Hytaý, Braziliýa we Hindistan örän uly maýa goýumlaryny goýýarlar.

Nanotehnologiýa ylmyň dürli ugurlary bilen berk baglanyşykly bolup, bu ugurda gazanylanlar ylmy tehnologiýanyň umumy ösüşine täsir edýär. Şundan ugur alnyp, nanotehnologiýany ösdürmäge aýratyn ähmiýet berýärler, onuň ylmy-barlag enjamlaryny barha kämilleşdirýärler.

Nanotehnologiýanyň şu günki ösüş derejesine göz aýlasak, köp zatlar nazaryýetde öwrenilmeginde galýar. Nanotehnologiýanyň önünde täze eýelenmeli sepgitler hem örän uly, nanoderejedäki barlaglary *piko* ( $10^{-12}$ ), *femto* ( $10^{-15}$ ), *atto* ( $10^{-18}$ ) *derejelerde*, has kiçi ölçeglerde geçirmek bu ylmyň ösüşine has-da uly itergi berer. Ol durmuşymyza köptaraplaýyn aralaşýar, emma garaşylmadyk netijeleriň ýüze çykmaklygy, önümçilik, senagat maksatly usullaryň howpsuzlygy hem-de ygtybarlylygy dogrusynda alymlaryň önünde durýan wezipeler hem entek ýeterlik.

### 30.2. Mikrofizika

Materiýanyň gurluşy baradaky sorag «*baky*» soragdyr. Emma bu gün oňa jogap bermek örän kyn. Ylym özüniň ösüşinde şeýle bir öňe gitdi, hatda häzirki zaman mikrofizikasy hünärmenlere (ilkinji nobatda, fizika mugallymlaryny göz önüne tutýarys) hem düşnüksiz bolup başlady. Bilim onuň öňdebaryjy çäklerinden yza galýar. Şeýle ýagdaýyň öň hem birnäçe gezek bolandygyna fizikanyň taryhy şaýatlyk edýär. Ylymda özgeriş bolan döwürler üçin şeýle ýagdaý häsiýetlidir. Häzir mikrofizikada hut şeýle ýagdaý döredi. Meselem, 2012-nji ýylda tejribede açylan *higgs bölejigi* materiýanyň gurluşy baradaky garaýyşlarymyzy düýbünden üýtgetmegi mümkin. Edil şeýle ýagdaý kwant mehanikasynyň ilki dörän ýyllarynda hem bolupdy. Bize nazary pikirleri beýan etmegiň kynlygy sebäpli, öz çagalarymyzy we agtyklarymyzy haýsy döwürde ýaşaýandyklaryny duýmak lezzetinden mahrum edip bilerismi? Gowusy, hatda mekdep okuwçylaryna-da düşnükli bolar ýaly, mikrofizikanyň çylşyrymly soraglaryna jogap tapmaga çalyşmak gerek.

Şunlukda, mikrodünýäniň birnäçe aýratynlyklaryny hasaba almak zerurdyr. *Birinjiden*, bu pudakda bolup geçýän prosesler barada gös-göni (ýagny duýgy organlarynyň kömegi bilen) maglumat almak mümkin däl (mikrobölejikleriň giňişlik ölçegleri  $10^{-18}$  –  $10^{-8}$  m). *Ikinjiden*, mikrodünýäniň bölejiklerine (elektronlara, pro-

tonlara, neýtronlara we ş.m.) tolkun, şeýle hem korpuskulýar häsiýetler mahsusdyr. Şoňa görä-de mikrodünýäniň häsiýetleri beýan edilende nusgawy fizikanyň däl-de, kwant fizikasynyň düşüňjelerini we prinsiplerini (*Geýzenbergiň kesgirsizlikler prinsipi, Boruň orbitalary kwantlama düzgüni* we ş.m.) ulanmaly. Üçünjiden, mikrodünýäniň kanunlary determinirlenen (kesgitli, şertlendirilen) däl-de, ähtimallaýyn häsiýete eýedirler. Mikrofizikanyň «*has möhüm we täsin*» häsiýetleri beýan edilende bu häsiýetleri nazara tutarys.

### 30.2.1. Elementar bölejikleriň häsiýetleri

*Fermionlar, bozonlar.* Biziň daş-töweregimizi gurşap alýan dünýä nämelerden ybarat? Ähli bölejikleriň düzümleri bolan iň ilkinji düýpli (fundamental) bölejikler haýsylar? Adamzadyň bütin taryhynyň dowamynda alymlar we filosoflar bu soraglara jogap bermäge synanyşdylar. Häzirki wagtda bu soraglara gutarnykly jogaplar ýok, emma alymlar tarapyndan köp işler edildi we käbir netijelere gelmek bolar.

1932-nji ýyla çenli dört sany düýpli bölejik: elektron, proton, neýtron şeýle hem elektromagnit özara täsiri alyp gidiji – *foton* bellidi. Bu bölejiklerden material dünýäniň bütewi suratyny gurmak bolar diýlip hasap edilýärdi. Ýadrony emele getirýän protonlar we neýtronlar elektronlar bilen bilelikde atomy emele getirýärler, atomlardan molekulalar düzülýär, olar bolsa biri-birleri bilen birleşip maddany emele getirýärler.

Dogry, fundamental bölejikleri gözlemek bilen baglanyşykly bolan ters sorag hem döreýär: maddany näçe ownuk böleklere bölmek bolar we bu barlaglar näçe energiýa ýitgileri talap edýär? Atomy ýadro we elektrona bölmek bolýar. Munuň üçin, takmynan, 10 *eW* energiýa gerek bolýar. Ýadrony bölmek üçin million esse köp, ýagny 10 *MeW* töweregi energiýany sarp etmek gerek. Gurluş näçe kiçi masştablarda öwrenilýän bolsa, bölejigi çäklendirmek üçin, şonça-da uly energiýa (*Geýzenbergiň kesgitsizlikler baglanyşygyna* laýyklykda) gerek bolýar.

Mikrofizikany käwagtlar *elementar bölejikleriň fizikasy* diýip hem atlandyryýarlar. Häzirki wagtda *elementar (fundamental) bölejikler* diýip bilimiň häzirki zaman derejesinde has ýönekeý bölejiklerinden ybarat bolmadyk bölejiklere aýdylýar.

1932-nji ýyldan bäri 400-den gowrak elementar bölejikler açyldy.

Ähli belli bölejikleri iki topara bölmeklik kabul edilendir:

*Fermionlar* – *spinleri ýarym bitine* ( $\hbar/2$ ;  $3\hbar/2$ ; ...) *deň bolan bölejikler*. Fermionlara, meselem, elektron  $e^-$ , proton  $p$ , neýtron  $n$ , elektron neýtrino  $\nu_e$  we başgalar degişlidir.

*Bozonlar* – *spini bitin sana* ( $0$ ;  $1\hbar$ ;  $2\hbar$ ; ...) *deň bolan bölejikler* (Maddanyň bölejikleriniň arasynda täsir edýän güýçleri geçiriji bölejikler). Bozonlara, meselem, foton  $\gamma$ ,  $\pi^-$  – mezon we başgalar degişlidir.

Fermionlaryň mümkin bolan energetiki hallar boýunça paýlanyşy *Pauliniň prinsipine* boýun egýär: *Şol bir energetiki halda spinleri garşylykly bolan iki bölejikden köp bölejik ýerleşip bilmeýär.*

Bozonlar üçin Pauliniň prinsipi ýerine ýetmeýär, şol sebäpli bir energetiki halda bozonlaryň islendik sany ýerleşip bilýär.

Eger bölejiklere *Pauliniň prinsipini* täsir etmeýän bolsady, onda kwarklar protonlary we neýtronlary emele getirip bilmezdiler, olar hem öz gezeginde, elektronlar bilen atomlary emele getirip bilmezdiler. 1928-nji ýylda P. Dirak fermionlary beýan edýän nazaryýeti döretdi. Bu nazaryýet kwant mehanikasy we ýörite görälik nazaryýeti bilen ylalaşýar. Bu nazaryýet näme üçin spini  $1/2$ -e deň bolan elektronyň doly bir aýlaw edip öňki ýagdaýyna gaýdyp gelmeýändigini we onuň diňe iki gezek aýlaw edip öňki ýagdaýyna gelýändigini düşündirdi. Bu nazaryýet *pozitronyň (antielektronyň)* bardygyny öňünden aýtdy.

*Antibölejik. Annigilýasiýa.* Her bir bölejige *antibölejik (garşy bölejik)* degişli. *Birdeň massasy we spini hem-de ýaşaýyş wagty, ýagny adaty bölejik ýaly, ýöne garşylykly zarýada we magnit momentine eýe bolan elementar bölejige antibölejik diýilýär.* Zarýadlanan bölejikler bolan ýagdaýynda zarýadlary hem, magnit momentleri hem garşylykly. Zarýady bolmadyk, bitarap bölejikler bolan ýagdaýynda, magnit momentiniň gapma-garşylygyna esaslanyp tapawutlanýarlar.

Ilkijni antibölejik 1932-nji ýylda amerikan fizigi we tejribeçisi Karl Deýwid Anderson (1905–1991 ý.) tарапыndan ýüze çykarylady (234-nji surat). *Wilsonyň kamerasynda* kosmos şöhleleriniň traýektoriasyny surata alyp, Anderson massasy elektronyň massasyna deň bolan bölejigiň yzyny ýüze çykardy (Bug bilen doldurylan *Wilsonyň kamerasynda* zarýadly bölejigiň uçup geçýän ýerinde bug kondensirlenýär we yz galdyrýar). Tejribäniň netijesi bu bölejigiň moduly boýunça elektronyň zarýadyna deň bolan položitel zarýada eýedigini görkezdi. Elektronyň antibölejigi (antielektron) *pozitron* diýlip atlandyryldy (latynça *positivus – položitel* diýmekdir) we  $e^+$  bilen belgilendi. Pozitrony açandygy üçin K.D. Anderson 1936-njy ýylda Nobel baýragyna mynasyp boldy.

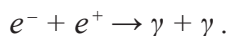


234-nji surat. Karl Deýwid Anderson

1947-nji ýylda antipion  $\pi^-$ , 1955-nji ýylda antiproton, 1956-njy ýylda antineýtron we beýlekiler açyldy. Otrisetel zarýadlanan ýadrolary we gabyklary pozitronlardan ybarat bolan antideýteriniň, antitritiniň we antigeliniň atomlary alyndy. *Antimadda antinuklonlardan we pozitronlardan ybarat bolan maddadyr.* Hakyky bitarap bölejik özüniň antibölejigi bilen gabat gelýän *fotondyr. Bölejik we antibölejik çaknyşanda olar ýok bolýarlar (annigilirlenýärler).*

*Elementar bölejigiň öz antibölejigi bilen özara täsir prosesine annigilýasiýa diýilýär, netijede, olar elektromagnit meýdanyň  $\gamma$  – kwantlaryna ýa-da beýleki bölejiklere öwürülýärler.*

Meselem, elektronyň we pozitronyň çaknyşmasynda iki bölejik hem ýok bolýar we iki  $\gamma$  - kwantlary (fotonlar) döreýär:



Bu reaksiýada impulsyň we energiýanyň saklanma kanunlarynyň birwagtda ýerine ýetmekleri üçin diňe bir sany  $\gamma$  – kwantyň emele gelmekligi mümkin däl.

Protonyň we antiprotonyň annigilýasiýasynda, termoyadro ýarylyşy bilen deňeşdirilende, 2000 esse köp energiýa bölünip çykýar. Düýpli (fundamental) bölejikler özara öwürülşiklidirler – olar ýok bolup hem bilýärler, şeýle-de dörap hem bilýärler.

*Jübütleriň emele gelmekleri annigilýasiýa ters bolan prosesdir.* Elektron-pozitron jübütleriniň emele gelmekligi, meselem,  $\gamma$  – kwantyň maddanyň atom ýadrosy bilen özara täsirinde bolup geçýär. Garşylykly alamatly zaryadly bölejikleriň birwagtda emele gelmekleri, aşakdaky reaksiýa üçin zaryadyň saklanma kanunynyň ýerine ýetýändigine şaýatlyk edýär:  $\gamma \rightarrow e^- + e^+$ . Bu reaksiýada elektrik taýdan bitarap kwant, umumy zaryadlary nola deň bolan bölejiklere öwürülýär. Şunlukda,  $\gamma$  – kwant ýok bolýar, onuň ähli energiýasy täze emele gelen bölejikleriň dynçlyk energiýalaryna öwürülýär, galan energiýasy bu bölejiklere kinetiki energiýa görnüşinde berilýär:

$$E_\gamma = m_{e^-}c^2 + m_{e^+}c^2 + E_{e^-} + E_{e^+}.$$

Elektronyň we pozitronyň her haýsysynyň dynçlyk energiýalarynyň  $0,511 \text{ MeV}$  deňdigi sebäpli, jübütleriň emele gelmek prosesi diňe  $\gamma$  – kwantlaryň energiýalary  $1,022 \text{ MeV}$ -den uly bolan ýagdaýynda mümkindir.

$$E_{\min} = 2m_e c^2 = 2(9,1 \cdot 10^{-31}) \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 1,64 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 1,02 \text{ MeV}.$$

Pozitron, edil elektron ýaly, durnukly bölejikdir.

Elementar bölejikleri adatça *dört topara (fotonlar, leptonlar, adronlar, ka-librowka bozonlary)* bölýärler. Bu toparlardan başga-da, bölejikleriň ýene-de bir toparynyň – *grawitonlaryň* (grawitasiýa meýdanyň kwantlary) bardygy barada çaklaýarlar. Häzirlikçe bu bölejikler tejribede tapylmady.

Elementar bölejikleriň bu dört toparyna gysgaça häsiýetnama bereliň.

*Fotonlar.* Fotonlar elektromagnit meýdanyň  $\gamma$  – kwantlary, massasy nola we spini bitin  $\hbar$ -a deň ( $s = 1 \hbar$ ) bolan bölejik bolmak bilen, ol diňe elektromagnit özara täsire gatnaşýar. *Foton adalgasy* 1926-njy ýylda amerikaly himik Gilbert Lýuis (1875–1946 ý.) tarapyndan girizildi.

*Leptonlar*: Massalary bar bolan ähli bölejikler biri-birleri bilen grawitasiýa özara täsirleşmede bolýarlar. Güýçli özara täsire gatnaşygy boýunça ähli elementar bölejikler iki sany uly topara bölünýärler: *adronlara* (*hadros* grek sözi bolup, *uly*, *güýçli* diýmekdir) we *leptonlara* (*leptos* grek sözi bolup, *ýeňil* diýmekdir). *Adronlar güýçli özara täsire gatnaşýan elementar bölejiklerdir. Leptonlar güýçli özara täsire gatnaşmaýan fundamental bölejiklerdir.*

Leptonlara 12 bölejik (6 bölejik we 6 antibölejik) degişlidir (*1-nji tablisa*).

1-nji tablisa

Leptonlar we olaryň häsiýetnamalary

Dublet	Ady	Belgisi		Massasy		Lepton zaryady	Ýaşayş wagty, s
		Bölejikler	Anti-bölejikler	$m_e$	$MeW$		
I	Elektron	$e^-$	$e^+$	1	0,511	$\pm 1$	Durnukly
	Elektron neýtrino	$\nu_e$	$\tilde{\nu}_e$	0	0 ( $\langle 1,0 \cdot 10^{-5}$ )	$\pm 1$	Durnukly
II	Mýuon	$\mu^-$	$\mu^+$	207	105,66	$\pm 1$	$2,2 \cdot 10^{-6}$
	Mýuon neýtrino	$\nu_\mu$	$\tilde{\nu}_\mu$	0	0 ( $\langle 0,17$ )	$\pm 1$	Durnukly
III	Taon	$\tau^+$	$\tau^-$	3492	1777	$\pm 1$	$10^{-13}$
	Taon neýtrino	$\nu_\tau$	$\tilde{\nu}_\tau$	0	0 ( $\langle 0,24$ )	$\pm 1$	Durnukly

Ähli leptonlar fermionlardyr – olar ýarymbitin  $\hbar/2$  spine eýedirler. Leptonlaryň gowşak özara täsir reaksiýalaryna lepton – neýtrin dubletleri gatnaşýarlar. Reaksiýalarda degişli neýtrino elmydama kesgitli lepton bilen bilelikde döreýär. Leptonlaryň görnüşlerini tapawutlandyrmak üçin *L lepton zaryady* – *kwant sany* girizilýär. Leptonlar üçin  $L = 1$ , antileptonlar üçin  $L = -1$ , adronlar üçin  $L = 0$ .

*Mýuon* 1936-njy ýylda kosmos şöhlelerinde açyldy (bir minutda Ýeriň  $1\text{ sm}^2$  üstüne 1 mýuon düşýär). Mýuon özüniň häsiýetleri boýunça agyr elektrona meňzeş. Mýuonyň massasy elektronyň massasyndan 207 esse uludyr.

1975-nji ýylda in agyr otrisatel zaryadlanan lepton – *taon*  $\tau^-$  açyldy. Taon elektrondan 3492 esse we protondan 2 esse agyrdyr.

*Adronlar*: Häzirki wagtda adronlar toparyna güýçli özara täsirlere gatnaşýan 300-e golaý elementar bölejikler (olaryň antibölejiklerini hem hasap etsek) degişlidir. Spininiň bahasyna baglylykda adronlar iki topara bölünýärler (*2-nji tablisa*): *mezonlara* (*mezo* gerk sözi bolup, *orta* diýmekdir) we *barionlara* (*barys* grek sözi bolup, *agyr* diýmekdir).



*Mezonlar* durnuksyz, spini nola deň bolan bölejiklerdir. Olaryň ählisi bozonlardyr. Mezonlaryň barion we lepton zaryadlary nola deňdir. Mezonlar güýçli özara täsire gatnaşýarlar.

*Barionlar* ýarymbitin  $\hbar/2$  spine eýedirler, ýagny olar fermionlardyr we güýçli özara täsire gatnaşýarlar.

Barionlaryň toparynda spini  $s = 1/2$  bolan *nuklonlary* ( $p, n$ ), antinuklonlary ( $\bar{p}, \bar{n}$ ) we spinleri  $s = 1/2, 3/2$  bolan *giperonlary* tapawutlandyryýarlar. Durnukly bölejik bolan protondan (onuň ýaşaýyş wagty  $10^{31}$  ýyldan geçýär) beýleki ähli barionlar durnuksyzdyrlar. Adronlaryň has çalt dargamasy ( $10^{-23} s$  wagtyň dowamynda) güýçli özara täsir netijesinde bolup geçýär, haýal dargamasy ( $10^{-20} s$ ) elektromagnit we has haýal dargamasy ( $1 ns$ ) gowşak özara täsirde bolup geçýär.

2-nji tablisa

### Adronlaryň görnüşleri

Adronlar		
Mezonlar	Barionlar	
$(s = 0, 1)$ $\pi^0, \pi^+, \pi^-$ , $K^+, K^-, K^0, \tilde{K}^0, D^+, D^-$ , $D^0, \tilde{D}^0, F, \tilde{F}^0, \eta^0$ we beýleki mezon rezonanslary	<b>Nuklonlar</b> $(s = 1/2)$ $p, \tilde{p}, n, \tilde{n}$	<b>Giperonlar</b> ( $s = 1/2, 3/2$ ) $\Lambda^0, \tilde{\Lambda}^0, \Sigma^+, \Sigma^-, \Sigma^0, \tilde{\Sigma}^0$ , $\Xi^0, \tilde{\Xi}^0, \Xi^-, \Xi^+, \Omega^-, \Omega^+$ we beýleki barion rezonanslary

*Kalibrowka bozonlary*. 1956-njy ýylda amerikaly fizik Julian Şwinger gowşak özara täsiri äkidiji bölejik bolup, iki sany zaryadlanan, aralyk wektor bozonlary  $W^+$  we  $W^-$  (*weak* inlis sözi bolup, *gowşak* diýmekdir) hyzmat edýärler diýlen çaklamany hödürledi. 1961-nji ýylda amerikaly alym Şeldon Gleşou şeýle äkidiji bölejik bolup, bitarap  $Z^0$ –bozonyň hem bolup biljekdigini çaklady. Aralyk bozonlaryň masalary 1983-nji ýylda Karlo Rubbia we Simon Wan der Meýeranyň ýolbaşçylygynyda Ýewropa alymlarynyň topary tarapyndan kesgitlendi. Bu bozonlaryň massalary şu aşakdaky baha eýedir:

$$m_W = 80,4 \text{ GeV we } m_Z = 91,2 \text{ GeV.}$$

Şeýlelikde, *kalibrowka bozonlary* – fundamental fermionlaryň (kwarklaryň we leptonlaryň) arasynda özara täsiri amala aşyryjy bölejiklerdir. Bu bölejiklere  $W^+$ ,  $W^-$ ,  $Z^0$  we sekiz glýuon degişlidirler. Bu topara  $\gamma$  - fotony hem degişli etmek bolar.

*Grawitonlaryň* spinleri 2-ä deň bolmaly. Grawitasiýanyň nazaryýeti häzirki wagta çenli dördilmedi we grawitonlary tejribede kesgitlemek başarmady.

### 30.2.2. Kwarklar we glýuonlar

*Kwarklar*. 1964-nji ýylda amerikan fizik-nazaryýetçileri Marri Gel-Man (1929-nji ýylda doglan) (235-nji surat) we Jorj Sweýg (1937-nji ýylda doglan)

(236-njy surat) biri-birine baglanyşyksyz, adronlaryň leptonlar bilen deňeşdirilende massalarynyň uludygyndan ugur alyp, adronlar (proton, neýtron, giperon, mezon) düzümleri böljeleklerinden ybarat bolmalydyrlar diýlen çaklama geldiler. Hususan-da, olaryň çaklamasyna görä, nuklonlar (protonlar we neýtronlar) kwarklar diýlip atlandyrylan üç sany fundamental elektrik zaryadlanan böljeleklerden ybarat.

Kwarklaryň bardygyny uly energiýaly böljelekleriň pytramagynda ýüze çykarmak bolýar.

Nuklonlaryň kwark gurluşy 1968-nj ýylda ABŞ-nyň Stenford şäherinde tejribede tassyklandy. Bu ýerde energiýasy 20 GeV bolan elektronlaryň protonlarda we neýtronlarda pytramasy öwrenildi. Rezerfordyň tejribesinde alfa böljelekleriň pytramasy boýunça atomyň merkezinde atom ýadrosynyň ýüze çykarylyşyna meňzeşlikde, Stenford tejribesinde nuklonda elektrik zaryadynyň giňişlik boýunça paýlanyşy ýüze çykaryldy. Pytraýan elektronlaryň energiýasy 50 GeV-e çenli artdyrylanda nuklonlarda üç sany nokatlanç zaryadlaryň bardygy kesgitlendi. Nuklonyň içinde erkin hereket edýän bu böljelekler «bulguryň içinde uçup ýören üç sany ary ýaly», kwarklardy. Olaryň zaryadlary hem položitel, hem otrisatel bolup bilýärler.

Kwarklaryň beýleki böljeleklerde duş gelmeýän häsiýetli aýratynlygy drob elektrik zaryadynyň barlygydyr. Zaryady  $(+2/3)e$  bolan kwarky  $u$  – kwark (*up* iňlis sözi bolup, *ýokary* diýmekdir), zaryady  $(-1/3)e$  bolan kwarky  $d$  – kwark (*down* iňlis sözi bolup, *aşak* diýmekdir) we zaryady  $(-1/3)e$  bolan kwarky  $s$  kwark (*strange* iňlis sözi bolup *täsin* diýmekdir) diýip atlandyrdylar.

1970-nji ýylda Ioannis (Jon) Iliopoulos (1940-njy ýylda doglan) – grek fizigi, Şeldon Li Gleşou (1932-njy ýylda doglan) – amerikan fizigi we Luçano Maýani (1940-njy ýylda doglan) – italýan fizigi eýjejik böljelekleriň we eýjejik kwarkyň bardygyny öňünden aýtdylar.

1974-nji ýylda biri-birine baglanyşyksyz, iki tejribehanada: Brukheýwendäki (ABŞ) proton tizlendirijide *Be* ýadrolary protonlar bilan bombalananda we Stenforddaky (ABŞ) garşylykly elektron-pozitron desselerini tizlendirijide, örän uly massaly böljejik açyldy. Birinji topar (ylmy ýolbaşçysy Berton Rihter (1931-nji ýylda doglan) – amerikan fizigi) bu täze böljejigi  $J$  (*jeý*) mezon, beýleki topar (ylmy ýolbaşçysy Semýuel Çzaoçžun Ting (1936-njy ýylda doglan) – hytaýly amerikan fizigi) bu böljejigi  $\Psi$  (*psi*) mezon diýip atlandyrdylar. Şoňra bu böljejigi  $J/\Psi$  (*jeý-psi*) böljejigi diýip atlandyrdylar. Gizlin *çarmoniyasy* (*charmed* iňlis sözi bolup, *eýjejik*,



235-nji surat.  
Marri Gel-Man



236-njy surat.  
Jorj Sweýg

*owadan* diýmekligi aňladýar) bolan bu bölejik  $c$  eýjejik kwarkdan we onuň antibölejigidinden ybarat. Bu kwarkyň eýjejik  $c$  kwant sany  $1-e$  deňdir. Bu  $c$  kwant sana *şarm* ýa-da *çarm* hem diýýärler. Beýleki kwarklar üçin  $c = 0$ .

1976-njy ýylda Berton Rihter we Semýuel Çzaoçzun Ting «*täze görnüşli agyr elementar bölejigi açandyklary*» üçin Nobel baýragy bilen sylaglandylar.

$b$  we  $t$  kwarklary saklaýan kwarklaryň üçünji nesliniň bardygy 1973-nji ýylda Makoto Kobaýasi we Tosihide Maskawa tarapyndan  $CP$  simmetriýanyň bozulma hadysasy düşündirilende öňünden aýdylypdy. Olaryň bu öňünden aýtmagy 1977-nji ýylda Fermi barlaghanasynda (ABŞ) tejribede (ylmy ýolbaşçysy Leon Maks Liderman (1922-nji ýylda doglan) – amerikan fizigi, fizika boýunça Nobel baýragynyň eýesi (1988 ý.)) tassyklandy. Bu tejribede  $b$ -kwarkdan we  $\bar{b}$ -antikwarkdan emele gelen  $Y$  (*ipson*) bölejik (hakyky bitarap bölejik) açyldy.  $b$  kwark *beauty* iňlis sözi bolup, *gözel, görmegeý* diýmekligi aňladýar.  $b$  kwarky *bottom kwark* diýip hem atlandyryrlar.

$t$  kwarky (hakyky kwark, top-kwark diýip hem atlandyryrlar) gözlemeklik 20 ýyl töweregi dowam etdi.  $t$  kwark (*truth* iňlis sözi bolup, *hakyky* diýmekdir) 1995-nji ýylda Fermi barlaghanasynda (ABŞ) Tawatron kollaýderinde (*LHC*) geçirilen tejribelerde açyldy, massasy  $174 \text{ GeV}$ .

Standart model tarapyndan köp häsiýetleri öňünden aýdylan  $t$  kwarkyň açylmaklygy kwarklaryň bardygyny gutarnykly tassyklady.

Häzirki döwürde kwarklaryň 6 görnüşi ( $u, d, s, c, b, t$ ) (köplenç «*aromatlary*», «*yslary*» diýlip hem aýdylýar) belli.  $1-nji$  tablisada kwarklaryň kwant sanlary getirilen.

Kwark çaklamasy iki sany meseläni döretdi. *Birinjiden*, drob elektrik zarýadly bölejikleri, ýagny kwarklary erkin halda ýüze çykarmak boýunça synanyşyklar şowsuz boldy. Diňe XX asyryň 80-nji ýyllarynyň ahyrynda *DESY*-da (*Germaniýa*), *Fermi barlaghanasynda* (ABŞ) we *Ýadro barlaglarynyň Ýewropa Merkezinde* (*CERN*) geçirilen tejribelerdäki hadysalarda kwarklaryň bardygy ýüzleý tassyklandy. Bu tejribeleri Jerom Aýzek Fridman (1930-njy ýylda doglan), Genri Ueý Kendall (1926–1999 ý.) we Riçard Edward Teýlor (1929-njy ýylda doglan) geçirdiler we munuň üçin olar 1990-njy ýylda Nobel baýragyna mynasyp boldular. Tejribäniň netijeleri içgin öwrenilenden soň tapylan bölejikleri toparlara bölmek başartdy.

Häzirki wagtda ähli kwarklar ýüze çykaryldy we olaryň barlygyna hiç kim sübhelenmeýär. Kwarklaryň özleri nämeden düzülen? Golaýda materiýanyň gurluşynyň indiki gurluş derejesiniň bölejigi – *protokwarklar* (*preonlar* we *ş.m.*) baradaky çaklama aýdyldy. Emma maddanyň böleklere bölünmek hadysasy kwarklarda saklanýan bolmagy mümkin.

*Ikinjiden*, bu çaklamadan *Pauli prinsipi* tarapyndan gadagan edilen hallaryň bolmak mümkinçiligi gelip çykýar. Meselem, üç sany birmeňzeş kwark şol bir kwant halda, spinleri parallel halda bolup bilýärler. Kwark çaklamasyny «*halas*» etmek üçin aýratyn häsiýet, kwarklaryň *reňk* erkinlik derejesi (*reňk kwant zarýady*)

girizildi. Meselem,  $\Omega^-$  – giperonda  $s$  kwarklaryň üçüsi hem bir kwant halda bolup bilýärler. Fermionlar üçin zerur bolan tapawutlylyk (bu ýagdaýda  $s$  kwarklar üçin) üç reňk girizmek bilen alyndy.

1-nji tablisa

Kwarklaryň kwant sanlary

Kwarklaryň häsiýetleri						
Häsiýetler	Kwarklaryň görnüşleri (aromatlary)					
	<i>u</i>	<i>d</i>	<i>s</i>	<i>c</i>	<i>b</i>	<i>t</i>
Elektrik zarýady <i>Q</i>	+2/3	−1/3	−1/3	+2/3	−1/3	+2/3
Barion zarýady <i>B</i>	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3
Spini <i>J</i>	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
Jübütligi <i>P</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1
Izospini <i>I</i>	1/2	1/2	0	0	0	0
Izospiniň proyeksiýasy <i>I</i> <sub>3</sub>	+1/2	−1/2	0	0	0	0
Charm <i>c</i>	0	0	0	+1	0	0
Täsinligi <i>s</i>	0	0	−1	0	0	0
Bottomness <i>b</i>	0	0	0	0	+1	0
Topness <i>t</i>	0	0	0	0	0	+1
Adronyň düzümin-däki massasy, <i>GeV</i>	0,33	0,33	0,51	1,8	5	174
«Erkin» kwarkyň massasy, <i>MeV</i>	2,3	4,8	95	1,3 · 10 <sup>3</sup>	(4,2–4,7) · 10 <sup>3</sup>	174 · 10 <sup>3</sup>

Kwarklaryň reňke eýe bolýandyklary baradaky çaklama ilkinji gezek 1965-nji ýylda biri-birlerine baglanyşyksyz N.Bogolýubow, B.Struminskiý, A.Tawhelidze we M.Han, Ý.Nambu tarapyndan aýdyldy we soňra köpsanly tejribelerde tas-syklandy.

Çaklama görä kwarklaryň her görnüşi (*aromaty*) *gyzyl, ýaşyl we gök reňk zarýada eýedir*. Meselem, *u* kwark üç sany reňk zarýadyna eýedir: ýa gyzyl, ýa ýaşyl, ýa-da gök. Hakykatda, kwarklar reňke eýe dälidirler. Onuň adaty reňk bilen hiç hili gatnaşygy ýok, ol amatlylyk üçin şeýle atlandyryldy. Ýöne reňk bilen ba-glanyşykly bu amatly meňzeşlik, çylşyrymly düşüňjeleri aňsat ýatda saklamaklyga we ulanyp bilmeklige mümkinçilik berýär.

Her kwarka gapma-garşylykly kwant sanlary bolan antikwarklar degişlidir. Antikwarklar reňki bitaraplaşdyrýan antireňke eýedirler: antigyzyl, antiýaşyl, anti-gök. Esasy reňkleri (gyzyl, ýaşyl, gök) položitel elektrik zarýadyna, antireňkleri – otrisatel zarýada meňzetmek bolar.

Ähli adronlar reňk taýdan bitarapdyrlar (neýtronyň elektrik taýdan bitarap bolşy ýaly). Ähli reňkler deň mukdarda getirilendir: gyzyl, ýaşyl we gök reňkleriň

zerur mukdarlary garylada, göz ýagtylygy ak ýagtylyk ýaly kabul edýär. Şeýlelikde, häzirki wagtda kwarklaryň we antikwarklaryň doly sany (üç reňkleri we alty ysy hasaba alyp) 36-*a* ýetdi.

Adronlardaky kwarklaryň reňkleri, adronyň orta reňki nol bolmaly ýagdaýynda saýlanyp alynmalydyr (ýagny adron «*reňksiz*» bolmalydyr). Proton *uud* kwarkdan, neýtron bolsa *udd* kwarklardan ybaratdyr (2-*nji* tablisa). Meselem, protonyň düzümine üç kwark girýär, ýagny *u* (gyzyl), *u* (yaşyl) we *d* (gök) kwarklar.

2-*nji* tablisa

### Barionlaryň we mezonlaryň düzümi

Bölejik	Düzümi	Elektrik zarýady, $q$	Barion zarýady, $B$	Kwarklaryň spinleriniň özara ugrukmasy	Bölejigiň spini
$p$	$uud$	+1	+1	$\uparrow\downarrow\uparrow$	1/2
$n$	$uud$	0	+1	$\uparrow\downarrow\uparrow$	1/2
$\pi^+$	$u\bar{d}$	+1	0	$\uparrow\downarrow$	0
$\pi^-$	$\bar{u}d$	-1	0	$\downarrow\uparrow$	0

Mezonlar bozonlar bolup, bitin spine eýedirler. Bu bolsa mezon ýarymbitin-spine eýe bolýan iki kwarklardan düzülendir diýmekligi aňladýar. Mezonyň reňk taýdan bitarap we bitin bahaly zarýada eýe bolmaklygy üçin ol kwarkdan we antikwarkdan ybarat bolmalydyr (2-*nji* tablisa).

Häzirki döwre çenli näbelli sebäplere görä kwarklar tebigy görnüşde üç sany nesli emele getirýärler (3-*nji* tablisa). Kwarklar drob elektrik zarýadyna eýedirler, her bir nesilde bir kwark +2/3 zarýada, beýlekisi -1/3 zarýada eýedir. Eger Higgs meýdany bolmadyk bolsa, bir nesliň kwarklary biri-birinden tapawutlanmazdylar.

3-*nji* tablisa

### Fundamental fermionlar

Bölejikler		Nesiller			Elektrik zarýady
		birinji	ikinji	üçünji	
Kwarklar	ýokarkylar	$u$ (2,3±0,7) MeW 1964 ý.	$c$ 1,36 GeW 1974 ý.	$t$ 174 MeW 1995 ý.	+2/3
	aşakylar	$d$ (4,8±0,5) MeW 1964 ý.	$s$ (95±5) MeW 1964 ý.	$b$ (4,2 – 4,7) GeW 1977 ý.	-1/3
Leptonlar	neýtrino	$\nu_e < 10 eW$ 1956 ý.	$\nu_\mu < 170 keW$ 1962 ý.	$\nu_\tau < 24 MeW$ 1975 ý.	0
	zarýadlanan	$e$ 0,51 MeW 1897 ý.	$\mu$ 105,7 MeW 1937 ý., 1947 ý.	$\tau$ 174 GeW 1975 ý.	1



Nesillere bölünmeklik leptonlara hem degişlidir. 3-nji tablisada häzirki wagtda tejribelerde açylan elementar bölejikler – 12 sany elementar fermionlar (spinleri  $S = 1/2$ ) we 4-nji tablisada 4 sany wektor bozonlar (spinleri  $S = 0$ ) getirilen (bu bölejikleriň antibölejikleri hem bolmaly).

4-nji tablisa

### Wektor bozonlary

Ady	Belligi	Massasy	Açylan ýyly
Foton	$\gamma$	$<10^{-15} \text{ eW}$	1926
Glýuon	$G$	0	1973
Bitarap gowşak bozon	$Z^0$	$91,2 \text{ GeW}$	1983
Zarýadlanan gowşak bozonlar	$W^+, W^-$	$80,4 \text{ GeW}$	1983
Grawiton	–	–	–

3-nji we 4-nji tablisalarda bölejikleriň massalary (neýtrino we foton üçin mas-sanyň ýokary çägi) we bu bölejikleriň tejribede açylan ýyllary getirilen.

Elementar fermionlar – üç nesle birleşdirilen kwarklaryň 6 görnüşidir («aromatlarydyr»). Älemimiz 48 sany fundamental bölejiklerden ybaratdyr. Kwarklaryň we leptonlaryň degişli jübütleri fundamental bölejikleriň üç neslini emele getirýärler (3-nji tablisa). Daş-töweregimizdäki dünýä we şol sanda özümiz hem kwarklaryň birinji neslinden, ýagny iki durnukly leptonlardan (elektrondan we neýtrinodan) we iki kwarklardan ( $u$  we  $d$ ) ybaratdyrys. Meselem, agramy  $55 \text{ kg}$  bolan adamda  $7,0 \cdot 10^{28}$  sany  $u$  – kwark,  $6,5 \cdot 10^{28}$  sany  $d$  – kwark,  $2,5 \cdot 10^{28}$  sany elektron bardyr.

Has ýokary temperaturalarda we uly energiýalarda gyzygyn Älemiň döremekliginiň has irki döwürlerinde doglan durnukly däl bölejikleriň ikinji we üçünji nesil-leri hem bardyr. Häzirki wagtda şeýle bölejikler zarýadlanan bölejikleri tizlendirýän güýçli tizlendirijilerde, güýçli we gowşak özara täsirleriň netijesinde döreýärler. Ýönekeý nazary modellere görä kwarklaryň ikinji we üçünji nesilleri bolmasa,  $CP$  – *invariantlygyň* bozulmagy bolmaz ( $C$  – bölejigi antibölejik bilen çalyşmak;  $P$  – çep we sag orunlar çalşandaky zerkal serpikme). Bu bolsa bize Älemiň *assimetriýasyny* (*Antidünýäniň* bardygyny) düşündirmäge mümkinçilik bermez.

Ylmy-populýar edebiýatlarda *fundamental fermionlar* (3-nji tablisa) dünýäniň «kerpiçleri», *wektor bozonlary* (4-nji tablisa) bolsa fundamental özara täsirleri äkidiji bölejikler, ýagny bu «kerpiçleri» birikdirýän käbir «ýelim» hasaplaýarlar.

Erkin kwarklary, ýagny elektrik zarýady  $(+2/3)e$  we  $(-1/3)e$  bolan bölejikleri gözlemeklik iki sany esasy ugur boýunça alnyp barylýdy:

- Ýokary energiýaly bölejikler çaknyşanlarynda döreýän kwarklary gözlemek;
- Adaty maddalardaky durnukly kwarklary gözlemek.

Emma geçirilýän tejribeleriň takyklygynyň artýandygyna garamazdan, erkin kwarklary tapmaklyk başartmady. Kosmos şöhleleriniň derňewi hem netije bermedi.

Drob zarýadlary bolan durnukly bölejikleri gözlemek üçin dürli usullary we dürli maddalary: meteoritleri, Aýdan getirilen maddalary, ummanlaryň düýbünde ýatan maddalary we ş.m. ulandylar. Käbir tejribelerde kwarklar diýlip hasap edilýän nusgalar elektrik meýdanlary bilen baýlaşdyryldy. Bu tejribeleriň esasynda maddadaky erkin kwarklaryň mümkin bolan mukdarynyň ýokarky çägi alyndy (meselem, deňiz suwunda bir nuklona degişli bolan kwarklaryň  $10^{-24}$  sanyndan kiçi).

Diňe bir tejribede, elektronyň zarýadyny kesgitlemek boýunça *Millikeniň tejribesine* meňzeş, ýöne ýag damjasynyň ýerine niobiden ýasalan şar ulanylan tejribede, alymlar drob zarýadlarynyň alnandygyny belleýärler. Olaryň pikiriçe bu zarýadlaryň konsentrasiýasy niobiniň bir nuklonyna degişli kwarklaryň sanyna ( $10^{-20}$ ) deň. Bu netijäni tassyklaýan başga maglumatlaryň ýoklugy üçin fizikler bu netijä ynamsyz garaýarlar.

Şeýlelikde, Ýer şertlerinde erkin kwarklaryň mukdary, adron baglanyşykly bolan kwarklaryň sanyndan azyndan 20 dereje az bolmaly.

Aýratyn kwarklary ýüze çykarmak mümkin däl. Aýratyn kwark reňke eýedir, şol sebäpli ol erkin ýagdaýynda bolup bilmeýär we ony tejribelerde görüp bolmaýar. Bu materiýanyň gurluşyny tükeniksiz böleklere bölmekligi çäklendirýär.

Bölejikler fizikasynyň iň täsin gazanan üstünlikleriniň biri hem, kwarklara gönüden-göni gözegçilik etmekligiň mümkinçiliginiň ýokdugyna garamazdan, kwarklaryň adronlaryň içinde bardygy tejribede tassyklandy, olaryň häsiýetleri bolsa giňişleýin öwrenildi.

*Glýuonlar.* Adronlardaky kwarklaryň berk baglanyşygyny düşündirmek üçin, kwarklary öz aralarynda ýelimleýän ýaly ýene bir hyýaly bölejik bar diýip çakladylar. Bu bölejigi *glýuon* (*glue* iňlis sözi bolup, *ýelim* diýmekdir) diýip atlandyýarlar.

*Glýuon – spini ħ-e deň bolan, güýçli özara täsiri äkidiji bozondyr.* Glýuon elektrik taýdan bitarap we dynçlyk massasyna eýe däl. Foton elektromagnit şöhlemenmesini äkidiji bolup, zarýady alyp gitmeýär. Kwarklaryň arasynda özara täsiri äkidiji bölejikler bolup *glýuonlar* hyzmat edýär. Olar bir kwarkdan beýleki kwarka *reňkleri* geçirýärler, netijede, kwarklar bile bolýarlar.

Glýuonlar – «iki reňkli» bolýarlar: olaryň her haýsysy reňkiň we antireňkiň birleşmesi bilen häsiýetlenýärler. Ýagny glýuon reňk zarýadyny: reňk – antireňki alyp gidýär. 3 reňkiň we 3 antireňkiň bardygyny hasaba alsak, olaryň jübüt birleşmeleriniň doly sany (reňk – antireňk)  $3 \times 3 = 9$  bolmalydyr. Emma gyzył – antigyzył, ýaşyl – antiýaşyl, gök – antigök reňksizdirler. Şoňa görä-de, diňe 6 glýuon reňk zarýadyny alyp gidýär. Kwant hromodinamikasy (*chroma* grek sözi bolup, *reňk* diý-

mekdir) nazaryýetine görä, reňksiz glýuonlaryň sany 2-ä deňdir. *Onda glýuonlaryň doly sany sekize deň bolýar.*

Glýuonlar kwarklar bilen özara täsirleşende kwarklaryň reňkleri üýtgeýär, meselem, gök kwark gyzyl-antigök glýuon bilen özara täsirleşende gyzyl reňkli bolýar (glýuonlaryň iki reňkli bolýandygyny ýatlalyň), ýagny glýuon özüniň antireňki bilen kwarkyň reňkini söndürýär we kwarka öz reňkini geçirýär. Şunlukda, kwarklaryň aromatlary (görnüşleri), olaryň elektrik we barion zarýadlary glýuonlar bilen özara täsirleşenlerinde üýtgemän galýar.

Kwarklar güýçli, gowşak, elektromagnit we grawitasiýa özara täsire gatnaşýarlar. Glýuonlar bilen çalşyk arkaly amala aşyrylýan güýçli özara täsirler diňe kwarklaryň reňkini üýtgedip bilýärler, emma kwarklaryň beýleki ähli kwant sanlary (elektrik zarýady, täsinligi, eýjejikligi, görmegeýligi), ýagny onuň aromaty (ysy) saklanyp galýar. Gowşak özara täsirler bolsa, tersine, kwarklaryň reňklerini üýtgetmeýärler, emma aromaty üýtgedip bilýärler. Güýçli özara täsiriň bu täsin häsiýeti netijesinde ýeke-täk kwark beýleki kwarklardan käbir aralyga daşlaşyp bilmeýär.

*Güýçli özara täsirleriň nazaryýetine, ýagny kwarklaryň we glýuonlaryň özara täsir nazaryýetine kwant hromodinamikasy diýilýär.* Bu nazaryýet kwant elektrodinamikasynyň şekilinde gurlup, kwarklaryň we glýuonlaryň özara täsirini beýan edýär. Bilşimize görä, elektromagnit özara täsiri fotonlaryň çalşygy bilen düşündirilýär. Elektrik taýdan bitarap fotonlardan tapawutlylykda, glýuonlar «reňk» zarýadlaryny geçirijilerdir. Glýuonlar kwarklary baglanyşdyrýan «ýelimdirler» we kwarklary adronlaryň içinde saklaýarlar. Şunlukda, kwarklar bir-birlerine golaý ýerleşenlerinde, olary baglanyşdyrýan güýçler (özara täsir energiýasy) kiçi bolýar. Emma kwarklaryň aralary daşlaşanda, bu güýçler (özara täsir energiýasy) artýar (elektromagnit özara täsirde elektrik zarýadlarynyň aralary artanda özara täsir güýji kiçelýär). Şuňa baglylykda adronlaryň içindäki kwarklar erkin ýagdaýda diýen ýaly bolýarlar. Muňa *asimptotik erkinlik* diýlip aýdylýar. Asimptotik erkinlik 2004-nji ýylda fizika boýunça Nobel baýragynyň eýeleri, amerikaly alymlar Dewid Gross (1941-nji ýylda doglan), Dewid Politser (1949-njy ýylda doglan) we Frank Wilçek (1951-nji ýylda doglan) tarapyndan açyldy. Olaryň hasaplamalaryna görä, kwarklar biri-birine näçe golaý bolsalar, olaryň arasyndaky özara täsir, asimptotiki nola çenli kemelip peselýär.

Erkin kwarklary gözlemekligiň netije bermändigi sebäpli, kwarklar hemişe adronlaryň içinde saklanýarlar we olar ol ýerden aýratynlykda çykyp bilmeýärler, diýlen netijä gelindi. Bu hadysa – *adronlarda kwarklaryň saklanmagyna «konfaýnment» (confinement* iňlis sözi bolup, *bendilikde saklanmak* diýmekdir) diýilýär. Konfaýnment kwarklaryň häzirki zaman nazaryýetiniň esaslarynyň biri bolup durýar we onuň mehanizmi häzirki wagtda doly düşnükli däl.

Eger kwark adrondan çykмага «synanyşsa» onuň adronyň beýleki kwarklary bilen özara täsir güýji uly bolýar we ýeke-täk kwarkyň adrondan çykmagy mümkin

bolmaýar. Bu güýçli özara täsiriň netijesinde täze kwark – antikwark jübütleri döreýär. Her bir uçup çykмага synanyşýan kwark bu jübütler bilen «*ulalýar*» we ahyrky netijede adronlardan diňe adronlar uçup çykýarlar. Emele gelen kwarklaryň adronlara öwürlmek hadysasy *adronisasiýa* diýilýär.

Kwarklaryň we glýuonlaryň uly energiýalarda bolup bilmekligi, *kwark – glýuon plazmasy* diýlip atlandyrylýan, maddanyň täze halynyň ýüze çykmagyna getirýär. Tebigatda kwarklaryň ähmiýeti düýpli (fundamental) häsiýete eýedir.

Häzirki wagtda elementar bölejikleriň nazaryýeti tamamlanmady we bu ugurda uly işler alnyp barylýar. *Asimptotik erkinlik nazaryýeti* elementar bölejikleriň özara täsirini beýan edýän *Standart modeliň* esasynda ýatyr (30.2.5-nji baba seret).

### 30.2.3. Higgs bozony

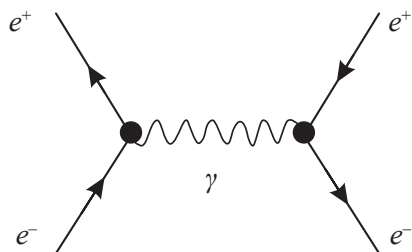
*Higgs bölejigi* nähili bölejek? Ol täze bölejikleriň birimi? Onuň özi has fundamental bölejiklerden düzülenmi? Bu soraglara jogap bermäge synanyşalyň.

Mekdep fizikasyndan belli bolşy ýaly, bütin Älem atomlardan ybarat. Atomlar bolsa protonlardan, neýtronlardan we elektronlardan ybarat. Protonlar we neýtronlar bolsa öz gezeginde kwarklar diýlip, atlandyrylýan bölejiklerden ybarat. Protonlar hem, neýtronlar hem *u* (up) we *d* (down) diýlip atlandyrylýan kwarklaryň iki görnüşini saklaýarlar. Şunuň bilen, adaty, mekdep fizikasy tamamlanýar.

Ýokary okuw mekdebiniň fizikasyndan belli bolşy ýaly, häzirki wagtda 6 sany kwark belli. Emma biziň Ýerimiziň materiýasy diňe protonlardan we neýtronlardan, ýagny *u* we *d* kwarklardan ybarat (näme üçin şeýle bolýandygy häzirki wagta çenli düşnüksiz). Ýöne adaty durmuşda görülmedik kwarklary almaklygy öwrendik. Munuň üçin Ýer materiýasyny (protonlary ýa-da elektronlary) ýeterlik derejede ýokary tizliklere çenli tizlendirmek we soňra olary çaknyşdyrmak gerek. Täze bölejikler şeýle döreýärler, çaknyşýan bölejikleriň energiýalary bolsa olaryň massalaryna öwürülýär.

Kwarklaryň elektronlar bilen köp umumylygy bar, şoňa görä-de, olar fermionlar diýlip atlandyrylýan maşgala deňişlidirler. Fermionlar *özara täsiri geçiriji bölejikler* arkaly özara täsirleşip bilýärler. *Bozonlar* özara täsiri geçiriji bölejiklerdir. Adaty muna *Feynman diagrammalary* diýlip atlandyrylýan ýönekeý shemalarda şekillendirýärler. Onuň şekillendirilişi örän ýönekeý: fermionlar özara täsirleşýärler we bozonlary şöhlendirýärler. Bozonlar, adaty, köp ýaşamaýarlar we haýsy bolsa-da başga fermionlary emele getirýärler. Munuň nähili bolup geçýändigini 237-nji suratda görkezilendir. Bu ýerde bozon hökmünde gamma kwant, ýagny foton çykyş edýär. Fermionlar (elektron we pozitron) ilkibaşda bu fotony döredýärler, soňra foton elektrony we pozitrony döredýär. Bu hadysany şeýle göz önüne getirmek hem bolýar, ýagny elektron we pozitron ýok bolmaýarlar we döremeýärler, diňe bir-biri bilen bu foton arkaly aragatnaşykda bolýarlar.

Beýleki bozonlar ýaly, *Higgs bozony* hem fermionlar dörende ýüze çykyp bilýärler we bu fermionlara ýa-da beýleki fermionlara dargap bilýärler. Nazaryýet boýunça *Higgs mehanizminiň* in az derejede (minimal) amala aşmagynda bir sany bitarap *Higgs bozony* döremeli (ylmy işlerde bu bölejige *SM Higgs* diýilýär), spontan bozulmanyň giňeldilen modellerinde dürli massaly, şol sanda zaryadlanan birnäçe *Higgs bozonlary* dörap bilýärler. Elbetde, bir sany *Higgs bozony* bar diýip umyt edýärler. Hut bu ýagdaý üçin nazaryýetçiler dürli fermionlar bilen Feýnmanyň köp diagrammalaryny hasapladylar we indi tejribelerde bu hasaplamalaryň tassyklanmagyna ýa-da ýalana çykarylmagyna garaşýarlar.



237-nji surat. Feýnman diagrammasy

*Higgs bozony* Älemi emele getirýän «kerpiçleriň» biri bolup, fundamental bölejikleriň biri hasaplanýar. Bu bölejik mikrodünýäde özara täsiri beýan edýän nazaryýetiň, *Standart modeliň* in soňky ýetmeýän bölejigidir. Köpsanly alymlaryň aýtmagyna görä, *Standart model Gara materiýany* we *Gara energiýany* düşündirip biljek täze nazaryýetiň ön ýanyndaky nazaryýetdir.

*Standart modele* görä tebigatda elektromagnit, güýçli we gowşak meýdanlardan başga-da, boş giňişlikden tejribede aýryp bolmaýan, grawitasiýa meýdanyna meňzeş bolmadyk, meýdanyň aýratyn formasynyň, *Higgs meýdany* diýip atlandyrylýan ýene-de bir *skalýar meýdanyň* bardyggy çaklanýar. Ol alymlar tarapyndan ýüz öwrülen, ähli ýere aralaşyýy we ähli Älemi doldurýan *efir* bilen örän geň galdyryýy meňzeş. *Higgsiň çaklamasyna* görä, bölejikleriň arasyndaky giňişlik agyr, şepbeşik substansiýa bilen doldurylan. Bu meýdany *Higgs meýdany* diýip atlandyrdylar. Bölejikler bu meýdan bilen özara täsirleşip massa eýe bolýarlar diýip çaklaýarlar. Bölejigiň massasy, bölejigiň *Higgs meýdany* bilen özara täsiriniň ölçegi bilen kesgitlenýär. *Higgs meýdany* bilen güýçli özara täsirleşýän bölejikler agyr bolýarlar, bu meýdan bilen gowşak özara täsirleşýän bölejikler ýeňil bolýarlar. Bu hadysa şepbeşik suwuklykda hereket edýän jisimiň hereketine, ýagny onuň suwuklyk bilen özara täsiri netijesinde goşmaça *effektiv massa* eýe bolşuna meňzeşdir. Mysal hökmünde elektronyň kristaldaky hereketine seredilende kristallik gözenegiň atomlary bilen elektromagnit özara täsir edýänligi sebäpli, elektron erkin elektronyň massasyndan tapawutly bolan *effektiv massa* eýe bolýar. *Higgs bozony* Uly ýarylyş wagtynda kwarklaryň we leptonlaryň massa eýe bolmak mehanizminde esasy ähmiýete eýe bolupdyr diýlen çaklama bar. Korpuskulýar – tokun dualizmine görä *Higgs meýdanyna* azyndan bir bölejik – *Higgs bölejigi* ýa-da *Higgs bozony* diýip atlandyrylýan bu meýdanyň kwanty degişlidir.



Häzirki zaman fizikasynyň iň möhüm meseleleriniň biri – Higgs bölejiklerini ýüze çykarmak we olaryň häsiýetlerini öwrenmekdir. Higgs bozonynyň bolmagy elementar bölejikleriň fizikasy üçin örän möhümdir. Häzirki zaman nazary garaýyşlara görä Higgs bozonlary elementar bölejikleriň massalarynyň döremek garaýyşyna – fizikanyň fundamental soragyna dahyllydyr. Bu soragyň *Standart model* dördedilýänçä bolmandygy bellärligidir.



238-nji surat.  
Piter Ueýr Higgs

**Piter Ueýr Higgs (1929-njy ýylda doglan)** – iňlis fizigi – nazaryýetçisi (238-nji surat). Ol Angliýanyň Nýukasl – apon – Taýn şäherinde doglan. Edinburgyň Korollyk jemgyýetiniň, şeýle hem Londonyň Korollyk jemgyýetiniň agzasy, häzirki wagtda Edinburg uniwersitetiniň hormatly dync alyşdaky professory. Londonyň Korollyk kollejinde bilim aldy.

Nazary fizikadan gazanan üstünlikleri üçin P. Higgs köpsanly baýraklar we medallar bilen sylaglandy. Hususan-da, ol Fizika Institutynyň (London) Dirak medalynyň, şeýle hem Ýewropa fiziki jemgyýetiniň sylaglaýan, bölejikleriň we ýokary energiýalar fizikasynyň 1997-nji ýylyň baýragynyň eýesidir.

1960-njy ýyllarda Piter Higgs we Fransua Engler (1932-nji ýylda doglan) elementar bölejikleriň massasynyň döreýşiniň fiziki düşündirilişini döretmäge synanyşýan fizikleriň toparyna girdiler. Piter Higgs 1960-njy ýylda elektrogowşak simmetriýanyň *spontan bozulmasynyň mehanizmini* hödürledi. Bu mehanizm elementar bölejikleriň, hususan-da,  $W^+$ ,  $W^-$ ,  $Z^0$  – *wektor bozonlaryň* massalarynyň döreýşini düşündirdi. 1964-nji ýylda P. Higgs bu bölejik barada özüniň makalalarynda habar berdi. Olaryň hödürlän nazaryýeti täze bölejigiň – *Higgs bozony* atly – spini  $S=0$  bolan skalýar bozonyň bardygyny öňünden aýtdy (*skalýar bölejik* diýip spini nola deň bolan bölejige aýdylýar). Bu nazaryýeti döretmeklige P. Higgsden we F. Englerden başga, Karl Hagen, Tom Kibbl, Jerald Guralnik we Robert Braut hem gatnaşdylar.

Ilkibaşda nazaryýetde aýdylan, soňra onlarça ýyllaryň gözleglerinden soň 2012-nji ýylyň 4-nji iýulynda *SERN*-iň *Uly Adron kollaýderinde*, massasy  $125 - 126 \text{ GeV}/c^2$  töweregi bolan täze bölejik açyldy. Bu täze bölejigi *Higgs bölejigi* diýip atlandyrdylar. Hünärmenleriň, hut şu bölejigi *Higgsiň bölejigi* diýip hasap etmäge düýpli subutnamalary bar. 2013-nji ýylyň mart aýynda *SERN*-iň başga barlagçylarynyň maglumatlarynda, şol tapylan bölejigiň hakykatdan hem *Higgs bozonydygy* tassyklandy. 2014-nji ýylyň aprel aýynda *CMS* kollaborasiýasy Higgs bozonynyň dargama giňliginiň  $22 \text{ MeV}$ -den kiçidigini habar berdi. *1-nji tablisada* Higgs bozonynyň häsiýetleri getirilen.

Higgs bozonynyň häsiýetleri

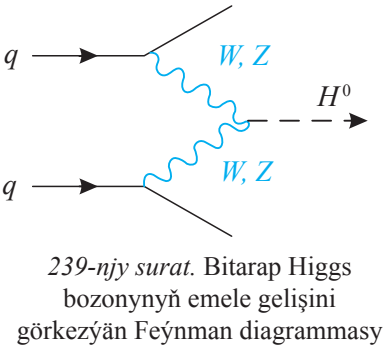
Belgişi: $H^0$	Ýaşayan wagty: $1,56 \cdot 10^{-22} s$ (standart modele görä), $\geq 10^{-24} s$	
Düzümi: elementar bölejik	Dargama giňligi: 22 $MeW$ -den kiçi	
Maşgalasy: bozon	Dargama kanallary: 2 foton, $W^-$ we $Z$ – bozonlary	
Özara täsirlere gatnaşygy: grawitasiýa	Kimiň hormatyna atlandyryldy: Piter Higgs	
Antibölejik: bitarap	Kwant sanlary	Elektrik zarýady: 0
Nazary esaslandyran: 1964 (Piter Higgs)		Reňk zarýady: 0
Ýüze çykaryldy: 04.07.2012		Spini: $0\hbar$
Massasy: $125,09 \pm 0,24 GeW/s^2$		Jübütligi: +1

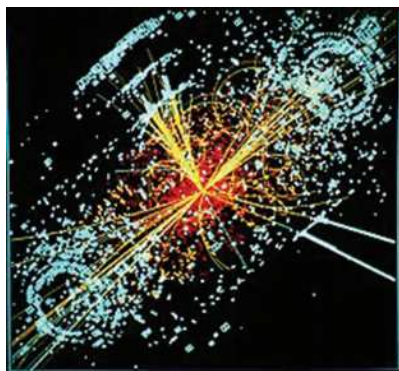
Ähli elementar bölejikleriň massa eýe bolmaklaryna sebäp bolýan bölejigiň – bozonyň bardygyny nazary esaslandyrandyklary üçin iňlis alymy Piter Higgs we belgiýaly fizik Fransua Engler 2013-nji ýylda fizika boýunça Nobel baýragyna mynasyp boldular.

239-njy suratda iki sany glýuonyň birleşmegi netijesinde döreýän  $W$  ýa-da  $Z$  bozonlaryň mümkin bolan dogluş kanallary we olaryň özara täsirleşmeleri netijesinde bitarap Higgs bozonynyň emele gelşini görkezýän *Feynman diagrammasy* getirilen.

Higgs bozonynyň açylmagy näme bilen ähmiýetli? Bu diňe bir täze bölejigiň açyldygy däl-dir. Bu açyş, hakykatdan hem, materiýanyň täze görnüşiniň açylmagydyr. Şoňa çenli fizikler maddanyň bölejikleri (elektronlar, protonlar we ş.m) ýa-da özara täsirleri äkidijiler bolan güýç meýdanlarynyň kwantlary (fotonlar, glýuonlar, wektor  $W$  we  $Z$  bozonlar) bilen iş salyşdylar. Emma Higgs bölejigi olaryň hiç haýssysy bolman, ol düýbünden başga substansiýa bolan *Higgs meýdanynyň kwantydyr* we dünýäimiziň gurluşynda aýratyn orny eýeleýär.

*Higgs bozonyny* ýüze çykarmak boýunça geçirilýän adaty tejribe şeýle görnüşde bolýar: Proton proton bilen çaknyşanda kwarklaryň azyndan üç sany birwagtda bolup geçýän özara täsirleri bolup geçýär (her protona üç sany kwarkyň degişlidigi sebäpli). Şunlukda, örän uly energiýa bölünip çykýar we şeýle şertlerde ýene-de





240-njy surat. Iki protonyň çaknyşmagy netijesinde Higgs bozonynyň döreýşi

birnäçe kwarklaryň döremegi mümkin. Netijede, detektordan alynýan suratdaky ähli sary çyzyklar – emele gelýän bölejikleriň yzlarydyr (240-njy surat). Surata ýönekeý göz bilen seredip, bu ýerde Higgs bozonynyň bardygyny ýa-da ýokdugyny aýtmak kyn. Kompýuteriň kömegi bilen bize gerek däl bölejikleriň yzlaryny aýryp bolýar we gerek bölejik saýlanylýar. Ýöne, munuň üçin köp wagt gerek bolýar. 238-nji suratda iki protonyň çaknyşmagy netijesinde Higgs bozonynyň döreýşi görkezilen.

Nazaryýete görä Higgs bozony iki sany  $b$  kwarka we  $\bar{b}$  – antikwarka, iki fotona, iki sany elektron-pozitron jübütine we (ýa-da) mýuon-antimýuona ýa-da iki sany elektron-pozitron jübütine we (ýa-da) iki sany neýtrino bilen mýuon-antimýuona dargamaly.

2017-nji ýylyň iýul aýynyň başynda geçen *EPS HEP 2017 ATLAS-yň we CMS-iň* ylmy maslahatynda, ahyr soňy Higgs bozonynyň  $\tilde{b}$  kwark – antikwark jübütine çalymdaş dargamasyny gördüler. Standart modele görä bu dargama 58% ýagdaýda ýüze çykmary. *ATLAS-yň we CMS-iň* maglumatlaryna görä 2017-nji ýylyň oktyabr aýynyň başynda Higgs bozonynyň bu dargamasy ynamly ýüze çykaryldy.

Higgs bozonynyň tejribede görülmegi XXI asyryň beýik ylmy açyşlarynyň biridir.

Massanyň gelip çykyşy baradaky sorag bilen diňe bir elementar bölejikleriň fizikasynda işleýän fizikler gyzyklanman, kosmolog hünärmenler hem gyzyklanýarlar. 1961-nji ýylda Princeton uniwersitetiniň (ABŞ) fizik-nazaryýetçileri K. Brans we R. Dikke Nýutonyň grawitasiýa hemişeligine giňişlik we wagt ulgamynda üýtgemegine mümkinçilik berýän meýdany girizdiler. Giňişligiň, bu hemişeligiň kiçi bolan nokadynda ýerleşen obýektiniň massasy we giňişlik-wagt ulgamynyň egri-ligi, bu hemişeligiň uly bolan nokadyndakysyndan has kiçi bolar. Soňra Higgsiň skalýar meýdanynyň we Brans – Dikkeniň skalýar meýdanynyň birmeňzeş fiziki mana eýedikleri belli boldy! Şeýlelikde, mikro we megafizikanyň çäginde *täze ylmy ugur – elementar bölejikleriň kosmologiýasy* döredi.

### 30.2.4. Fundamental fiziki özara täsirleriň aýratynlyklary

*Hereket hallarynyň üýtgemegine getirýän, jisimleriň ýa-da bölejikleriň biri-birine bolan özara täsirine fizikada özara täsir diýilýär.* Nýuton mehanikasy-

da özara täsir güýç bilen häsiýetlendirilýär, özara täsiriň umumy häsiýetnamasy hökmünde bolsa, potensial energiýa alynýar. Fizikanyň taryhynda özara täsiri düşündirmekde dürli *garaýyşlar (konsepsiýalar)* yzygiderlikde biri-birini çalyşdylar.

Ilkibaşda *uzakdan täsir garaýşy* döredi. Bu garaýşa görä jisimleriň arasyndaky özara täsir, gönüden-göni özara täsiri geçirmeklige gatnaşmaýan boş giňişligiň üsti bilen amala aşyrylýar. Şunlukda, özara täsir pursatlaýyn (mgnowen) geçirilýär. Elektromagnit meýdany açylandan soň *ýakynadan täsir garaýşy* döredi. Ýakynadan täsir garaýşa görä, elektrik zarýadlanan bölejikleriň arasyndaky özara täsir pursatlaýyn (mgnowen) geçirilmän, ýagtylygyň tizligine deň bolan, käbir gutarnykly tizlik bilen, meýdanyň üsti arkaly amala aşyrylýar. Ýagny elektromagnit meýdany elektrik zarýadlanan bölejikleriň arasynda özara täsiri geçirmekligi amala aşyrýan aralykçy bolup hyzmat edýär. Bu garaýyş beýleki özara täsirlere hem geçirildi. Bu garaýyşyň çäklerinde jisimleriň arasyndaky özara täsirler dürli görnüşli meýdanlaryň üsti bilen amala aşyrylýar. Kwant nazaryýetiniň çäklerinde özara täsiri beýan etmeklik kwant häsiýetde amala aşyrylýar. Her jisimiň kwantlardan ybaratdygyny göz önünde tutsak, meselem, elektromagnit özara täsir fotonlary çalyşmak esasynda amala aşyrylýar we ş.m.

Tebigatda özara täsirleriň (güýçleriň) dört görnüşü bar (häzirki wagtda fizikler bu güýçler şol bir güýjüň (özara täsiriň) ýüze çykmasydyr diýip çaklaýarlar).

Alymlar tarapyndan öwrenilip başlanan *özara täsiriň ilkinji görnüşü* – köpugurly häsiýeti bolan *grawitasiýa özara täsiridir*. Grawitasiýanyň esasy nusgawy kanuny bolan *Nýutonyň bütindünýä dartylma kanuny* 1666-njy ýylda açyldy. Bu kanunyň oňa meňzeş bolan *Kulonyň kanunyndan* (1785 ý.) 100 ýyl öň açylandygyny bellemek gerek. Nýuton fizikasy grawitasion dartylmanyň mukdar kanunalaýyklygyny diňe fenomenologik taýdan beýan etmegi başardy. Diňe fiziki akyl ýetirişiň XX asyrdaky ösüşi, ýagny ilkinji nobatda Eýnşteýn tarapyndan umumy görälik nazaryýetiniň döredilmegi grawitasiýanyň tebigatyny düşündirmek boýunça täze ugurlaryň ýüze çykmagyna getirdi. Umumy görälik nazaryýeti şu güne çenli has meşhur grawitasiýa nazaryýeti hasaplanylýan hem bolsa, ol häzirki wagtda ylmyň esasy talaby bolan *kwantlamany* hasaba almaýar. Grawitasiýanyň kwant nazaryýetiniň döredilmegi häzirki wagtda has derwaýys mesele bolup durýar. *Iki bölejigiň arasyndaky özara täsir grawitasiýa güýji, spini 2-ä deň bolan, grawiton diýlip atlandyrylýan bölejik arkaly geçirilýär. Grawitasiýa meýdanyň kwantlary – grawitonlar* düşünjesini 1935-nji ýylda rus fizigi-nazaryýetçisi Matweý Petrowiç Bronşteýn (1906-1938ý.) hödürledi.

Islendik mikro we makro bölejik grawitasiýa güýjüniň täsiri astynda bolýar. Onuň ululygy bölejigiň massasyna ýa-da energiýasyna bagly. Grawitasiýa güýjüniň täsir radiusy çäksizdir ( $r = \infty$ ) we elmydama dartylma güýji hökmünde ýüze çykýar.

Grawitasiýa güýji beýleki güýçler bilen deňeşdirilende örän gowşakdyr. *Grawiton* hususy massa eýe däl, şoňa görä-de, onuň äkidýän güýji uzakdan täsir güýjüdür.

Grawitonlar *grawitasiýa tolkunlary* görnüşinde ýaýraýarlar diýlip hasap edilýär. Şoňa görä-de, grawitasiýa tolkunlarynyň gowşak güýçdügi sebäpli, ony uzak wagtyň dowamynda ýüze çykaryp bilmediler (30.3.3-*nji baba seret*).

*Özara täsiriň ikinji görnüşü elektromagnit özara täsiridir.* Bu özara täsir elektrik zarýadlanan bölejikleriň arasynda *fotonlar* bilen çalşyk esasynda döreýär, täsir radiusy çäksizdir ( $r = \infty$ ). Onuň çeşmesi bolup  $e$  zarýad hyzmat edýär. Hereket edýän fotonlar elektromagnit tolkunlaryny: ýagtylyk, radiotolkunlary, rentgen şöhlelerini,  $\gamma$ -kwantlary döredýärler.

Elektromagnit özara täsir grawitasiýa özara täsirden ep-esli güýçlüdir.

Elektromagnit özara täsir atomlarda elektronlaryň, kristallarda ionlaryň, molekulalarda atomlaryň baglanyşygyny döredýärler. Aralygyň kwadratyna ters bagly bolup kemelýär. Elektromagnit özara täsir atomlaryň, molekulalaryň bolmaklygyny kesgitelýär, elektrik, magnit, optiki hadysalary, himiki hadysalary, maýyşgaklyk güýjüni, sürtülmani we ş.m. düşündirýär. Mikrodünýäde elektromagnit özara täsir bilen ionlaşma, fotonlaryň şöhlelenmesi we ýuwudylmasy, fotonlar bilen ýadrolaryň dargamasy, elektron-pozitron jübütleriniň döremegi we annigilýasiýasy düşündirilýär.

Elektrik zarýadynyň položitel we otrisatel diýen iki görnüşü bardyr. Bilşimiz ýaly, iki sany položitel ýa-da otrisatel zarýadlaryň arasynda itekleşme, položitel we otrisatel zarýadlaryň arasynda dartýşma güýçleri ýüze çykýar. Uly jisimlerde elektromagnit güýji gowşakdyr, sebäbi olarda položitel we otrisatel zarýadlaryň mukdary, takmynan birmeňzeşdir we netijede olar biri-birlerini kompensirleýärler. Kiçi ölçeglerde ýagdaý başgaça bolup, atomlarda we molekulalarda elektromagnit güýçleri agdyklyk edýär.

Elektromagnit özara täsir baradaky garaýyşlaryň ösüşi, Faradeýiň we Makswel-iň nusgawy garaýyşlarynyň üsti bilen Kulon *elektrostatikasyndan* häzirki zaman *kwant elektrodinamikasy*na (P. Dirak, 1928ý., R. Feýnman, Ý. Şwinger, S. Tomonago, 1948-1949 ý.) çenli hil özgertmeleriň ýoluny geçdi.

Häzirki wagtda elektromagnit prosesleri, tebigatyň beýleki fundamental güýçlerine garanyňda has gowy öwrenilendir. Bu ýagdaý geň däl, sebäbi olar (elektromagnit hadysalar) diňe bir mikrodünýäniň hadysalarynyň esasynda däl-de, eýsem, ähli fiziki, himiki we biologik makroprosesleriň we hadysalaryň esasynda hem durandyrlar.

*Özara täsiriň üçünji görnüşü gowşak özara täsirdir.* Bu özara täsir radioaktiw hadysalarda we spini  $1/2$ -e deň bolan ähli bölejikleriň arasynda ýüze çykýar. Özara täsir radiusy  $10^{-16}$  sm, spinleri 0, 1 we 2-ä deň bolan bölejikler (fotonlar, grawitonlar we beýlekiler) bu özara täsire gatnaşmaýarlar.

Adamzat gowşak özara täsirler bilen, uran duzlarynyň radioaktiw dargamasy öwrenilende (A. Bekkerel, 1896 ý.) tötänden tanyş boldy. Beta-dargamanyň ilkin-



ji *kwant – meýdan nazaryýetini* E. Fermi (1933 ý.) döretdi. Onuň dört fermionly özara täsiri baradaky nazaryýeti  $C$ -,  $P$ -, we  $T$ - simmetriýalaryň we olaryň kombinasiýalarynyň saklanmagyny we bozulmagyny barlamaklyga sezewar edildi. *Lepton sanynyň saklanma kanunyna* esaslanan gowşak özara täsirleriň *standart nazaryýetiniň* döredilmegi, aralyk wektor bozonly nazaryýetiň gözlenilmegine getirdi. Netijede, 1967-nji ýylda Ş. Gleşou, S. Waýnberg we A. Salam (1967–1968 ý.) tarapyndan *gowşak we elektromagnit özara täsirleri birleşdirýän (Makswelliň elektrik we magnit özara täsirleri birleşdirişi ýaly) bütewi nazaryýet (bu nazaryýete elektrowowşak özara täsir nazaryýeti hem diýilýär) döredildi we ykrar edildi*. Bu nazaryýete görä kiçi energiýalarda düýbünden tapawutlanýan bölejikler, ýokary energiýalarda (100 *GeV* töweregi) dürli hallarda bolýan, şol bir bölejige öwrülýärler. Bu nazaryýete görä elektronlaryň, protonlaryň, neýtronlaryň we neýtrinonyň aralarynda özara täsirleri äkidijiler bolup bitarap ( $Z^0$ ) we zaryadlanan ( $W^+$ ,  $W^-$ ) bozonlar hyzmat edýärler. Başgaça aýdanymyzda, bu bozonlar *gowşak özara täsiri* geçiriji bölejiklerdir. Bu bozonlaryň bardygy XX asyryň 70-nji ýyllarynda nazary aýdyldy we 1983-nji ýylda *Ýadro barlaglarynyň Ýewropa merkezinde*, gysgaça *CERN-de* (Ženewa ş., Şweýsariýa) tejribede ýüze çykaryldy.

Elementar bölejikleriň gowşak we elektromagnit özara täsirleriniň birleşmesine goşan goşantlary üçin Şeldon Gleşou, Stiwen Waýnberge we Abdus Salama 1979-njy ýylda fizika boýunça Nobel baýragy berildi.

*Özara täsiriň dördünji görnüşü güýçli özara täsirdir*. Güýçli özara täsirler baradaky garaýyşlaryň çeşmeleri alfa-bölejikleriň öwrenilmegi bilen baglanyşyklydyr. XX asyryň başynda alfa - bölejikler bilen geçirilen tejribeler, E. Rezerford tarapyndan atom ýadrosynyň açylmagyna (1911ý.) getirdi. Bu bolsa ýadro güýçlerini öwrenmekligiň başlangyjyny goýdy. 1932-nji ýylda neýtronyň açylmagy, nuklonlaryň arasyndaky *ýadro güýçleriniň çalşyk häsiýetini* tassyklaýan nazary modelini (I.E. Tamm, 1934 ý, H. Yukawa, 1935 ý.) ösüşi bilen aýakdaş boldy. Güýçli özara täsirleşýän beýleki bölejikleriň (*adronlaryň*) açylmagy *kwarklar* baradaky çaklama (M. Gell-Mann we J. Sweýg, 1964 ý.) getirdi. Adronlaryň kwark gurluşlarynyň we kwarklaryň kwant häsiýetleriniň öwrenilmegi *glýuonlar* we «*reňkler*» baradaky garaýyşlara getirdi.

Güýçli özara täsir kwarklary protonyň we neýtronyň içinde, protonlary we neýtronlary bolsa – atom ýadrosynyň içinde saklaýar. Bu özara täsiri äkidiji bölejik bolup, spini 1-e deň bolan *glýuon* hyzmat edýär. Glýuonlar diňe glýuonlar we kwarklar bilen özara täsirleşýärler.

### 30.2.5. Fundamental fiziki özara täsirleriň bütewiligi baradaky häzirki zaman konsepsiýalar

Häzirki zaman fizikasynyň iň möhüm meseleleriniň biri fundamental özara täsirleriň her görnüşiniň aýratynlygyny we olaryň bitewülegini seljermek bolup

durýar. Bu meseläniň doly çözüdiniň tapylmandygyna garamazdan, häzirki zaman fizikasynda ony takyklaýan möhüm amaly we nazary netijeler alyndy. Kwant elektrodinamikasy hem, gowşak özara täsirler nazaryýeti hem, kwant hromodinamikasy hem, umumy görälik nazaryýeti hem, olaryň her biri ähli bar bolan amaly maglumatlary öz çäginde beýan edýär. Eger ön ähli özara täsirleriň bütewüligi baradaky garaýyşlar diňe çaklama hökmünde hödürülenýän bolsalar, häzirki wagtda bu garaýyş has düýpli esasa eýe boldy.

Özara täsirleriň birinji nazaryýeti 1863-nji ýylda Makswell tarapyndan döredilen elektrtomagnit meýdanynyň nazaryýetidir. Makswelliň deňlemeleriniň esasynda elektrik, magnit we optika hadysalaryny bitewi nazary gurluşa birleşdirýän elektrodinamika döredilenden soň fizikada elektromagnit meýdanynyň nazaryýetiniň esasynda ähli belli fiziki hadysalary düşündirmek barada garaýyş döredi. Soňra 1915-nji ýylda Eýnşteýn grawitasiýa meýdanyny beýan edýän umumy görälik nazaryýetini döretti. Şeýlelikde, Makswelliň elektrik we magnit hadysalaryny umumy beýan edýän nazaryýetine meňzeş bolan düýpli (fundamental) özara täsirleriň (şol döwürde diňe grawitasiýa we elektromagnit täsirler bellidi) bitewi nazaryýetini döretmek garaýyşy döredi. Şeýle hili bitewi nazaryýet grawitasiýany we elektromagnit meýdanlaryny birleşdirmelidi we olar käbir bitewi özara täsiriň hususy ýüze çykmalary hökmünde hasaplanmalydy.

XX asyryň birinji ýarymynyň bütin dowamynda birnäçe fizikler şeýle nazaryýeti döretmäge synanyşdylar, emma olar hiç biri kanagatlanarly modeli hödürleý bilmediler. Munuň esasy sebäbi umumy görälik nazaryýeti we elektromagnit meýdany nazaryýeti özläriniň manylaryna görä dürlüdi. Dartyлма giňişlik-wagtyň egrelmegi bilen beýan edilýär, bu manyda grawitasiýa meýdany şertli material däl (empirik diskret däl), emma beýleki özara täsirler ýaly aňry çäk ýagtylygyň tizligi bilen ýaýraýar. Elektromagnit meýdany bolsa materiýanyň ähli zerur häsiýetlerini ýüze çykarýar.

XX asyryň ikinji ýarymynda bütewi nazaryýeti döretmeklik oňa güýçli we gowşak özara täsirleri, şeýle hem kwantlamany girizmekligiň zerurlygy bilen çylşyrymlaşdy. 1967-nji ýylda G. Gleşou (1932-nji ýylda doglan), S. Waýnberg (1933-nji ýylda doglan), A. Salam (1926–1996 ý.) tarapyndan elektromagnit we gowşak özara täsirleri birleşdirýän *elektrogowşak özara täsir nazaryýeti* döredildi. 1973-nji ýylda güýçli özara täsirleriň nazaryýeti (*kwant hromodinamikasy*) hödürlendi.

*Güýçli özara täsirleriň nazaryýetine, ýagny kwarklaryň we glýuonlaryň özara täsir nazaryýetine kwant hromodinamikasy diýilýär. Elektrogowşak özara täsir nazaryýetinden we kwant hromodinamiki nazaryýetinden (kwark-glýuon çaklama) ybarat bolan, elementar bölejikleriň häzirki zaman nazaryýetine Standart model diýilýär. Başgaça aýdylanda, Standart model diýip, ähli elementar bölejikleriň elektromagnit, gowşak we güýçli özara täsirlerini beýan edýän nazaryýete aýdylýar.*

XX asyryň 80-nji ýyllarynyň ortalarynda aralyk wektor bozonlarynyň barlygynyň tejribede tassyklanmagy Standart modeliniň gurluşyny tamamlady we ol esasy nazaryýet hökmünde kabul edildi. Emma Standart modeli giňeltmegiň zerurlygy neýtrin ossilýasiýalary ýüze çykarylandan soň döredi. Häzirki döwürde *Standart model*  $\sim 10^{-18}$  m aralyklara çenli bizi gurşap alan dünýäniň gurluşyny beýan edýän ýeke-täk fiziki nazaryýetdir. Fizikanyň bu pudagynda işleýän alymlaryň önünde iki sany wajyp meseleler dur:

- Mikrodünýäniň häsiýetlerini beýan etmek üçin täze modelleri döretmek we olary tejribede barlamak;
- Bu modele degişli elementar bölejikleri kesgitlemek.

2012-nji ýylda Higgs bozonynyň açylmaklygy we bu bölejigi öwrenmeklik *Standart modeliniň* dogrudygyny subut etmäge kömek eder. Sebäbi *Standart modeliniň* bolmaklygy *Higgs bölejiginiň* barlygyndan gelip çykýar. Standart modeli tejribe taýdan barlamaklyk bu nazaryýet tarapyndan önünden aýdylan bölejikleri we olaryň häsiýetlerini beýan etmekden ybaratdyr. Standart modeli tarapyndan önünden aýdylan elementar bölejikleriň sanyny kesgitlemek boýunça tejribeler Higgs bozonynyň açylmaklygy bilen tamamlandy. Häzirki wagtda Standart modeliniň ähli elementar bölejikleri açyldy. Standart model 61 sany bölejigiň häsiýetlerini beýan edýär.

Häzirki wagtda fundamental özara täsirler umumy kabul edilen umumy görälik we Standart modeli nazaryýetleri bilen beýan edilýär. Grawitasiýanyň kwant nazaryýetini döretmekligiň kynlygy sebäpli olary birleşdirmek netije bermedi.

Şeýlelikde, Standart model owadan çaklama bolmaktan, tejribede barlanan nazary garaýşa (konsepsiýa) öwrülýär. *241-nji suratda* Standart modele degişli elementar bölejikler, *242-nji suratda* bolsa Standart modeli tarapyndan beýan edilýän elementar bölejikleriň arasyndaky özara täsirleriň shemasy getirilen.

Häzirki wagtda Standart model elementar bölejikleriň fizikasynyň nazaryýetinde has üstünlikli ulanylýan hem bolsa, ol kämil däldir. Standart model tebigatyň tejribeler arkaly ýüze çykarylýan birnäçe hadysalaryny düşündirmekde kynçylyk çekýär:

- *Grawitasiýa*. Standart model grawitasiýany düşündirip bilmeýär. Şeýle hem ol häzirki wagtda grawitasiýanyň has şowly nazaryýeti bolan – umumy görälik nazaryýeti bilen ylalaşmaýar.
- *Gara materiýa we Gara energiýa*. Kosmologiýa boýunça gözegçiliklere görä, Standart model Älemiň takmynan 4,5% materiýasyny düşündirmäge ukyplydyr. Ýetmeýän 95,5%-niň takmynan 22,5%-i Gara materiýa bolmaly. Gara materiýa Standart modeliniň meýdanlary bilen gowşak özara täsirleşýän, ýöne biziň bilýän materiýamyz ýaly özüni alyp barýan, materiýa bolmaly. Materiýanyň galan bölegi hemişelik dykzlykly wakuum energiýaly Gara energiýa bolmaly. Gara energiýany Standart modeliniň wakuum energiýasy

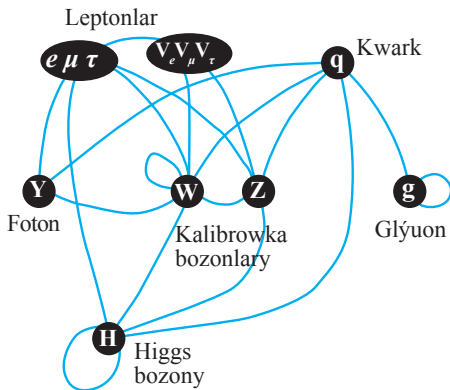
Massa Zarýad Spin	$\approx 2.3 \text{ MeW/s}^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ <b>U</b> Ýokarky	$\approx 1.275 \text{ GeW/s}^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ <b>C</b> Eýjejik	$\approx 173.07 \text{ GeW/s}^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ <b>t</b> Hakyky	0 0 1 <b>g</b> Glýuon	$\approx 126 \text{ GeW/s}^2$ 0 0 0 <b>H</b> Higgs bozony
Massa Zarýad Spin	$\approx 4.8 \text{ MeW/s}^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ <b>d</b> Aşaky	$\approx 95 \text{ MeW/s}^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ <b>s</b> Täsin	$\approx 4.18 \text{ GeW/s}^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ <b>b</b> Owadan	0 0 1 <b><math>\gamma</math></b> Foton	
Massa Zarýad Spin	$0.511 \text{ MeW/s}^2$ -1 $\frac{1}{2}$ <b>e</b> Elektron	$105.7 \text{ MeW/s}^2$ -1 $\frac{1}{2}$ <b><math>\mu</math></b> Mýuon	$1.777 \text{ GeW/s}^2$ -1 $\frac{1}{2}$ <b><math>\tau</math></b> Tau	$91.2 \text{ GeW/s}^2$ 0 1 <b>Z</b> Z bozon	
Massa Zarýad Spin	$< 2.2 \text{ eW/s}^2$ 0 $\frac{1}{2}$ <b><math>\nu_e</math></b> Elektron neýtrino	$< 0.17 \text{ MeW/s}^2$ 0 $\frac{1}{2}$ <b><math>\nu_\mu</math></b> Mýuon neýtrino	$< 15.5 \text{ MeW/s}^2$ 0 $\frac{1}{2}$ <b><math>\nu_\tau</math></b> Tau neýtrino	$80.4 \text{ GeW/s}^2$ $\pm 1$ 1 <b>W</b> W bozon	

-Kwarklar  
 -Leptonlar  
 -Kalibrowka bozonlary  
 -Higgs bozony

241-nji surat. Standart modele degişli elementar bölejikler

(Plank energiýasy) nukdaý nazarynda düşündirmäge bolan synanyşyk başa barmady.

- *Neýtrinonyň massasy.* Standart modele görä, neýtrino massasy ýok bölejikdir. Muňa garamazdan, neýtrin ossilýasiýasy boýunça geçirilen tejribeler neýtrinonyň massa eýedigini görkezdir.
- *Materiýanyň we antimateriýanyň assimetriýasy.* Älemin köp bölegi maddadan ybarat. Muňa garamazdan, Standart model maddanyň we antimaddanyň deň mukdarlarda (ýa-da oňa golaý) döredilmelidigini we Älem sowamagyny dowam edýärkä olaryň biri-birlerini ýok etmelidiklerini, aýdýar.



242-nji surat. Standart model boýunça özara täsirleriň shemasy

Güçli, gowşak we elektromagnit özara täsirleriň bütewi tebigaty baradaky garaýyşlardan gelip çykýan nazary modellere *Beyik birleşme nazaryýeti* (inlisçe *Grand Unified Theory, GUT*) diýilýär. Adatdan daşary ýokary energiýalarda ( $10^{14} \text{ GeW}$ -den ýokary) bu özara täsirler birleşýärler diýip çaklanylýar. Bu nazaryýet ähli bar bolan böle-

jikleri: fermionlary, bozonlary we skalýar bölejikleri birleşdirýär. Beýik birleşme nazaryýetiniň çäginde örän köp möhüm hadysalar: Älemiň barion assimetriýasy; neýtrinonyň kiçi, nola deň däl dynçlyk massasy; elektrik zaryadynyň kwantlanmagy; Diragyň «*magnit monopoliýalary*» görnüşli meseleleriň çözlüşleriniň barlygy oňat düşündirilýär.

*Beýik birleşme nazaryýetiniň* garaýyşlaryna görä ýokary energiýalarda güýçli özara täsirler pes energiýalardaky bilen deňeşdirilende, gowşak bolýarlar. Elektromagnit we gowşak özara täsirler bolsa ýokary energiýalarda artýarlar. Energiýanyň haýsy bolsa-da bir uly bahasynda bu üç güýç (özara täsirler) öz aralarynda deň bolup bilerler we bir güýjüň dürli görnüşleri ýaly ýüze çykarylýar. Bu ýagdaýda spinleri  $1/2$ -e deň bolan bölejikler (kwarklar we elektronlar) biri-birinden tapawutlanmazlar. Bu ýerde esasy kynçylyk, bölejikleri şeýle uly energiýalara çenli tizlendirmek üçin Gün ulgamynyň ölçeglerindäki tizlendiriji gerek bolar. Ýagny *Beýik birleşme nazaryýetini* tejribede barlamak mümkinçiligi ýok. Emma pes energiýa derejelerinde barlamak mümkinçiligi bar. Şeýle mümkinçiligiň biri adaty maddanyň massasynyň köp bölegini düzýän protonyň has ýeňil bölejiklere (antielektronlara) dargamak mümkinçiligidir.

Protonyň dargamagy barada käbir maglumatlary almaga mümkinçilik berýän tejribeleri geçirmeklik örän kyn wezipe. Emma S. Hokingiň çaklamasyna görä, biziň bolmaklygymyzyň özi ters hadysanyň – protonlaryň ýa-da kwarklaryň emele gelmek hadysasynyň başlangyç döwrüniň netijesidir. Oňa görä Älemiň protonlardan we neýtronlardan, olar hem öz gezeginde kwarklardan düzüldür. Galaktikamyzda antiprotonlar hem, antineýtronlar hem ýok (bölejikleriň we antibölejikleriň ýokary energiýalarda çaknyşmalary netijesinde olaryň emele gelmekleriniň bolýan ýagdaýlaryndan başga). Eger Galaktikamyzyň antimadda saklaýan bölekleri bar bolsa, onda maddanyň we antimaddanyň bölünýän araçäginde, annigilýasiýa netijesinde ýokary energiýaly şöhlenenme görnerdi. Bir Galaktikanyň çäginde maddanyň we antimaddanyň garyndysy bolup bilmez. Şoňa görä-de ähli galaktikalar antikwarklardan ybarat bolman, kwarklardan ybaratdyr diýlen çaklama hakykata has golaýdyr.

*Beýik birleşme nazaryýetiniň* üstünligi protonyň dargamasynyň açylmagy bolýar. Soňky maglumatlara görä, protonyň orta ýaşayyş wagty  $1,6 \cdot 10^{33}$  ýyldan hem köpdür. Emma häzirikçe bu dargama bellige alynmady (görülmädi).

Mikrofizikanyň esasy meseleleriniň biri *Älemde belli bolan dört sany düýpli özara täsirleri: grawitasiýa, elektromagnit, güýçli we gowşak özara täsirleri birleşdirýän «Hemme zadyň nazaryýetini» (Theory of Everything) döretmekdir.* Bu nazaryýeti meýdanyň «*Super birleşme nazaryýeti*» (*Theory of Superunification*), «*Meýdanyň Bütewi nazaryýeti*» ýa-da «*Bütewi meýdanyň nazaryýeti*» diýip hem atlandyryýarlar. Bu nazaryýetiň garaýşyny (konsepsiýasyny) Eýnşteýn umumy görälik nazaryýetinde beýan etdi we *hemme zadyň nazaryýetini* döretmeklige ömrüniň köp bölegini bagyş etdi. Eýnşteýn ähli fundamental özara täsirler (şol



döwürde diňe grawitasiýa we elektrpomp magnit özara täsirler bellidi) käbir *Bitewi meýdandan* emele gelýärler diýip çaklady. Eýnşteýn grawitasiýany dört ölçegli giňişlik-wagtyň egrelmesi hökmünde düşündirdi, emma ol grawitasiýany elektromagnit özara täsir bilen birleşdirmäge ýetişmedi.

*Meýdanyň Bütewi nazaryýetiniň (ýa-da Hemme zadyň nazaryýetiniň we beýlekileriň)* ilkinji görnüşi nemes alymlary Dawid Gilbert (1862–1943 ý.) we German Weýl (1885–1955 ý.) tarapyndan hödürlenildi. Gilbert we Weýl, ondan soňra Eýnşteýn umumy görälik we elektromagnit nazaryýetlerini birleşdirmek ýeterlik diýip hasap etdiler. Şeýle hem ilki başda, kwant mehanikasynyň ýeterlik derejede ösmänligi sebäpli, olar (umumy görälik we elektromagnit meýdanynyň nazaryýetleri) kwantlanan bolmaly diýip hasap edilmedi.

*1-nji tablisada* tebigatdaky düýpli (fundamental) özara täsirleriň görnüşleri, meýdanyň kwanty, täsiriň täsir radiusy, özara täsir konstantasynyň ululyk derejesi we täsirleriň ýüze çykyş mysallary getirilen.

*1-nji tablisa*

**Tebigatdaky düýpli (fundamental) özara täsirler**

Özara täsirler	Meýdanyň kwanty	Täsir radiusy, <i>sm</i>	Özara täsir hemişeligiň ululyk derejesi	Ýüze çykyş mysaly
Güýçli	Glýuon	$10^{-13}$	10	Ýadrolar, adronlar
Elektromagnit	$\gamma$ - kwant	$\infty$	$10^{-2}$	Atom
Gowşak	$W^+$ , $W^-$ , $Z^0$	$10^{-16}$	$10^{-6}$	$\beta$ -dargama
Grawitasiýa	Grawiton, $G$	$\infty$	$10^{-40}$	Agyrlyk güýji

Doly däl hem bolsa ýeterlik derejede umumy görälik nazaryýetiniň we elektrodinamikanyň birleşmegi Kalusa – Kleýniň nazaryýetleriniň çäklerinde çözüldi. Kalusa – Kleýniň nazaryýetine giňişleýin seredeliň.

XX asyryň başlarynda Älemiň gözegçilik edilýän üç giňişlik we birwagt ölçeglerinden başga, köp ölçeglere eýedigini baradaky çaklama döredi. Muňa Kalusa – Kleýniň nazaryýeti sebäp boldy. *Kalusa – Kleýniň nazaryýeti* iki fundamental özara täsirleri (grawitasiýa we elektromagnit) birleşdirmäge mümkinçilik berýän grawitasiýanyň nazaryýetleriniň biridir. Nazaryýet ilkinji gezek nemes matematigi Teodor Frans Eduard Kalusa (1885–1954 ý.) tarapyndan 1921-nji ýylda çap edildi. Ol bu işinde Minkowskiň 4 ölçegli giňişligini 5 ölçegli giňişlige çenli giňeltdi we umumy görälik nazaryýetinden Maxwelliň deňlemelerini aldy. T. Kalusanyň üç ölçegden hem köp ölçegli giňişlikleriň bardygy baradaky pikirini 1926-njy ýylda şwed fizigi Oskar Kleýn (1894–1977 ý.) ösdürdi.

Kalusa – Kleýniň pikirleri arkaly köp ölçeglere daýanýan nazaryýetleri döretmeklik mümkin boldy. Goşmaça ölçegleriň ulanylmagy, näme üçin grawitasiýanyň täsiriniň beýleki özara täsirleriň görnüşlerinden ep-esli gowşakdygy baradaky soraga jogap bermäge kömek etdi. Umumy kabul edilen pikire görä grawitasiýa goşmaça ölçeglerde ýüze çykýar, şol sebäpli onuň täsiri gözegçilik edilýän ölçegleri gowşadýar.

Bu nazaryýet kalibrowka meýdanlarynyň geometriki düşündirilişiniň başyny başlan ilkinji şowly nazaryýetleriň biri boldy. Şeýle hem bu nazaryýet tejribe arkaly tassyklanan açyşlara getirmese hem, belkem ilkinji şowly ulanylan, emma içki gapma-garşylykly däl we mazmun taýdan baý, tejribä ters gelmeýän, birleşdiriji nazaryýet boldy.

Kalusa – Kleýniň nazaryýeti häzirki zaman tarlar nazaryýetinde ulanylýar we ösüşe eýe bolýar. Kalusa – Kleýniň nazaryýeti tarlar nazaryýetini we supertarlar nazaryýetini döredijileriň biri, inlis fizigi-nazaryýetçisi Maýkl Boris Grin (1946-njy ýylda doglan) we tarlar nazaryýetini döredijileriň biri, amerikan fizigi-nazaryýetçisi Jon Genri Şwars (1941-nji ýylda doglan) tarapyndan *supertarlar nazaryýetinde* ulanyldy. Dört özara täsirleri birleşdirýän bu nazaryýet 10 ölçegli giňişlige daýanýar.

Eýnşteýniň pikiri W.S. Leonow (Леонов В.С. Квантовая энергетика, том 1. Теория Суперобъединения. – CISP, 2010, 745 стр.) tarapyndan döredilen grawitasiýa, elektromagnit, ýadro we gowşak güýçleri bir nukdaý nazara birleşdirýän Super birleşme nazaryýetinde amala aşyryldy. Oňa görä *Super birleşme nazaryýeti başınjy fundamental birleşdiriji özara täsiriň (başınjy güýjüň)* açylmagyna esaslanýar. Bu başınjy fundamental birleşdiriji özara täsir (başınjy güýç) *aşagüýçli elektromagnit özara täsir* görnüşinde ýüze çykýar. Aşagüýçli elektromagnit özara täsir – bu Eýnşteýniň ähli belli elektromagnit, grawitasiýa, güýçli we gowşak fundamental güýçleri birleşdirýän Bütewi meýdanydyr.

*Kwant energetikasy* 1996-njy ýylda W.S. Leonow tarapyndan açylan täze fundamental açyşlara, ýagny *giňişlik – wagtyň kwantyna (kwantona) we aşagüýçli elektromagnit özara täsire* esaslanýar. Täze fundamental açyşlaryň esasynda fundamental özara täsirleriň Super birleşme nazaryýeti döredildi. Emma esasy zat, täze fundamental açyşlar kwant energetikasynyň ösmeginde ägirt uly ähmiýete eýedir. Älemde energiýanyň ýeke-täk çeşmesi bolup aşagüýçli elektromagnit özara täsiri äkidiji bolup hyzmat edýän dört ölçegli giňişlik-wagtyň kwanty bolan *kwantondyr*.

2007-nji ýylda amerikan fizigi Garret Lis tarapyndan «*Hemme zadyň örän ýönekey nazaryýeti*» (inlisçe *An Exceptionally Simple Theory of Everything*) – tebigatda bar bolan ähli belli fiziki özara täsirleri birleşdirýän meýdanyň bütewi nazaryýeti hödürlendi. Bu nazaryýetde käbir nätakyklyklar we çözülmeli meseleler bolsa hem, käbir belli fizikleriň aýtmaklaryna görä bu nazaryýet *meýdanyň Bitewi nazaryýetlerini* döretmekde täze ugry açmagy mümkin.

Fizikleriň ylmy jemgyýetinde «*Hemme zadyň nazaryýetini*» Älemiň fundamental kanuny diýip hasap etmelimi diýen jedeller dowam edýär. Käbir nukdaý-

nazara görä «*Hemme zadyň nazaryýeti*» – bu Älemiň fundamental kanunydyr we älemi beýan edýän beýleki ähli nazaryýetler ondan gelip çykýan netijeler ýa-da çäk ýagdaýlarydyr diýilýär.

«*Hemme zadyň nazaryýetiniň*» iň kyn meselesi görnýän Älemiň häsiýetlerini takyk kesgitlemegiň başartmaýanlygydyr. Ýagny grawitasiýanyň kwant nazaryýetleriniň aglabasy erkin ölçeg sanly ýa-da erkin bahaly kosmologik hemişelikleri bolan Älemleriň bardygyny çaklaýar. Käbir alymlaryň pikirine görä, hakykatda köpsanly Älemler bar, emma diňe olaryň az mukdarynda ýaşayş bolmagy mümkin, diýmek Älemiň fundamental hemişelikleri antrop prinsipi bilen kesgitlenmeli.

«*Hemme zadyň nazaryýeti*» döredilen, ýagny Super birleşme mümkin bolan ýagdaýynda ençeme soraglar ýüze çykýar. Olaryň esasyalary aşakdakylardan ybarat:

*Fiziki özara täsirleriň düýpli (fundamental) diýip atlandyrylýan görnüşleri haýsy manyda düýplidirler (fundamentaldyrlar)?*

*Birinjiden, häzirki wagtda hakyky elementar bölejikler diýip kwarklar, leptonlar, wektor bozonlar, fotonlar, glýuonlar we gipotetik (hyýaly) grawitonlar hasaplanylýar.* Olaryň arasyndaky özara täsir güýçli, elektromagnit, gowşak we grawitasiýa güýçleriň üsti bilen amala aşyrylýar. Bu özara täsir güýçleri fundamental hasaplanylýar, sebäbi olaryň her birini beýlekisinden gönüden-göni matematiki getirip çykarmak we beýleki özara täsirleriň üsti bilen fiziki taýdan düşündirmek mümkin däl.

*Ikinjiden, fundamental özara täsirleriň özbaşdak görnüşde bar bolmagyna şaýatlyk edýän sypat bolup, hil taýdan tapawutly zarýadlaryň – äkidiji bolup massa hyzmat edýän grawitasion zarýadyň, elektrik zarýadyň hem-de gowşak we güýçli (barion ýa-da reňkli) ýadro zarýadlarynyň bolmagydyr.* Bu zarýadlaryň biriniň beýlekä degişli edilmezligi fundamental özara täsirleriň mukdar aýratynlygy bilen ýüze çykarylýar. Adaty meýdan garaýyşlara laýyklykda ol ýa-da beýleki tebigaty bolan zarýadlar degişli meýdanlary döredýärler. Bu meýdanlaryň kwantlary bolup foton, wionlar (wektor bozonlary), glýuonlar we grawitonlar hyzmat edýärler.

*Üçünjiden, fundamental özara täsirleriň görnüşleri baglanyşyk hemişelikleri (konstantalary) diýip atlandyrylýan ululyklar boýunça tapawutlanýarlar.* Umuuman, ölçegsiz baglanyşyk konstantalary özleriniň üýtgemelerini energetiki, ýagny giňişlik-wagt parametrlerine baglylykda ýüze çykarýarlar. Kadaly şertlerde ( $1\text{ GeV}$  energiýada) olaryň görälik bahalary (intensiwligi), degişlilikde, güýçli, elektromagnit, gowşak we grawitasion özara täsirler üçin aşakdaky ýalydyr:  $S$  – güýçli özara täsir (*the strong interaction*)  $\sim 10$ ,  $EM$  – elektromagnit özara täsir (*the electromagnetic interaction*)  $\sim 10^{-2}$ ,  $W$  – gowşak özara täsir (*the weak interaction*)  $\sim 10^{-6}$ ,  $G$  – grawitasion özara täsir (*the gravitational interaction*)  $\sim 10^{-40}$ .

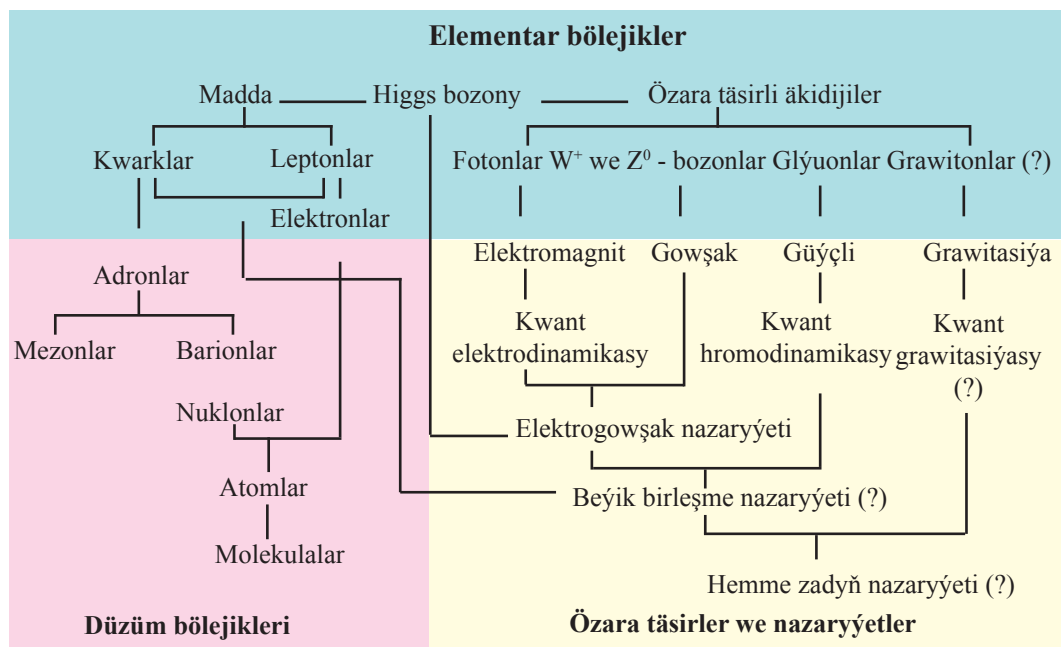
Emma eýýäm  $10^{-17}\text{ sm}$  aralyklarda üç özara täsirleriň effektiw baglanyşyk konstantalary düýpli ýakynlaşýarlar:  $S \sim 1/10$ ,  $W \sim 1/27$ ,  $GU \sim 1/40 \sim 1/29$ . Birleşdiriji nazaryýetleriň gözlegleri diňe şu ugurlarda, ýagny ilki «*Beýik birleşmäniň*» nazary modeli, soňra bolsa «*Super birleşme*» nazaryýeti gözleniler. «*Beýik birleş-*

*me*» modelinde geljekki tizlendirijilerde-de, kosmos şöhlelerinde hem absolýut alyp bolmajak aşa ýokary energiýalarda elektrogowşak we güýçli özara täsirleriň baglanyşyk konstantalarynyň birleşmegi göz önünde tutulýar.  $10^{-29}$  sm aralyklarda we  $10^{15}$  GeV energiýadan ýokary bolan energiýalarda deňişli *baglanyşyk konstantasy*  $GU \sim 1/40$ -a deň bolar.

Häzirki zaman fizikasy *Hemme zadyň nazaryýetinden* häzirki döwürde belli bolan baş sany özara täsirleriň (grawitasiýa özara täsiri, elektromagnit özara täsiri, güýçli ýadro özara täsiri, gowşak ýadro özara täsiri, Higgs meýdany) birleşdirilmegini talap edýär. Mundan başga-da bu nazaryýet ähli elementar bölejikleriň häsiýetlerini düşündirmelidir (*2-nji tablica*).

*2-nji tablisada* elementar we düzümler bölejikleri, olary beýan edýän özara täsirleriň nazaryýetleri getirilen.

2-nji tablica



Fundamental özara täsirleri birleşdirmek üçin dürli çemeleşmeler ulanylýar. Häzirki wagtda «*Hemme zadyň nazaryýetine*» esasy dalaşgär hökmünde tarlar nazaryýeti, grawitasiýanyň halkaly nazaryýeti, Kalusa – Kleýniň nazaryýeti we  $M$  – nazaryýet hasaplanýar.  $M$  – nazaryýet - *fundamental özara täsirleri birleşdirmek maksady bilen döredilen häzirki zaman fiziki nazaryýet*. Bu nazaryýetde derňelýän obýekt hökmünde «*bran*» (köpölçegli membrana) diýip atlandyrylýan iki ölçegli sozulan ýa-da köp ölçegli ( $n$ -*bran*) obýekt ulanylýar.

Şeýle hem *Hemme zadyň nazaryýeti* (*Super birleşme*) gönüden-göni kosmologiýanyň we kosmogoniýanyň meseleleri, ýagny Älemiň ýaşy we beýleki parame-

trleri bilen baglanyşyklydyr. Super birleşme tebigatyň ähli fundamental güýçleriniň bir nusga getirilmegini (*unifikasiýa*) göz önünde tutýar. Elementar bölejikleriň, wakuumyň we gravitasiýanyň arasyndaky baglanyşygy ýüze çykarmaga synanyşan dürli modeller döredildi. Olaryň ählisi özara täsirleriň köpölçegli düşündirilişine esaslanýarlar. Bu mesele dogrusynda Ý.B. Zeldowich we L.P. Grişuk şeýle diýýärler: «*Hemme zadyň nazaryýeti (theory of everything, gysgaça – TOE)*» dörär. *Bu nazaryýet dartylmany tebigatyň beýleki güýçleri bolan elektromagnit, gowşak özara täsir we hromodinamika bilen birleşdirer. Ondan başga-da, umumy pikire görä TEO barlaghana tejribelerinde häzirki wagta çenli açylmadyk täze bölejikleri we meýdanlary önünden aýdar. Bu bölejikler we meýdanlar kosmologiýada uly ähmiýete eýe bolup bilerler. Şeýle hem ençeme alymlar TEO-nyň esasynda dört ölçegden köp bolan (mysal üçin, 10, 11, 26 ? ölçegli) giňişligiň bolmagyny çaklaýarlar*». Bu ugurda diňe ilkinji ädimler ädildi, häzirligçe *Super* özara täsiriň (*Hemme zadyň nazaryýetiniň*) anyk modeli döredilmedi.

Inflýasion kosmologiýanyň çäginde *haotiki çişme modeline* seredilýär. Oňa laýyklykda dünýämiziň häzirki global geometriýasy Fridmanyň dünýä geometriýasyndan düýbünden tapawutlanýar. Oňa görä Älem, dürli häsiýetli aýratyn *fridman* kiçi Älemlerden ybarat. Ýer ýaşaýşyna meňzeş ýaşaýş diňe şeýle şertleri ýeterlik bolan kiçi Älemleriň çäklerinde döräp biler. Şeýle kiçi Älemleriň käbirlerinde giňişlik-wagt ölçegliligi dörtünden tapawutly hem-de gowşak, güýçli we elektromagnit özara täsirleriň ýerine bolsa düýbünden başga baglanyşyk hemişelikleri bolan özara täsirleriň bar bolmagy mümkin.

### 30.2.6. Supersimmetrik bölejikler meselesi. Birölçegli tarlar nazaryýeti

Häzirki zaman fiziki garaýyşlara görä, *simmetriýa* dünýämiziň ajaýyp häsiýetleriniň biridir. Ýokarda «*saklanma kanunlarynyň*» giňişlik-wagt simmetriýasy bilen baglanyşygy barada aýdypdyk (*Neteriň nazaryýeti*). Bu nazaryýete görä simmetriýanyň kesgitli toparynyň barlygyndan gelip çykýan saklanma kanunlary, adatyça, öwrenilýän zatlaryň häsiýetleri baradaky maglumatlaryň esasy çeşmesi bolýarlar, ýagny giňişligiň birjynslylygy we izotroplygy impulsyň saklanma kanunyna we impulsyň momentiniň saklanma kanunyna getirýär. Şuňa meňzeş ýagdaý *kalibrowka simmetriýasyndan* gelip çykýan zarýadyň saklanma kanuny ýerine ýetýän elektrodinamikada hem ýüze çykýar. Ýadro fizikasynda hem simmetriýanyň dürli görnüşleri bilen bagly bolan «*saklanma kanunlary*» bardyr.

Alymlaryň ünsüni has ýokary derejede özüne çekýän, simmetriýanyň ýene-de bir görnüşü bardyr. Bu *spin boýunça simmetriýadyr*.

*Supersimmetriýa* ýa-da *Fermi-Boze simmetriýasy* – *tebigatda bar bolan bozonlary we fermionlary baglanyşdyrýan hyýaly simmetriýadyr*. Supersimmetriýanyň



hyýaly öwürmeleri bozon we fermion kwant meýdanlaryny biri-birine öwürlip biler ýaly baglanyşdyrýar. Ilkinji gezek supersimetriýa çaklamasyny 1973-nji ýylda awstriýaly fizik Ýulius Bess (1934–2007 ý.) we italýan fizigi Bruno Zumino (1923–2014 ý.) ýadro bölejiklerini beýan etmek üçin ulandylar. Supersimetriýanyň nazaryýetiniň matematik guralyny 1971–1972-nji ýyllarda öňki SSSR Ylymlar akademiýasynyň Fizika institutynyň işgärleri Ýuriý Golfand (1922–1994 ý.) we Ýewgeniý Lihtman (1946-njy ýylda doglan), şeýle hem Harkowyň (Ukraina) Fiziki-tehniki institutynyň işgäri Wladimir Akulow (1944-nji ýylda doglan) we Dmitriý Wolkow (1925–1996 ý.) tarapyndan hödürlendi. Soňra supersimetriýanyň algebrasy fizikanyň beýleki bölümlerinde hem üstünlikli ulanylyp başlandy.

Supersimetriýa meselesi indi birnäçe wagtdan bari diňe täsin (ekzotik) çaklama hökmünde kabul edilmän, eýsem ol, Standart modeli giňeldýän, elementar bölejikleriň nazaryýetiniň gurluşynyň bir görnüşi hökmünde kabul edilýär.

Häzirki zaman ýokary energiýalar fizikasynyň esasy fiziki modeli bolan Standart model supersimetrik däl, emma ol supersimetrik nazaryýete çenli giňeldilip bilner. Standart modeliň minimal supersimetrik giňelmesine «*minimal supersimetrik Standart modeli (MSSM)*» diýilýär. *MSSM*-iň birinji görnüşini 1981-nji ýylda amerikan fizigi Goward Jorji (1947-nji ýylda doglan) we grek alymy Sawas Dimopulos (1952-nji ýylda doglan) hödürlediler. *MSSM*-e Standart modeliň her bir meýdany bilen supersimetrik multipler gurmak üçin goşmaça meýdanlary goşmak zerurdyr. *Maddy fermion meýdanlary* – kwarklar we leptonlar – üçin *skwarklar* we *sleptonlar* diýilýän *skalýar meýdanlary*, ýagny Standart modeliň her bir meýdany üçin iki meýdany girizmek zerurdyr. *Wektor bozon meýdanlary* üçin – glýuonlar, fotonlar, *W*- we *Z*-bozonlar üçin *glýuino*, *fotino*, *zino* we *wino* girizilýär.

Supersimetrik nazaryýeti supersimetrik bölejikleriň barlygy sebäpli bize belli elementar bölejikleriň sanynyň azyndan iki esse artýandygyny çaklaýar. Meselem, her bir bölejige – *fermiona supersimetrik bölejik bolan bozon degişlidir*, diýip hasaplanylýar. Spini  $1/2$ -e deň bolan *elektrona*, spini  $1$ -e deň bolan supersimetrik bölejik – *elektrino* degişlidir. Spini  $S = 0$  bolan *fotona*, spini  $S = 1/2$  bolan *fotino*, *neýtrino* bölejigine – supersimetrik bölejik *neýtralino* – *kwark üçin skwark*, *higgs bölejik üçin higgsino* we ş.m. degişlidir. Supersimetrik bölejikleriň spinleri başlangyç bölejikleriň spinleriniň bahasyndan ýarym bitin san tapawutlanmalydyrlar.

Supersimetriýa 2016-njy ýyla çenli tejribede tassyklanmadyk hyýaly çaklama bolup galýar. Simmetriýanyň düýp manysynda biziň dünýämiziň supersimetrik däldegi örän takyk kesgitlenendir. Sebäbi islendik supersimetrik modelde supersimetrik öwürmeler bilen baglanyşykly bolan fermionlar we bozonlar birmeňzeş massa, zaryada we beýleki kwant sanlaryna (spinden başgasy) eýe bolmalydyrlar. Bu talap tebigatda belli bolan bölejikler üçin ýerine ýetmeýär. Emma muňa garamazdan, käbir energetik çägiň (limitiň) bardygy, bu çäkden ýokarda meýdan-

laryň supersimmetrik öwürmelere boýun egýändigini, limitiň çäginde bolsa boýun egmeýändigini çaklanýar. Onda bu ýagdaýda adaty bölejikleriň supersimmetrik bölejikleri adaty bölejikler bilen deňeşdirilende örän agyr bolmaly we şol sebäpli olary häzirlilikçe aýan etmek başartmady.

Supersimmetrik bölejikler baradaky nazaryýet örän owadan ideýa. Pol Dirak: «*Bu nazaryýet şeýle bir owadan, şoňa görä-de, tebigatyň ony amala aşyrmazlygy mümkin däl diýen ýalydyr*», belli fizik-nazaryýetçi A.D. Saharow bolsa «*Supersimmetrik garaýyş elementar bölejikleriň nazaryýetinde täze ugry açan beýik garaýyşdyr*» diýdi.

Adaty bölejikleriň supersimmetrik bölejiklerini gözlemeklik häzirki zaman ýokary energiýalar fizikasynyň esasy meselesiniň biridir. Ýokary energiýalar fizikasynyň hünärmenleri supersimmetrik modelleriň dürli görnüşlerini we olardan gelip çykýan netijeleri öwrenýärler. Supersimmetrik bölejikleriň Uly Adron kollaýderinde açylmagyna garaşylýar.

Eger supersimmetrik bölejikler tapylsa, onda astrofizikadaky «*Garaňky materiýanyň*» hem nämedigi has düşnükli bolar. «*Garaňky materiýa*» – diňe grawitasiýanyň kadadan çykmalary (anomaliýalary) boýunça bellige alyp bolýan, Älemdäki göze görünmeýän zatlaryň birleşmesidir. Alymlaryň pikirlerine görä, bu supersimmetrik bölejiklerden ybarat bolan, haýsy-da bolsa bir ulgam bolmagy mümkin. Munuň şeýledigini bellemek üçin, ilkinji nobatda supersimmetrik bölejikleri tejribede tapmaly.

Mikrofizikada *Plank* ýa-da *grawitation uzynlyk*  $l_g = 1,6 \cdot 10^{-33} \text{ sm}$  diýlip atlandyrylýan käbir *fundamental uzynlyk* kabul edilendir, ol möhüm ähmiýete eýedir.

Tebigatda *Plank uzynlygynyndan* kiçi uzynlyk ýok hasap edilýär. *Plank* uzynlygy  $t_g = l_g / c \approx 10^{-43} \text{ s}$  *Plank wagty* bilen giňişlik – wagt kwantlaryny döredip geljekde dörediljek grawitasiýanyň kwant nazaryýetiniň esasy düzär. Akademik W.L. Ginzburgyň pikirine görä: «*l<sub>g</sub> plank uzynlygynyň fiziki manysy şundan ybarat, ýagny kiçi masştablarda grawitasiýanyň nusgawy relýatiwistik nazaryýetinden, hususan-da Eýnşteýn tarapyndan 1915-nji ýylda döredilen umumy görälik nazaryýetinden peýdalanmak mümkin däl*».

Häzirki döwürde, häzirki zaman tizlendirijilerde ýetilen in kiçi «*nyşana alyş aralygy*»  $l_f \approx 10^{-17} \text{ sm}$ -e deňdir. Şeýlelikde,  $l_f \approx 10^{-17} \text{ sm}$  we  $l_f / c \approx 10^{-27} \text{ s}$  wagta çenli häzirki bar bolan giňişlik-wagt koordinatalary ulanarlykdyr.  $l_f$ -iň bahasy *Plank uzynlygynyň*  $l_g$  bahasyndan 16 dereje tapawutlanýar. Şoňa görä-de, *fundamental uzynlyk* baradaky sorag ylym üçin derwaýslygynda galýar.

Täze nazary çemeleşmeler diňe bir fundamental bölejikleriň tebigatyna çuň düşünmäge mümkinçilik bermän, eýsem ol giňişlik we wagt meseläniň tebigatyna düşünmäge hem mümkinçilik berer.

*Tarlar nazaryýeti (birölçegli tarlar nazaryýeti diýlip hem aýdylýar) nokatlanç zaryadlaryň däl-de, kwant tarlary diýip atlandyrylýan birölçegli uzyn jisimleriň*

özara täsir dinamikasyny öwrenýär we häzirki wagtda nazary fizikada iň öňdäki ugurlaryň biridir. Tarlar nazaryýeti kwant mehanikasynyň we görälik nazaryýetleriniň ideýalaryny baglanyşdyrýar. Şol sebäpli onuň esasynda kwant gravitasiýasynyň geljekki nazaryýeti gurulmagy mümkin. Tarlar nazaryýeti ähli elementar bölejikler we olaryň fundamental özara täsirleri, ölçegleri  $l_g \approx l_s \approx 10^{-33} \text{ sm}$  (Plank uzynlygy) bolan, ultra mikroskopik kwant tarlarynyň yrgyldylary we özara täsirleri netijesinde döreýär diýlen çaklama esaslanýar. Tarlaryň kwant nazaryýeti 1970-nji ýyllaryň başlarynda adronlaryň gurluşynyň tar modelleri bilen baglanyşykly bolan italýan fizigi Gabriele Wenesianonyň (1942-nji ýylda doglan) formulalaryny derňemek netijesinde döredi.

«Tarlar» adalgasynyň deregine, köplenç, «supertarlar» adalgasy ulanylýar. Bu ony *birinjiden*, *kosmos tarlary* (astrofizikada şeýle düşünje bar) bilen çalyşmazlyk üçin we *ikinjiden*, olaryň supersimmetriýasynyň bolmagynyň mümkindigini aýratyn bellemek gerek. Supersimmetriýa tarlar nazaryýetinde ilkinji gezek fransuz fizigi Pýer Ramonyň (1943-nji ýylda doglan), amerikan fizikleri Jon Şwarsyň (1941-nji ýylda doglan) we Andre Newýonyň işlerinde ulanyldy.

Kwant mehanikasynda we meýdanyň kwant nazaryýetinde elementar bölejikleri nokatlanç hasaplaýarlar. Hakykatda, nokatlanç bölejikleriň nazaryýeti düýpli (fundamental) däl-de, tarlaryň nazaryýeti fundamentaldyr. Tarlar gutarnykly uzynlykly (käbir kesim) ýa-da halka görnüşli bolup bilýärler. Tarlar adaty dört ölçegli giňişlikde hereket etmän, 10 ýa-da 11 ölçegli giňişlikde hem hereket edýärler. Olar bozon – fermion simmetriýasyna eýedirlär, ýagny *supertarlardyr*. Supertarlar köpölçegli *supermembranalara* birleşendirler. Tarlar nazaryýetiniň üstünligi aşa ýokary energiýaly bölejikler bilen geçirilýän tejribelere baglydyr. Nazary fizika häzirlikçe birnäçe soraglara jogap berip bilmeýär, meselem, gravitasiýanyň kwant nazaryýetini nähili gurmaly we ony beýleki özara täsirleriň nazaryýeti bilen nähili birleşdirmeli. Umuman, çözülmelik düýpli meseleler örän köp.

### 30.2.7. CP inwariantlygyň bozulmagy

Fiziki nazaryýetler zadyň başlangyç haly boýunça onuň geljekde özüni alyp barşyny kesgitleýär diýip hasaplaýarlar. Simmetriýa (inwariantlyk) prinsipleri umumy häsiýetde bolýar, ýagny oňa ähli fiziki nazaryýetler boýun egýärler. Käbir öwürmä görä fiziki kanunlaryň simmetriýasy diýip öwürme amala aşyrylanda bu kanunlaryň üýtgemeyänligine aýdylýar. Diňe şol sebäpli simmetriýa prinsipini belli fiziki kanunlaryň esasynda döretmek mümkin. 1918-nji ýylda nemes matematigi S. Neter tarapyndan fiziki ulgamyň simmetriýa häsiýetleri bilen saklanma kanunlarynyň arasyndaky baglanyşygy beýan edýän nazaryýet döredildi. Bu nazaryýete görä eger üýtgeýän ululyklaryň haýsy bolsa-da bir öwürmesinde ulgamyň häsiýetleri üýtgemeyän bolsalar, onda oňa käbir fiziki ululygyň saklanmagy degişlidir.

Diymek, ulgamyň häsiýetleriniň hasaplanýş wagtynyň başlangyjyny saýlap almak-lyga bagly dälidi, energiýanyň saklanma kanunyna laýyk gelýär.

Ýöne, eger haýsy bolsa-da bir fiziki hadysanyň nazaryýeti döredilmedik bolsa, onda tejribede açylan simmetriýalar, nazaryýeti döretmek üçin uly ähmiýete eýe bolýarlar. Bu ýerde nazaryýeti heniz döredilmedik, güýçli özara täsirleşýän elementar bölejikleriň – adronlaryň tejribede kesgitlenen simmetriýalarynyň wajyplygy düşnükliidir.

1956-njy ýylda Li Çzendau we Ýang Çžennin fizikanyň kanunlarynyň bölejikler we antibölejikler üçin birmeňzeş dälidigini görkezdiler. Gowşak özara täsirler  $C$  simmetriýa we  $P$  simmetriýa boýun egmeýär. Bu bolsa gowşak özara täsirleriň netijesinde Älemiň ösüşiniň onuň zerkal şekiliniň ösüşinden tapawutly bolmalydygyny aňladýar. Başgaça aýdanymyzda, antibölejiklerden ybarat bolan Älem, bölejiklerden ybarat bolan Älemimizden özüni başgaça alyp barar. Eger Älemi aýnada şekillendirip, onuň her bölejigini antibölejik bilen çalşysak, gowşak özara täsir her niçik hem bolsa kombinirlenen  $CP$  simmetriýa boýun egmeli bolar diýlen umyt bar. Älemiň ösüşi onuň zerkal serpişmesiniň (şekiliniň) ösüşi ýaly bolup geçmeli. 1957-nji ýylda hytaý we amerikan fizikleri Li Çzendau (1926-njy ýylda dogulan) we Ýang Çžennin (1922-nji ýylda dogulan) «*elementar bölejikleriň fizikasynda wajyp açyşlara getiren jübütlik kanunyny derňändikleri üçin*» fizika boýunça Nobel baýragyna mynasyp boldular.

Emma bu umyt hem amala aşmady, 1964-nji ýylda D. Kronin we W. Fitç kombinirlenen  $CP$  simmetriýanyň hem bozulýandygyny ýüze çykardylar. Bu ýerde ulanylan nyşanlar  $C$  – bölejigi antibölejik bilen çalyşmagy;  $P$  – çep we sag orunlar çalşandaky zerkal serpişmegi;  $T$  – ähli bölejikleriň hereket ugurlarynyň tersine üýtgemegini aňladýar.

$CPT$  nazaryýetine görä, kwant mehanikasynyň we görälik nazaryýetiniň prinsipine boýun egýän islendik nazaryýet elmydama  $CPT$  kombinirlenen simmetriýa görä inwariantdyr, ýagny bölejikleri antibölejikler bilen çalşyp, olaryň hemmesini aýnada şekillendirsek we wagtyň ugruny üýtgetsek, Älemiň özüni alyp barşy üýtgemez. D. Kroniniň we W. Fitçiň alan netijeleri bolsa bölejikler antibölejikler bilen çalşyrylanda we zerkal şekillendirilende, emma wagtyň öňki ugry saklananda, fizikanyň kanunlarynyň üýtgemelidigine şaýatlyk edýär, ýagny olar  $T$  simmetriýa görä inwariant bolmazlar, netijede şeýle şertlerde Älem özüni başgaça alyp barar.

1980-nji ýylda amerikan fizikleri Jeýms Uotson Kronin (1931–2016 ý.) we Wal Logsdon Fitç (1923–2015 ý.) «*bitarap  $K^0$  – mezonlaryň dargamasynda fundamental prinsipleriň bozulmalaryny açandyklary üçin*» fizika boýunça Nobel baýragyna mynasyp boldular.

Bu ýerde näme üçin Älem emele gelende kwarklar antikwarklardan köp bolupdyr diýen sorag gelip çykýar. S. Hokingiň pikirine görä,  $T$  simmetriýa görä inwariant bolmadyk güýçleriň täsiri netijesinde Älemiň giňelmegi bilen, *antielek-*

*tronlaryň kwarklara öwrülmegi, elektronlaryň antikwarklara öwrülmeginden köp bolmaly. Älem giňelip we sowandan soň antikwarklar we kwarklar ýok bolarlar, ýagny annigilirlenerler. Emma ýokarda belenişine görä, kwarklar antikwarklardan köp bolupdyr, onda kwarklar haýsy bolsa-da uly bolmadyk artykmaçlykda bolupdyrlar. Bu kwarklardan hem häzirki madda we biziň özümiň hem ybaratdyrys. Şoňa görä-de biziň bar bolmaklygymyza Beýik birleşme nazaryýetiniň hil taýdan tassyklanmagy hökmünde seretmek bolar. Beýik birleşme nazaryýetine grawitasiýa özara täsiri girmeyär. S. Hoking muny onçakly möhüm hasaplamaýar, ýagny elementar bölejikler we atomlar bilen iş salyşýan ýagdaýlarymyzda grawitasiýa güýçleriniň azlygy sebäpli, olary hasaba almasak hem bolar. Şol bir wagtyň özünde ýene-de bir möhüm ýagdaýy hasaba almak gerek, ýagny grawitasiýa güýçleri uzakdan täsir güýçleridir we dartuw güýji hökmünde ýüze çykýarlar. Olaryň täsirleri elmydama jemlenilýär. Bu ýerden şeýle netije gelip çykýar: Maddanyň bölejikleriniň ýeterlik mukdarynda grawitasiýa güýçleri beýleki ähli güýçlerden uly bolar. Şoňa görä-de Älemiň ösüşi diňe grawitasiýa bilen kesgitlenýär.*

Biz adaty dünýäde ýaşaýarys. *Antidünýä barmy?* Uzak wagtyň dowamynda ähli hadysalarda her bir barion (şol sanda protonlar we neýtronlar) antibarionlar bilen birwagtda dogulýarlar, bölejikleriň we antibölejikleriň häsiýetleri birmeňzeş diýip hasap edildi. Mikrodünýäniň bu häsiýetine *CP invariantlyk* diýilýär. Emma, XX asyryň 70-nji ýyllarynda, gowşak, güýçli we elektromagnit özara täsirleşmeleriň *Beýik birleşmesi* diýip atlandyrylýan nazaryýet döredilenden soň, munuň şeýle däl-digi anyklanyldy. Nazaryýetden görnüşine görä, birnäçe proseslerde bölejikler we antibölejikler dürli mukdarda döreyärler we dürli dargaýarlar, ýagny *CP invariantlyk* bozulýar. A.D. Saharowyň (1921-1989 ý.) garaýşyna görä *diňe CP invariantlygyň bozulmagy Älemiň barion asimmetriýasyna getirdi.*

1973-nji ýylda ýapon fizikleri Makoto Kobaýasi (1944-nji ýylda doglan) we Tosihide Maskawa (1940-njy ýylda doglan) *CP invariantlygyň bozulmagynyň* nazaryýetini hödürlediler. Soňra bu nazaryýeti ýapon fizigi, kwant hromodinamikasyny esaslandyryjylaryň biri Ýoitiro Nambu (1921-2015 ý.) giňeltdi. Bu işde aýdylan çaklama görä kwarklaryň üçünji nesli bolmaly. Bu çaklama 1977-nji ýylda *b - kwarkyň* açylmagy bilen tassyklanyldy.

1999-njy ýylda *E. Fermi adyndaky Milli tizlendiriji barlaghanasynda* (Çikago ş., ABŞ) ilkinji gezek  $B^0$  – *mezonyň* dargamasyna gözegçilik etdiler we gowşak özara täsirli proseslerde *CP invariantlygyň bozulýandygyny* tejribede tassykladylar. 2008-nji ýylda Ý. Nambu «*elementar bölejikleriň fizikasynda simmetriýanyň spontan bozulma mehanizmini açandygy üçin*», M. Kobaýasi we T. Maskawa bolsa «*tebigatda kwarklaryň azyndan üç nesliniň bardygyny öňünden aýtmaga mümkinçilik beren, simmetriýanyň bozulmagynyň çeşmelerini açandygy üçin*» fizika boýunça Nobel baýraklary berildi.



*CP* invariantlyk meselesine *antimateriýanyň* (*antibölejiklerden ybarat bolan materiýanyň*) bardygy baradaky sorag ýakyn ýanaşykdadyr. Antideýtron - dolulygyna antibölejiklerden düzülen ilkinji zatdyr (1965ý.). 1995-nji ýylda *CERN-de* antiwodorodyň atomlary alyndy. Ýöne olar adaty atomlar bilen çaknyşmada sekundyň milliondan bir ülüşinde ýok bolup, örän az wagt ýaşadylar. 2010-njy ýylda antiwodorodyň birnäçe atomy alyndy we olary magnitiň kömegi bilen 0,17 sekunt saklamaklyk başartdy. Bu tejribe *SERN-iň bölejikleriň fizikasy barlaghanasynda ALPHA (Antihydrón Lazer Physics Apparatus)* antiwodorod lazer desgasyň kömegi bilen amala aşyryldy.

Bu desgada metal nyşana protonlar bilen şöhlendirilende alynýan antiprotonlaryň we  $^{22}_{11}\text{Na}$  izotopyň dargamagy netijesinde dogulýan pozitronlaryň özara täsirleri netijesinde antiwodorod alynýar. Antiwodorodyň häsiýetleri öwrenilip fizikler *CPT teoremany* barlamaklygy niýet edinýärler. *CPT* teoremasyny ilkinji gezek Ý. Şwinger 1951-nji ýylda hödürledi.

*CPT teoremasyny* barlamak üçin köp antimadda almaly we barlagçylar üçin näçe wagt gerek bolsa, ony şonça wagt saklanar ýaly etmeli. 2011-nji ýylda *ALPHA* desgasyň kömegi bilen antiwodorodyň atomlaryny 17 *minutlap* saklamak başartdy. Bu üstünlik antimateriýany doly derňemeklige ýol açýar.

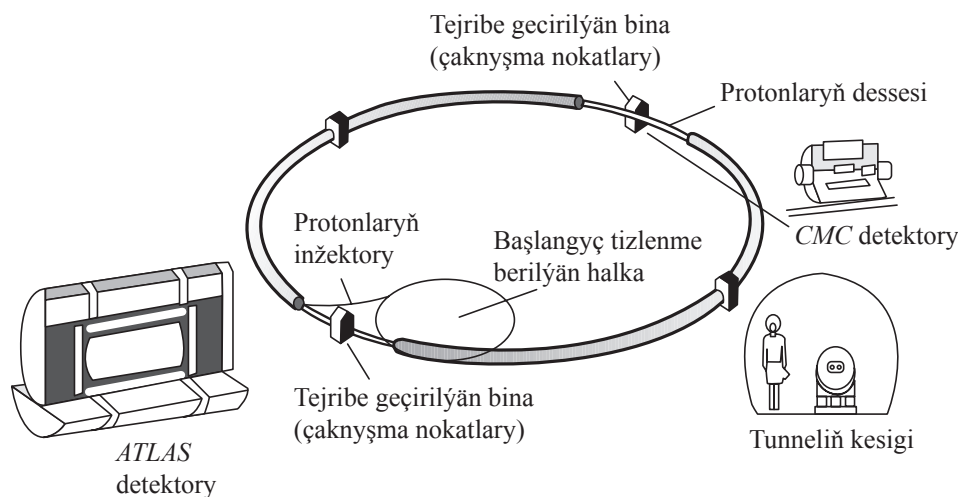
### 30.2.8. Uly Adron kollaýderi (LHC)

Elementar bölejikleriň fizikasynda tejribe fizikasynyň ösüşi diňe bir fizikleri gyzyklandyrmaz, hemmeleri hem gyzyklandyrýar. *Uly Adron kollaýderi* näme, ol fiziklere näme üçin gerek we adamzat üçin peýdalymy? Köp mukdardaky material baýlyklar nämä harçlanýar?

Soňky wagtlarda açylan elementar bölejikleriň köpüsini kollaýderlerde öwrenýärler. *Uly Adron kollaýderi (Large Hadron Collider, LHC)* – garşylykly ugurda hereketlenýän desselerdäki zarýadly bölejikleri tizlendiriji, protonlary we agyr ionlary (gurşunyň ionlary) çaltlandyrmak we olaryň çaknyşmalarynda emele gelýän önümleri öwrenmek üçin niýetlenen desga.

*Uly Adron kollaýderiniň* taslamasynyň ideýasy 1984-nji ýylda döredi we on ýyldan soň resmi makullandy. Onuň gurluşygy öňki tizlendirijiniň – *Uly elektron – pozitron kollaýderiniň* işi tamamlanandan soň, 2001-nji ýylda başlandy we 2008-nji ýylyň güýzünde tamamlandy. Taslamanyň ýolbaşçysy Lindon Ewans.

Kollaýder Ženewa şäheriniň (Şweýsariýa) golaýynda *Ýadro barlaglarynyň Ýewropa merkezinde (CERN-de)* guruldy. *Uly Adron kollaýderi (LHC)* dünýäde iň uly, tejribe geçilýän desgadyr. Bu kollaýderiň gurluşygyna we onda geçirilýän ylmy-barlag işlerine 100-den gowrak ýurtdan 10 000-den gowrak alymlar we inženerler gatnaşdylar.



243-nji surat. Ýadro barlaglarynyň Ýewropa merkezinde gurlan uly adron kollaýderi (LHC)

Bu kollaýderiň «uly» diýilmeginiň sebäbi, ol uly ölçeglere eýe: tizlendirijiniň esasy halkasynyň uzynlygy 26659 m-e deň. Bu kollaýdere «adron» diýilmeginiň sebäbi, bu kollaýderde adronlar, ýagny kwarklardan ybarat bolan agyr bölejikleriň (protonlaryň) desseleri tizlendirilýär. Protonlar bolsa – adronlardyr, şol sebäpli bu desga buýsanç bilen *adron* adyny aldy.

«Kollaýder» (*collider* inlis sözi *bolup çaknyşdyryjy*) diýilmeginiň sebäbi – bölejikleriň dessesi garşylykly ugurda tizlendirilýärler we ýörite çaknyşma nokatlarynda çaknyşýarlar. LHC – Şweýsariýanyň we Fransiýanyň çäkleriniň aşagyn-dan geçýän tunnelde ýerleşýär (243-nji surat). Proton desselerini kadalaşdyrmak (korrrektirlemek) we fokusirlemek üçin 1624 sany aş geçiriji magnit ulanylýar. Bu magnitleriň umumy uzynlygy 22 km-den geçýär. Magnitler 1,9 K (−271°C) temperaturada işleýärler.

LHC beýleki kollaýderleriň energiýalaryndan bir dereje ýokary bolan energiýa bilen elementar bölejikleri tizlendirýän, şol sanda *Brukheywen barlaghanasynda* (ABŞ) işleýän, agyr ionlary tizlendirýän relýatiwistik kollaýderden (RHIC) hem iň ýokary energiýaly tizlendirijidir.

1972-nji ýyldan bäri dünýäde 17 sany kollaýder guruldy. Olaryň birnäçeleri işlemeklerini bes etdiler, beýlekileri işlemekligini dowam etdirýärler. Ýewropada we ABŞ-da iki sany proton-antiproton kollaýderi guruldy, olaryň has bellisi *Fermi adyndaky barlaghanadakydyr* (ABŞ) (1 TeV energiýaly *tewatron*). Onda 1995-nji ýylda  $t - \bar{t}$  kwark açyldy.

Adron kollaýderinde zarýadly bölejikler akym bilen biri-birine tarap garşylykly hereket edýärler. Zarýadly bölejikleri elektromagnit meýdanynyň kömegi bilen ýagtylygyň tizligine barabar tizlik bilen batlandyrylar. Bölejikleriň çaknyşýan

wagtynda kollaýderde kesgitli hadysalar bolup geçýär (energiýanyň bölünip çyk-magy, çaknyşýan bölejikleriň dargamagy we täze bölejikleriň emele gelmegi). Bu hadysalar bolsa alymlaryň içgin öwenýän predmetleri bolup hyzmat edýärler.

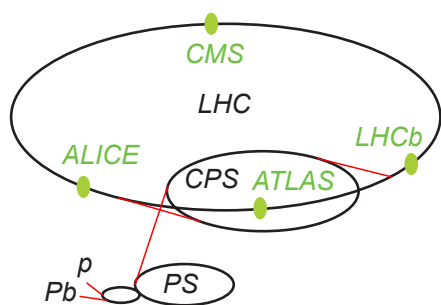
*Uly Adron kollaýderiniň (LHC) gurulmagynyň maksady:*

- Standart modelden gelip çykýan esasy kanunlary we netijeleri barlamak;
- Ähli özara täsirleriň bütewi tebigatyny gözlemek;
- Mikrodünýäde grawitasiýa özara täsiri öwrenmek;
- Giňişlik –wagt düşünjesiniň tebigatyny öwrenmek;

*LHC* Älemde materiýanyň döremeginiň başdaky hadysalaryny görmäge mümkinçilik berer. Çaknyşmalarda uly energiýanyň bölünip çykýandygy netijesinde adron kollaýderinde, «*Uly ýarylyş*» hadysasyndaky madda meňzeş plazma emele gelmeli. Alymlaryň hödürleýän nazaryýetine görä diňe «*Uly ýarylyş*» ilki başdaky materiýanyň üýsmegini emele getiren bolmaly. Şeýle hem *LHC-iň* meselesi goşma-ça ölçegleri we *Gara girdaplary* gözlemekdir.

*LHC* kollaýderi energiýanyň öň alyp bolmaýan çäklerine «*seretmäge*» we bir-näçe nazary modellere çäklendirme berýän ylmy netijeleri almaga mümkinçilik ber-di. *LHC kollaýderini ulanmak bilen alnan käbir işleri we açyşlary sanalyň:*

- Adron çüwdüriminiň döremek hadysasy öwrenildi;
- Ýadro çaknyşmalarynda kwark-glýuon plazmasynyň döremek alamatlary öňki tejribeler bilen deňeşdirilende has ynandyryjy alyndy;
- Protonlaryň we antiprotonlaryň asimmetriýasynyň ýokdugy görkezildi;
- Öň diňe tewatronda (Batwiýa, Illinoýs şaty, ABŞ) görnen  $t$  - kwarkyň bardygyny tassyklanyldy;
- Massasy  $125,09 \pm 0,24 \text{ GeV}$  bolan *Higgs bozony* açyldy we beýlekiler.



244-nji surat. Uly Adron kollaýderiniň detektorlary we deslapky tizlendirijileri

*LHC-niň ýagtylanmasy* (1 sekuntda  $1 \text{ sm}^2$  meýdandan geçýän bölejikleriň sany) ilki işläp başlanda  $10^{29} \frac{\text{bölejik}}{\text{sm}^2 \cdot \text{s}}$  boldy we ol artmagyny dowam etdirýär. Maksat  $1,7 \cdot 10^{34} \frac{\text{bölejik}}{\text{sm}^2 \cdot \text{s}}$  bolan nominal ýagtylanma ýetmek.

Rus alymlary *LHC-i* gurmaklyga we onda işleýän ähli detektorlary döretmeklige gat-naşdylar. *LHC-de* 4 esasy we 3 sany kömekçi

detektorlar işleýärler (244-nji surat):

- *ALICE* (A Large Ion Collider Experiment);
- *ATLAS* (A Toroidal LHC ApparatuS);
- *CMS* (Compact Muon Solenoid);
- *LHCb* (The Large Hadron Collider beauty experiment);

- *TOTEM* (Total Elastic and diffractive cross section Measurement);
- *LHCf* (The Large Hadron Collider forward);
- *MoEDAL* (Monopole and Exotics Detector At the LHC).

*ATLAS*, *CMS*, *ALICE*, *LHCb* – desseleriň çaknyşýan nokatlarynyň töwereginde ýerleşen uly detektorlar.

Iki kömekçi *TOTEM* we *LHCf* detektorlary, degişlilikde *ATLAS* we *CMS* esasy detektorlary tarapyndan gözegçilik edilýän desseleriň kesişme nokatlaryndan onlarça metr daşlykda ýerleşýärler.

*ATLAS* we *CMS* detektorlary *Higgs* bozonyny we «Standart däl fizikanyň» bozonyny, ýagny *Gara materiýany* gözlemek, *ALICE* gurşunyň agyr ionlarynyň çaknyşmalarynda döreýän kwark – glýuon plazmany öwrenmek, *LHCb* materiýa we antimateriýanyň arasyndaky tapawudy gowy düşünmäge mümkinçilik berýän *b* - kwarklaryň fizikasyny öwrenmek, *TOTEM* protonlaryň ölçegini has takyk ölçemäge, şeýle hem kollaýderiň ýagtylanmasyna gözegçilik etmäge mümkinçilik berýän, çaknyşmaýan bölejikler diýip atlandyrylýan bölejikleriň kiçi burçlara pytramasyny öwrenmek üçin niýetlenen. *LHCf* detektory şol çaknyşmaýan bölejikleriň kömegi bilen modelirlenýän kosmos şöhlelerini öwrenmek üçin ulanylýar. 7-nji detektor – *MoEDAL* detektory haýal hereket edýän agyr bölejikleri gözlemek üçin ulanylýar.

Kollaýderiň işleýän wagtynda çaknyşmalar, desseleriň kesişýän dört nokadynyda, tizlendirilýän bölejikleriň (protonlaryň ýa-da ýadrolaryň) görnüşine bagly bolmazdan birwagtda bolup geçýärler. Şunlukda, garşylykly dessedäki bölejikleriň tizligi ýagtylygyň wakuumdaky tizligine golaý bolýar.

*Uly Adron kollaýderinde (LHC)* bölejikleri tizlendirmek prosesine seredeliň.

*LHC-de (245-nji surat)* garşylykly desselerdäki bölejikleriň tizligi ýagtylygyň wakuumdaky tizligine golaýdyr. Bölejikleri şeýle uly energiýalara çenli batlandyrmak birnäçe tapgyrda bolup geçýär. Protonlaryň we *Pb* gurşunyň agyr ionlarynyň traýektorýasy çyzykly tizlendirijilerde başlanýarlar (degişlilikde, *p* we *Pb* nokatlarda), ýagny birinji tapgyrda pes energiýaly *Linac 2* we *Linac 3* çyzykly tizlendirijileri protonlaryň we gurşunyň agyr ionlaryny pürkýärler, ýagny inžeksiýa edýärler we tizlendirýärler. Soňra bölejikler *PS* – *bustere* we *PS* – *proton sinhrotrona* düşýärler, şunlukda olar 28 GeV energiýa eýe bolýalar. Bu energiýada olar ýagtylygyň tizligine golaý tizlik bilen hereket edýärler. Ondan soň bölejikleriň tizlendirilmesi



245-nji surat. Uly Adron kollaýderi (LHC)

*CPS-de (proton supersinhrotronda)* dowam edýär. Bu ýerde bölejikleriň energiýasy  $450\text{ GeV}$ -a ýetýär. Soňra protonlaryň üýşmegini  $26,7$  kilometr uzynlykly baş halka ugrukdyrýarlar we protonlaryň energiýalaryny  $7\text{ TeV}$  maksimal baha ýetirýärler. Shemada görkezilmedik *TOTEM* we *LHCf* detektorlary, degişlilikde, *CMS* we *ATLAS* detektorlaryň gapdalynda ýerleşýärler. Üýşmekler halkanyň kesgitli ýerlerinde, ýagny detektorlaryň ýerleşen dört nokadynda çaknyşyp bilýärler. Çaknyşma nokatlarynda detektorlar bolup geçýän hadysany bellige alýarlar.

Kollaýderiň içinde, açyk kosmosdaky temperaturadan, takmynan, bir ýarym gradus pes bolan temperatura saklanylýar. Kämil derejede döredilen kriogen ulgamy kollaýderiň içinde  $-271,3^{\circ}\text{C}$  temperaturany döredýär. Açyk kosmosdaky temperatura  $-270^{\circ}\text{C}$  deň. Kollaýderiň içindäki temperaturanyň açyk kosmosdaky temperaturadan hem pes bolýandygyna garamazdan, protonlaryň desseleriniň çaknyşmagy netijesinde kollaýderiň içinde Günün ýadrosynyň temperaturasyndan  $100\,000$  esse uly bolan temperatura döreýär. Sekundyň trilliondan bir bölegi dowamlylykda  $1,5$  trillion  $^{\circ}\text{C}$  temperatura döreýär.

Ähli bölejikleriň massalary nanogramdan geçmeýär we olary abzalsyz göz bilen görüp bolmaýan hem bolsa, *Uly Adron kollaýderi* adronlar bilen doly ýagdaýynda, adronlaryň ähli üýşmeginiň kinetik energiýasy reaktiw uçaryň kinetik energiýasy bilen deňeçerräkdir. Energiýanyň şeýle bahasyna bölejikleriň tizliginiň ýagtylygynyň tizligine golaý tizlik bilen hereket edýandigi sebäpli ýetilýär.  $7\text{ TeV}$  energiýaly protonlaryň tizligi ýagtylygynyň tizliginden, bary ýogy  $3\text{ m/s}$  kiçidir.

Üýşmekler tizlendirijiniň doly tegelegini  $0.0001\text{ sekuntdan}$  hem az wagtda geçýärler we şunlukda  $1\text{ sekuntda } 10\text{ mün}$  aýlaw edýärler.

2012-nji ýyla çenli *LHC* kollaýderi proton çaknyşmalaryň düzgüninde işledi, 2013-nji ýylyň başynda bu tejribeler dowam etdirildi. Soňra kollaýder uzak wagtlaýyn abatlaýyş işi üçin duruzyldy. Abatlaýyş işlerinden soň protonlaryň energiýasyny  $7\text{ TeV}$  çenli artdyramak meýilleşdirilýär. Geljekde hünärmenler *LHC* kollaýderiniň kömegi bilen beýleki möhüm meseleleri çözmekligi maksat edinýärler.

XX asyryň birinji ýarymyndan başlap mikrofizikanyň öwrenýäni atom, soňra atom ýadrosy boldy. Atomlarda elektronlaryň häsiýetlerine düşünmek üçin ylymda hakyky rewolýusiýany amala aşyrmak – kwant mehanikasyny döretmek zerur boldy. Şol döwürde mikrofizika tebigat biliminde aýratyn orny eýeleýärdi. Onuň üstünlikleri netijesinde maddanyň gurluşyna düşünmekligi başardyk, bu bolsa gündelik durmuşymyzyň gowulanmagyna özüniň gönüden-göni täsirini ýetirdi. Mikrofizika dünýä ylmy tejribesinde öndebaryjy orny eýeleýär we soňky ýyllarda mikrofizikada edilen açyşlaryň gürrüňsiz uly ähmiýeti bardyr.



### 30.3. Megafizika

Fizikanyň taryhynda, meselem, XX asyryň ahyrynda, astronomiýada açylan açyşlar fizikanyň ösüşini kesgitlediler. Şeýle ýagdaýyň döremekligi ilkinji nobatda astronomiýanyň bu döwründe *ähliolkunlaýyn* bolanlygyndandyr (30.3.5-nji *baba seret*). Fundamental we amaly fizikanyň ähli gazananlaryny ulanýan häzirki zaman abzal gurluşygy astrofizika (*astrofizikany megafizika diýip hem atlandyryrlar*) ägirt uly mümkinçilikleri berýär. Hatda, häzirki zaman ýokary tehnologiýalaryň in kämili diýlip hasap edilýän harby we kosmos tehnika ählitolkunlaýyn astrofizika ornuny berýär. Bu ýagdaý üçünji müňýyllykda hem saklanýar.

Megafizikanyň ösmekligi asman jisimleriniň tebigaty we Älemde bolup geçýän hadysalar barada maglumatlaryň ep-esli toplanmagyna getirdi. Şunlukda, gözegçiligiň netijelerine nazary düşünmekligiň mümkinçiligi täze fiziki nazaryýetleriň, ilkinji nobatda umumy görälik nazaryýetiniň döremekligi bilen düýpli giňeldi. Häzirki wagtda umumy görälik nazaryýetiniň hünärmenleriniň ünsi, esasan, gözlegleri we netijeleri (meselem, Gara girdaplaryň barlygy, giňişlik-wagtyň singulýarlygy, grawitasiýa tolkunlary) bu nazaryýetden gyşarmalary (anomaliýalary) öwrenmeklige gönükdirilendir. Fizikanyň in möhüm meseleleriniň biri – *Super birleşme nazaryýetini* (*ýagny Hemme zadyň nazaryýetini*) işläp düzmekdir. Munuň üçin grawitasiýa özara täsiriň kwant beýany zerurdyr. Emma bu çäkke uly barlaglar edilse hem, grawitasiýanyň kwant nazaryýeti häzirikçe döredilmedi.

Soňky ýyllarda barlag geçirmegiň täze usullarynyň ulanylmagy (meselem, kompýuter modelirleme, spektroskopik we fotometrik usullar) we ajaýyp astrofiziki toplumlaryň işi netijesinde Älemde Galaktikalaryň işjeň ýadrolary, kwazi - ýyl-dyz obýektler, rentgen pulsarlary, magnetarlar we ş.m. ýaly ekzotik obýektler ýüze çykaryldy. Mümkin biz, indi boljak has beýik açyşlaryň bosagasynda durandyrys.

Megafizika häzirki zaman fizikasynyň ösüşini köptaraplaýyn kesgitleýär, şoňa görä-de, onuň ýeten sepgitlerine we geljegine seretmek örän möhümdir.

#### 30.3.1. Kosmologiýa meselesi

*Kosmologiýa* gadymy grek sözi bolup, türkmençe «*tertip*» diýmekdir. Gadymy grek astronomlary geosentrik ulgamy, ýagny merkezinde Ýer bolan ulgamy wagyz edipdirler. Olar Ýeriň daşynda ähli asman jisimleri aýlanýar we Ýeri bolsa gozganmaýan jisim hasap edipdirler. Grekleriň pikirine görä, asman jisimleriniň hereketi ýylba-ýyl, asyrma-asyr üýtgemän, yzygiderli gaýtalanyp durýar. Şonuň esasynda, olar dünýä şol bir tertipde, ebedi ýagdaýda bolýar diýip düşünpdirler. Şonuň üçin dünýäniň gurluşyny öwrenýän ylmy *kosmologiýa* diýip atlandyrypdyrlar.

Kosmologiýanyň hem beýleki ylmy ugurlardaky ýaly öz taryhy bardyr. Bu ylym, asman jisimleriniň we olaryň ulgamlarynyň tebigaty barada düşüňjeler ýygandygyça ösdi we ösüp gelýär. Älemde hiç bir ebedi, hereketlenmeýän we

üýtgemeyän zadyň ýokdugy kem-kemden anyklanypdyr. Älemiň gurluşy we ölçegi üýtgäp durýar.

Älemiň özi üýtgeýärmikä? Ençeme asyrlaryň dowamynda alymlar Älemiň çäksizligine görä, ony giňişlige we wagta görä hem çäksiz hasap edipdirler. Ýöne «Çäksiz Älem üçin fizikanyň kanunlaryny ulanyp bolarmy?» diýen sowal jogapsyz galypdyr.

Emma, 1916-njy ýylda A. Eýnşteýn öz döreden görälik nazaryýetiniň esasynda tükeniksizligiň we çäksizligiň şol bir zat däldigini görkezdi. Ol Älemiň relýatiw şekilini (modelini) işläp düzdi. Şol modele görä, käbir ýolbermeler bilen Älem çäksiz bolup bilse-de tükeniksiz däldir, ýagny gutarnyklydyr. Nähili hem bolsa, geçmişe hormat goýmak bilen, Eýnşteýn Älemiň ornaşyklylyk (statik) we üýtgemizlik baradaky şerti öňküsi ýaly galdyrmagy zerur hasap edipdir. Relýatiw şekiliň kanagatlandyrylmagy üçin, ol Galaktikalaryň biri-biriniň üstüne gaçmagyna päsgel berýän, özara itekleşme güýçleriniň bardygyny ykrar etmeli bolupdyr.

Şeýle ýolberme Eýnşteýniň Älem modelinde iň uly kynçylyk bolupdyr. Grawitasiýa güýçleriniň ornuny tutýan (kompensirleýän) itekleşme güýçleri barada gözegçilikler hiç-hili maglumatlary bermedi.

Bu kynçylygy 1922-nji ýylda rus alymy A. Fridman düşündirdi. Fridmanyň düzen Älem şekiline laýyklykda ol ornaşykly (statik) bolup bilmeýär. Älem giňelýär ýa-da gysylýar. Hakykatdan hem, Habbl tarapyndan açylan Galaktikalaryň giňelme kanuny Älem modeliniň dinamiki ýagdaýda bolýandygyny ynanýdyrjy tassyklady. Şeýlelik bilen, «kosmos» diýlen düşünje başdaky «*dünýä tertibi*» diýen manysyny ýitirdi. Bu düşünje esasynda ösüşini fizikanyň barlagdan geçen kanunlarynyň tejribesi boýunça beýan edip bolýan, nähilidir bir bütewi Älemi göz önüne getirip başladylar. *Häzirki zaman kosmologiýasy – bu tutuş Älem baradaky fizika ylmydyr.*



246-njy surat.  
Aleksandr Aleksandrowiç  
Fridman

**Aleksandr Aleksandrowiç Fridman (1888–1925 ý.)** – rus we sowet matematigi, (246-njy surat) fizigi we geofizigi, häzirki zaman fiziki kosmologiýany esaslandyryjy, Älemiň ilkinji stasionar däl nusgasynyň (Fridmanyň Älemi nusgasyny) awtory, Sankt-Peterburgda saz mugallymyň maşgalasynda eneden doguldy. Sankt-Peterburgda gimnaziýada okady, talyp ýyllary astronomiýa bilen gyzyklandy.

Fridman 1906-njy ýylda Germaniýanyň «*Matematik annaly*» žurnalynda Bernulliniň sanlaryna bagyşlanan ilkinji ylmy işini çap etdi. Gimnaziýany altyn medal bilen tamamlap Fridman 1906-njy ýylda Sankt-Peterburg uniwersitetiniň fizika-matematika fakultetiniň matematika hünärine okuwa girýär. 1910-njy ýylda ýokary okuw mekdebini tamamlayar we bu uniwersitetde mugallym wezipesinde işleýär. 1913-nji ýylda Pawlowsk şäherinde (Sankt-Peterburgyň golaýynda) Aeorologik observatoriýada fizik wezipesinde işledi.

1917-nji ýylda Moskwada «*Awiaabzal*» zawodyny - Russiýada ilkinji awiaabzalgurluşyk kärhanasyny esaslandyrdy we onuň ilkinji direktory boldy. 1918-1920-nji ýyllar aralygynda Perm uniwersitetiniň we 1920-nji ýylda Petrograd politehniki institutynyň profes-

sory wezipelerinde, şeýle hem köp elektronly atomlaryň nusgalaryny hasaplamak boýunça Döwlet optika institutynyň Atom komissiyasynda, 1923-nji ýyldan başlap «*Geofizika we meteorologiya*» žurnalynyň baş redaktory wezipelerinde işledi.

---

Fridmanyň esasy ylmy işleri dinamiki meteorologiýanyň meselelerine (atmosfera tüweleýleriniň we şemalyň durnuksyzlyk nazaryýetleri, atmosferada üznüksizlik nazaryýetleri, atmosfera turbulentligi), atmosferanyň fizikasyna we relýatiwistik kosmologiýa bagyşlanan. Fridman ilkinji bolup Eýnşteýniň grawitasiýa nazaryýetiniň matematiki guralyny özleşdirdi we uniwersitetde umumy görälik nazaryýeti dersiniň giriş bölegi hökmünde tenzor hasaplama dersini okatdy.

1923-nji ýylda onuň giň köpçüligi täze fizika bilen tanyşdyrýan «*Dünýä giňişlik we wagt görnüşinde*» (1965-nji ýylda gaýtadan neşir edildi) atly kitaby çap edildi. Fridman Älemiň stasionar däl nusgasyny döredip dünýä meşhur boldy. Onuň 1922-1924-nji ýyllarda Älemiň relýatiwistik nusgalaryny derňemekde alan netijeleri Älemiň stasionar däl nazaryýetiniň ösüşiniň başlangyjy boldy.

Fridman tozan görnüşli materiýa (nol basyşly) bilen doldurylan položitel we otrisatel egriligi bolan stasionar däl birjynsly Älemiň izotrop modellerini öwrendi. Derňelen nusgalaryň stasionar dälligi giňişligiň egriliginiň radiusynyň we dykyzlygynyň wagta baglylygy bilen beýan edildi. Üstesine-de, dykyzlyk egriliginiň radiusynyň kubuna ters bagly bolup üýtgeýär. Fridman dartyлма deňlemeleri bilen çözülyän şeýle nusgalaryň birnäçe görnüşlerini öwrendi. Fridmanyň derňewlerine görä, Eýnşteýniň stasionar Älem baradaky nusgasy hususy hal hökmünde ýüze çykýan eken, şeýlelikde, umumy görälik nazaryýetiniň giňişligiň gutarnykly bolmagy baradaky garaýşy ýalana çykýar. Bu netijeler kosmologik hemişelik nähili baha eýe bolýan hem bolsa Eýnşteýniň deňlemeleriniň Älemiň ýeke-täk nusgasyna getirmeyändigini subut etdi. Birjynsly izotrop Älemiň nusgasy boýunça Älemiň giňelmegi netijesinde aralyga bagly bolan «*gyzyl süýşme*» görünmeli. Bu netije 1929-njy ýylda Edwin HabbI tarapyndan astronomik gözegçilikleriň esasynda tassyklanyldy: galaktikalaryň spektrleriniň spektral çyzyklary spektriň ahyryna (gyzyl çyzyga) tarap süýşýär.

Fridmanyň nazaryýeti ilki başda Eýnşteýn tarapyndan kabul edilmedi, emma soň Eýnşteýn özüniň hödürlän Äleminiň nusgasynyň nädogrudygyna düşündi. HabbI tarapyndan «*gyzyl süýşmäniň*», ýagny Älemiň kosmologik giňelmegi açylandan soň kosmologik hemişeligi girizmeklik aradan aýryldy we Eýnşteýn G.A. Gamow bilen gürrüňinde Älemiň nusgasynda getiren kosmologik hemişeligi (Älemiň stasionarlygyny saklaýan serişde hökmünde deňlemelerde getirilen  $\Lambda$  agza) baradaky pikiriniň özüniň «*iň uly ylmy ýalňyşlygy*» (iňlisçe *biggest blinder*) bolandygyny aýtdy. Emma, Eýnşteýn hut özüniň hödürlän nusgasynyň ýalňyşlygy barada aýdan bolmagy mümkin: häzirki wagtda Eýnşteýniň kosmologik hemişeligini saklaýan  $\Lambda$  CDM (Iýamda – CDM) nusga, stasionarlyk baradaky garaýyş çaklanylmaýan hem bolsa, umumy kabul edilen hasaplanylýar.

*Fizikanyň has möhüm kosmologiýa meselesi – Uly ýarylyşdyr. «Uly ýarylyş»* (iňlisçe *Big Bang*) Älemiň has irki ösüşini beýan edýän umumy kabul edilen kosmologik model. *Uly ýarylyşdan* soň Älemiň ösüşiniň beýany, bu iň gyzykly, şol bir wagtyň özünde kosmos derňewleriniň köpugurly meselesidir. Ol elmydama üns merkezinde boldy, sebäbi Aristoteliň – Ptolemeýiň we Kopernigiň ulgamlary hem – kosmologiýa nazaryýetleridir. XX asyryň fizikasynda nazary kosmologiýa A. Eýnşteýniň (1917 ý.), W. de Sitteriň (1917 ý.), A.A. Fridmanyň (1922 ý. we 1924 ý.), J. Lemetriň (1927 ý.) we köpsanly beýleki alymlaryň işleriniň esasynda döredi. XX asyryň 40-njy ýyllarynyň ahyryna çenli kosmologiýa nukdaýnazarýnda geçirilen gözegçilikler optiki diapazonda alnyp barylady. 1929-njy ýylda amerikaly astronom Edwin Pauell Habbl (1889–1953 ý.) *gyzyl süýşme kanunyny* açdy we şunlukda, Metagalaktikanyň giňelýändigini kesgitledi. Gyzyl süýşme kanunyny A. Fridmanyň giňelýän Älemiň relýatiwistik modeli bilen adalatly birleşdirdiler, emma kosmologiýanyň energetik ösüşi diňe 1965-nji ýylda A.A. Penzias we R.W. Wilson tarapyndan temperaturasy  $T = 2,7\text{ K}$  bolan *relikt şöhlelenmäniň* açylyşyndan soň başlandy.

XX asyryň 40-njy ýyllarynda rus gelip çykyşy bolan Georgiý Antonowiç Gamow Älemiň giňelmegi *Uly ýarylyşyň* netijesinde döredi diýlen çaklamany aýtdy (23.3-nji baba seret). Ýarylyş wagtyndaky ägirt uly temperatura we Älemiň soňky giňelmegi wodorod we geliý ýaly ýeňil himiki elementleriň termoyadro sintezine mümkinçilik berdi. Beýleki elementler ýyldyzlaryň emele gelmek hadysasynda sintezlendi. Bu model *Uly ýarylyşdan*  $t = 10^{-43}\text{ s}$  wagat geçenden soňky Älemiň ýagdaýyny beýan edip bilýär. Bu bahadan kiçi wagtda *singulyarlyk halyny* öz içine alýan matematik çaklamalara geçýäris. Bu çaklamalar diňe ýaňy emele gelip başlan kwant kosmologiýasynyň ýa-da relýatiwistik effektlere daýanýan grawitasiýanyň kwant nazaryýetiniň elementlerini düzýärler.

Şeýlelikde, häzirki zaman kosmologiýa garaýyşlara laýyklykda, *giňelýän Älemiň modeli* has ýaýran we dogry hasaplanylýar. Şunlukda, «*Älemiň döremegi*» düşünjesi «*Uly ýarylyşyň*» netijesinde bolan zatlary beýan edýär. Älemiň yzygiderli giňelmegini, has dykyz materiýanyň käbir boş giňişlige ýaýramagy hökmünde düşünilmeli däl, sebäbi şeýle boşluk aslyýetinde ýokdur. Filosofiki – dünýä-garaýyş jähtinde Älem ähli bar zatdyr, onuň daşynda hiç zat ýokdur, şol sanda boşluk hem. *Älemiň giňelip başlanmagynyň sebäpleri bolup, materiýanyň ägirt uly dyklyklarynda dartyлма meýdanynda ýüze çykyan kwant hadysalarydyr.* Bu hadysalar köp babatda şu wagta çeni doly aýdyň däl, häzirki zaman fizikasy olary derňemäge we düşünmäge ýaňy girişdi. «*Uly ýarylyş*» adalgasynyň özi hem takyk nazary gurluş däl-de, köp derejede metaforadyr (*Metafora* – grekçe *metaphora* sözi bolup *geçirme*, *göçürme* manyny berýär, ýagny predmetiň adynyň beýleki pred-

metlere olaryň haýsy bolsa-da bir alamatlarynyň meňzeşligi esasynda geçirilmegini beýan etmek üçin göçme manyda ulanylýan söz ýa-da sözleriň utgaşmasy). Häzirki zaman kosmologiýasy Älemiň giňelip başlanmagyndan öň näme bolandygyna dogry jogap berip bilmeýär. Ýöne belli bir takyklyk bilen giňelmekligiň başynda käbir *singulýar ýagdaýyň* bolandygyny aýtmak bolar. Fizika ylmy diňe bu ýagdaýyň manysy we onda hereket edýän kanunalaýyklyklar barada diňe käbir çaklamalary öňe sürüp bilýär.

Älemiň döreýiş we ösüş mehanizminiň häzirki wagtda diňe ýüzleý öwrenilendigini bellemek gerek. Emma, Älemiň ösüşiniň iň irki döwürlerinde güýçli, gowşak we elektromagnit özara täsirleriň arasynda simmetriýanyň bolandygy mälimdir. Älemiň sowamagy bilen özara täsirleriň dürli görnüşleriniň arasyndaky simmetriýa bozulypdyr.

Älemiň göwrüminiň kiçelmegini, şol bir wagtyň özünde hem onuň dykzlygynyň ulalmagyny göz önüne getirip göreliň. Şonda giňelme ýagdaýynyň başlangyjyna golaýlaşdygymyzça onuň temperaturasy ýokarlanmalydyr. *Habblyň kanunyň* aşadaky görnüşde ulanyp,  $1/H_0 = R/\dot{R} = \tau$ , giňelmäniň başlangyjyndan soňra geçen  $\tau$  wagta (*Älemiň ýaşyna*) baha berip bolar. Bu formulada  $R$  – Galaktikamyzdan daşarky Galaktikalara, kwazarlara çenli bolan aralyk,  $\dot{R}$  – olaryň bizden uzaklaşma tizligi,  $H_0$  – Habblyň hemişeligi. Astronomiýada aralygy *parseklerde* ölçeýärler ( $1 \text{ parsek (pk)} = 3,08 \cdot 10^{16} \text{ metr}$ ). Köpsanly bir-biri bilen bagly bolmadyk ölçeglere görä,  $H_0$  bir megaparsege 70–80 km/s baha eýedir. Bu 100 megaparsek uzaklykda ýerleşýän galaktikalar bizden 7000–8000 km/s tizlik bilen daşlaşýarlar diýildigini aňladýar. Häzirki wagtda (2014 ý.)  $H_0$ -yň has ygtybarly bahasy

$$H_0 = 67,80 \pm 0,77 \text{ km/s/ Mpk}$$

deňdir ( $H_0$ -yň  $s^{-1}$ -de ölçelýän bahasy hem bardyr ( $H_0 \approx 2,2 \cdot 10^{-18} s^{-1}$ )). Häzirki zaman garaýyşlara görä, bize görünýän Älem  $13,77 \pm 0,059$  milliard ýyl mundan öň, käbir başlangyç singulýar haldan emele gelipdir we şondan bäri üznüksiz giňelýär we sowaýar.

*Uly ýarylyşyň kosmologiýa modeline görä* häzirki zaman kosmologiýasy Älemiň emele gelmeginiň başlangyç pursatlarynyň ewolýusiýasynyň birnäçe hyýaly döwürlerini tapawutlandyrýar. Älemiň ewolýusiýasy netijesinde onuň ölçegleri ulaldy (*1-nji tablisa*). Bu döwürleriň her haýsysynda Älemiň ösüşiniň aýratynlyklaryna seredeliň.

*Plank döwri.* Has uzak ýaşayan izotoplaryň ýaşayyş wagtynyň ölçegleri bilen gabat gelýän, ýokarda getirilen Älemiň giňelme wagtynyň bahasyna görä *Uly ýarylyş*, takmynan 13,8 milliard ýyl mundan öň bolup geçdi. Ýarylyş şol döwürde ähli Älem bolan, nokatlanç göwrümde bolup geçdi. Ondan başga hiç zat bolmandyr.



## Älemiň ewolýusiýasynyň esasy döwürleri

Döwür	Älemiň ýaşy	Temperatura, K
Plank döwri (Kwant grawitasiýasy)	$0 - 10^{-43} s$	$10^{32}$
Beýik birleşme döwri	$(10^{-43} - 10^{-36}) s$	$10^{32} - 10^{28}$
Inflýasiýa fazasy	$(10^{-36} - 10^{-34}) s$	$10^{28} - 10^{27}$
Elektroweak döwri	$(10^{-34} - 10^{-10}) s$	$10^{27} - 10^{15}$
Kwarklar döwri	$(10^{-10} - 10^{-6}) s$	$10^{15} - 10^{13}$
Adron döwri	$(10^{-6} - 10^{-4}) s$	$10^{13} - 10^{12}$
Lepton döwri	$(10^{-4} - 1) s$	$10^{12} - 10^{10}$
Nukleosintez döwri	$(1 - 200) s$	$10^{10} - 10^9$
Foton döwri	$200 s - 350\,000 \text{ ýyl}$	$10^9 - 3 \cdot 10^3$
Atom döwri	$350\,000 \text{ ýyl} - 100 \text{ mln ýyl}$	$3 \cdot 10^3 - 200$
Ýyldyzlaryň emele gelmegi	$100 \text{ mln ýyl} - 500 \text{ mln ýyl}$	200 – 3
Galaktikalaryň emele gelmegi	$500 \text{ mln ýyl} - 5 \text{ mlrd ýyl}$	
Gün ulgamynyň emele gelmegi	$10 \text{ mlrd ýyl} - 11 \text{ mlrd ýyl}$	
Ýerde ýaşayşyň döremegi	$10,7 \text{ mlrd ýyl}$	

Bu bolsa, Älemiň takmynan 13,8 mlrd ýyl ozal aşadykzlyk  $\rho \geq 10^{97} \text{ kg/m}^3$  (Plank dykzlygy) we aşa gyzygynlyk  $T > 10^{32} \text{ K}$  (Plank temperaturasy) ýagdaýynda bolandygyny aňladýar. Muňa *singulýar ýagdaý ýa-da Plank döwri* hem diýilýär (Köplenç *singulýarlygy «Älemiň dogulmagy»* diýip hem atlandyryrlar).

*Singulýarlygy (Plank döwrüni)* fizikanyň şu güne çenli belli bolan kanunlary bilen ýazyp düşündirmek mümkin däl. Şonuň üçin biz kada edinip islendik wagt başlangyjyny kabul etmelidiris, ýagny şol wagtdan başlap Älem singulýarlyk ýagdaýyndan çykýar. «*Öň näme bolupdyr*» diýen soragy bermek ýerliksizdir, sebäbi dykzlyk  $\rho \geq 10^{97} \text{ kg/m}^3$  bolanda wagt aralygy özüniň fiziki manysyny ýitirýär.

*Uly ýarylyş nazaryýeti* bu pursadyň öň ýanynda näme bolandygy barada hiç hili maglumat bermeyär (sebäbi dykzlygyň  $\rho > 10^{97} \text{ kg/m}^3$  bahasynda biziň giňişlik – wagt matematik modelimiz *Uly ýarylyş* pursadynda özüniň güýjünü ýitirýär, ýöne nazaryýet *Uly ýarylyşdan* öň nämendir bir zadyň bolmak mümkinçiligini hem bütinleý inkär etmeyär). Ählumumy pikire görä *Plank döwrüne* çenli bolan döwri belli usullar bilen düşündirmek mümkin däl. Bu nusgawy umumy görälik nazaryýetiniň kömegi bilen Älemi beýan etmekligiň ýeterlik däldigine şaýatlyk edýär.

*Görünýän Älemiň döreýşi barada birnäçe çaklamalar bar:*

- Kābir alymlaryň pikirine görä (Stiwen Hokking, Lourens Krauss (1954-nji ýylda doglan) we Maýkl Martin (1932-2015 ý.)) Älem «*kwant fluktuasiýasy*» netijesinde hiç zatdan (absolýut wakuumdan) döräpdir.

- *A. Lindenin nazaryýeti*: Älem tükeniksiz we örän dykyz energiýa bilen doldurylan. Älemiň bize görünýän bölegi onuň uly bolmadyk böleginiň «*düwmelik*» görnüşinde giňelmegi (inflýasiýasy) netijesinde döredi (meselem dykyz peýnirde düwmelikleriň döreýşine meňzeş);
- *Li Smoliniň nazaryýeti*: Älemler *Gara girdaplaryň* içinde «*singulyarlyklaryň*» ýarylyşlary netijesinde döreýärler;
- *Neýl Turokyň nazaryýeti*: Älemler «*branlaryň*» (tarlar nazaryýetindäki *köpölçegli membranalar*) çaknyşmalary netijesinde emele gelýärler.

Umumy filosofiki garaýyşlardan peýdalanyň, *singulyar ýagdaýyň* hyýaly (gipotetiki) häsiýetlerini görkezýän fiziki kanunlaryň şu wagta çenli belli bolan kanunlardan düýpli tapawutlanýandygyny çaklamak bolar. *Uly ýarylyşda* dörän hereketi hereketiň ilkinji formasy hökmünde kabul etmeklik has dogrudyr. Biziň Älemimiziň döremeginiň ilkinji döwründe onda, ähtimal, elementar bölejiklerden başga hiç zat bolmandyr. *Singulyar ýagdaýdan* elementar bölejikleriň özara täsir ýagdaýyna geçilmegi (böküş görnüşli), maddanyň we energiýanyň aşa dykyz ýagdaýyndan örän kiçi dykyzlykly plazma geçilmegini açyp görkezýär. Kosmos plazmasynyň başga görnüşe geçmekligi grawitasiýa güýçleriniň täsiri astynda bolup geçýär we kwazarlaryň we galaktiki ýadrolaryň emele gelmegine getirýär. Dialektiki çemeleşip, *singulyar ýagdaý*, ýagny elementar bölejikleriň plazmasy we kwazarlar Metagalaktikanyň ösüşiniň birinji döwrüni (siklini) emele getirýärler diýip aýdyp bolar.

«*Uly ýarylyşdan*» soň Äleme özboluşly metagalaktiki emele gelme hökmünde seretmek dogry hasaplanýar. Bu bolsa kosmologiýanyň esasy garaýyşlarynyň biri bolup durýar. Oňa laýyklykda, Älemiň çakli bölegini (Ýerde) öwrenmek arkaly açylan ähli tebigy kanunlary bütün Älem üçin hem ulanyň bolýanlygydyr. Bilimiň filosofiki – dünýägaraýyş derejesinde şeýle çemeleşmeden ugur alnanda, dünýäniň bütewülik garaýyşlarynyň sintezi we onuň ösüşiniň birligi özboluşly ýüze çykýar.

*Singulyar ýagdaýyň (Plank döwrüniň) häsiýetli aýratynlyklaryna seredeliň.*

Häzirki zaman garaýyşlaryna görä, Älemiň giňelmeginiň başlangyç fazasynda, ýagny *singulyar ýagdaýda (Plank döwründe)* ähli dört sany fundamental özara täsirler biri-birinden tapawutlanmandyr. Hasaplamalara görä, bu döwürde *plank massasy* diýip atlandyrylýan, özara täsirleri äkidiji bölejigiň  $M_p$  massasy bolupdyr. Ol şu görnüşde aňladylýar:

$$M_p = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} \approx 2 \cdot 10^{-8} \text{ kg},$$

bu ýerde  $G$  – grawitasiýa hemişeligi,  $\hbar$  – *Plankyň hemişeligi*,  $c$  – ýagtylygyň tizligi.

Bölejigiň  $M_p$  *plank massasy* giňelmegiň başlangyç wagt pursadynda Älemiň ölçegleri bilen deňeçerräk bolan, kwant *Gara girdabyň massasydyr*.

*Kompton tolkun uzynlygy* bilen ölçelýän, özara täsir çäginin iň kiçi  $R_p$  ölçegi, ýagny *plank uzynlygy* aşakdaky ululyga deňdir:

$$R_p = \frac{\hbar}{M_p c} = \sqrt{\frac{G\hbar}{c^3}} \approx 10^{-35} m.$$

Özara təsiriň ýaýrama wagty (*plank wagty*) şu aşakdaky baha eýedir:

$$t_p = \frac{R_p}{c} = \sqrt{\frac{G\hbar}{c^5}} \approx 10^{-43} s.$$

Älemiň giňelmeginiň başlangyç fazasynda maddanyň dykzlygy aşakdaka deňdir:

$$\rho_p \approx \frac{M_p}{R_p^3} \approx 10^{97} kg / m^3.$$

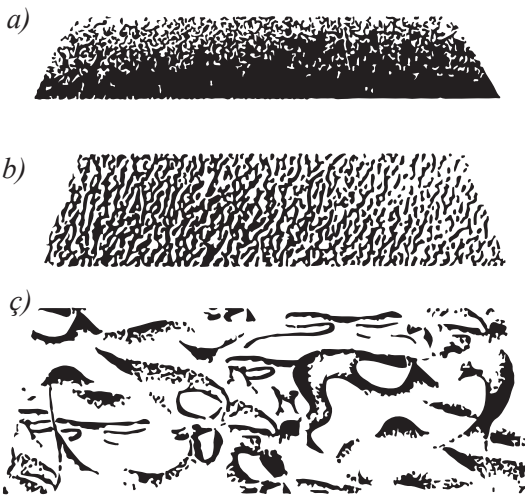
Bu pursatda  $M_p$  *plank massaly* bölejigiň  $E_p$  dynçlyk energiýasy aşakdaka deňdir:

$$E_p = M_p c^2 = \sqrt{\frac{c^5}{G}} \approx 10^{19} GeV.$$

Şeýle energiýa  $T_p \approx 10^{32} K$  temperatura degişlidir (1 *eV* energiýa  $1,6 \cdot 10^4 K$  temperatura degişlidir).

Ilkibaşda diňe *fiziki wakuum* bolupdyr. Häzirki zaman fizikasyna görä, boş giňişlikden tapawutlylykda, fiziki wakuumda hemişe meýdanyň *kwant fluktuasiýasy* bolmaly. Singulýar ýagdaýda ähli özara täsirler biri-birinden tapawutlanmaýarlar.

Doly simmetrik giňişligiň bolmaklygy diňe örän ýokary temperaturalarda mümkindir (*1-nji tablisa seret*). *Plank döwründäki* giňişlik häzirki döwürdäki giňişlikden düýpli tapawutlanýar. Eger häzirki zaman fizikasyna mümkin bol-



247-nji surat. Dürli mashtablardaky giňişlik – wagtyň kwant wakuumu:

a)  $10^{-12} m$ ; b)  $10^{-32} m$ ; c)  $10^{-35} m$

lan  $10^{-18} m$  (gowşak özara täsiriň täsir radiusy) ululykdaky mashtablarda giňişlik – wagty tekiz diýip hasap etsek (247-nji a surat), onda  $10^{-32} m$  aralyklarda fluktuasiýanyň birsydyrgyn daldigi ýüze çykyp başlaýar. Dörtölçeqli giňişlik-wagty şekillendirýän tekizlikde saýgarylýan *relýef* döreýär (247-nji b surat). *Plank uzynlygyndaky*  $10^{-35} m$  mashtablarda giňişlik – wagtyň içki gurluşy güýçli fluktuasiýa sezewar bolýar (247-nji c surat). Bu dürli beýiklikden alnan deňziň suratyny ýatladýar. Uly beýiklikden tolkunlar saýgarylmaýar. Onan aşakdaky beýiklikde tolkunlar

saýgarylyp başlanylýar, has aşak beýiklikde bolsa, tolkunlaryň gurluşy we ölçegi, sýçraýan damjalar, köpürjikler görünýär.

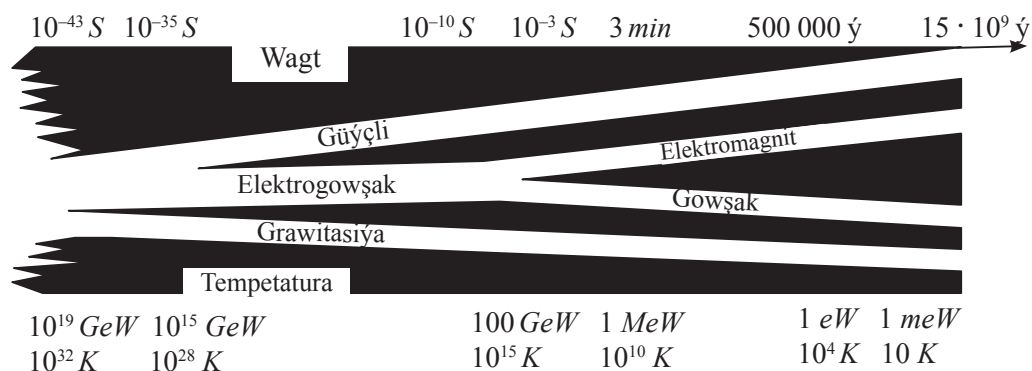
Bu döwürde wakuumyň kwant fluktuasiýasynyň noldan tapawutly bolan orta energiýasy, wirtual bölejikleriň we antibölejikleriň, meselem, elektronlaryň we pozitronlaryň dogulmaklary üçin ýeterlik bolýar. Bölejikleriň şuna meňzeş jübütleri wakuumyň ähli ugurlar boýunça simmetriýasyny bozup, ony polýarlaýarlar.

Ilkibaşda wagt giňişlikden aýry bolmandyr. Simmetriýanyň bozulmaklygy geçmişe, häzirki döwre we geljege bölmek bilen öwrülişiksiz wakalaryň döremekligine şert dörettdi. Şol sebäpli «*Uly ýarylyşdan öň näme bolupdyr*» diýlen sözün manysy ýokdur.

*Plank döwri*niň (*singulyar ýagdaýyň*) nazary modelini döretmeklik häzirki wagta çenli tamamlanan dälir.

*Beýik birleşme döwri*. Uly ýarylyşdan soň  $10^{-43}$  s-dan  $10^{-36}$  s-a çenli wagat aralygynda dört özara täsirleriň simmetriýasy bozulýar.  $10^{32}$  K-dan  $10^{28}$  K-a çenli temperatura aralygynda grawitasiýa özara täsiri beýlekilerden özbaşdak bolýar (*248-nji surat*). Beýleki üç özara täsirlere – güýçli, gowşak we elektromagnit – bu temperaturalarda *Beýik birleşme nazaryýetine* görä bütewi (*güýçli we elektrogowşak*) ýaly seredilýär.

Simmetriýanyň bu bozulmasynyň fiziki manysyna suwuň doňmaklygyna meňzeşdir diýip düşünmek bolar. Suwuň molekulasyňy, kristallaşmak temperaturasyndan ýokary temperaturalarda, suwuklygyň islendik nokadynda ýüze çykarmaklygyň ähtimallygy birmeňzeşdir. Temperatura peselende emele gelyän buzun kristallary birhili däl kristal gurluşa eýe bolýarlar. Netijede, öňki simmetriýa bozulýar.



248-nji surat. Älemiň sowamagy bilen özara täsirleriň bölünmegi. Älemiň ýaşy

Ýokary energiýalaryň meýdanlarynda Älemde elmydama kwark – antikwark, lepton – antilepton dogulýarlar we şöhlelenme bilen ýok bolýarlar (annihilirlenýärler). Şeýle ägirt uly temperaturalarda kwarklar bilen leptonlaryň arasyndaky ta-

pawut ýitýär. Şeýle hem fundamental bölejikleriň arasynda özara täsiri äkidijiler bolan *plank massaly* bölejikler hem bardy.

*Inflýasiýa fazasy.* Uly ýarylyşyň başlangyjyndan  $t_i = 10^{-36} s$  wagt geçenden soň Älemiň radiusy  $r = ct_i = 3 \cdot 10^{-28} m$  boldy, giňelmek netijesinde Älemiň temperaturasy peseldi.  $10^{-36} s$ -dan  $10^{-34} s$ -a çenli döwürde Älemiň temperaturasy  $10^{28} K$ -dan  $10^{27} K$ -a çenli aşak düşdi. Temperaturanyň bu aralygynda giňişlik – wagtyň simetriýasynyň birden bozulmagy netijesinde *güýçli özara täsir elektrogowşak (elektromagnit we gowşak) täsirden aýryldy (248-nji surat)*. Şunlukda, bölünip çykýan energiýa Älemiň birden eksponensial giňelmegine getirdi.

*Elektrogowşak döwür.*  $t = 10^{-34} s$  wagt pursadynda inflýasiýa tamamlanýar, emma Älemiň giňelmegi we sowamagy dowam edýär.  $T_c = 3 \cdot 10^{15} K = 200 GeV$  temperaturada elektromagnit we gowşak özara täsirleriň bölünmesi başlanýar we  $T_c$  wagt pursadynda tamamlanýar (248-nji surat). Kritiki  $T_c$  temperaturalardan uly temperaturalarda, gowşak we elektromagnit özara täsirler biri-birine meňzeşdirler. Meselem, iki özara täsir hem *Kulonyň kanunyna* boýun egýär.

*Kwarklar döwri.* Inflýasiýa we elektrogowşak ( $10^{-36} s$ -dan  $10^{-10} s$ -a çenli), döwürüň dowamynda Älem kwarklaryň – antikwarklaryň, leptonlaryň we antileptonlaryň, özara täsirleri äkidiji bölejikleriň (*plank massaly* bölejikleriň) garyndysy bilen doludy.

Älemiň şeýle düzümi  $10^{-10} s$ -dan  $10^{-6} s$ -a çenli, ýagny  $10^{15} K$ -dan  $10^{13} K$ -a çenli temperatura aralygynda hem saklanypdyr. Şunlukda, ähli dört sany özara täsirler aýrylypdyrlar.

*Adronlar döwri.* Ýönekeý bölejikleri özara täsir häsiýetleri boýunça adronlara we leptonlara bölýärler. Güýçli çalt özara täsirleşmelere diňe adronlar gatnaşyp bilýärler. Leptonlara gowşak we haýal täsirleşmeler mahsusdyr. Ýöne şöhlenenme arkaly deňagramlylyk nukdaýnazaryndan, bizi ilki bilen bölejikleriň massasy gyzyklandyrýar. *Tau – leptonlary* hasaba almanynda, adronlaryň massasynyň leptonlaryňkydan ululygy sebäpli, adron döwürüniň leptonlardan öň bolandygy düşnüklidir.

Her bir erkin kwark  $10^{13} - 10^{12} K$  temperaturalarda mezon ýa-da antimezon emele getirip ýa-da antikwark bilen birleşýärler ýa-da barionda (ýa-da antibarionda) galýarlar. Älemiň giňelmek bilen sowamaklygyny dowam etdirýänligi sebäpli adronlar (barionlar we mezonlar) kwarklara dargap bilmediler. Bu döwürde Älemiň düzümine adronlaryň yüzlerçe görnüşi (Älemiň ösüşiniň ady şundan gelip çykýar), olaryň antibölejikleri, leptonlar we antileptonlar, şeýle hem ähli özara täsirleri äkidiji bölejikler giripdir. Bölejikler we antibölejikler hemişe ýok bolupdyrlar (annihilirlenipdirler), şunlukda bölünip çykýan energiýa bolsa bölejikleriň dogulmagyna mümkinçilik beripdir. Deňagramlylyk ýagdaýynda annigilýasiýa we bölejikleriň emele gelme hadysalary biri-birini deňagramlaşdyrypdyrlar.

Älemiň taryhynyň irki döwürlerinde, aşa ýokary gyzgynlykda atomlaryň we atom ýadrolarynyň bolmagy mümkin dälidir. Şoňa görä-de, Älemiň ösüşiniň irki



döwürlerinde diňe bölejikleriň özara öwrülişigi bolup geçipdir. Gaty ýokary dykyz ýagdaýynda diňe ýönekeý bölejikler we elektromagnit meýdanynyň kwantlary bolup bilýärdiler. Her bir ýönekeý bölejige antibölejik, ýagny elektrona – pozitron, protona – antiproton, neýtrona – antineýtron, mezona – antimezon we ş.m. degişli diýilse, hasaba alyp durar ýaly ýalňyşlyk bolmaz. Bölejik antibölejige duş gelende, olar ýok bolýarlar (annigilirlenýärler), ýagny iki gamma – kwanta öwrülýärler. Annigilirlenen bölejikleriň massasy näçe köp bolsa, emele gelen gamma – kwantlaryň energiýasy şonça-da uludyr. Öz gezeginde, iki gamma kwant hem, biri-birine täsir edip, energiýalaryna deň bolan bölejige we antibölejige öwrülýärler. Şeýlelik bilen, *Älemiň irki giňeliş döwürlerinde ýönekeý bölejikler görnüşinde görkezilen maddalar şöhlenenme bilen dinamiki deňagramlykda bolupdyrlar.*

*Leptonlar döwri*  $10^{-4}$  s-dan 1 s-a çenli dowam etdi. Şol wagtyň dowamynda gyzgynlyk  $10^{12}$  K-dan  $10^{10}$  K-a çenli peselipdir. Bu döwrüň başynda şöhlenenme deňagramlygyndan *mýu* - *mezonlar* we olaryň antibölejikleri çykypdyrlar. Artykmaç *mýuonlar* bolsa elektronlara, elektron antineýtrino we *mýuon* neýtrinolar dargapdyrlar:

$$\mu \rightarrow e^- + \tilde{\nu}_e + \nu_\mu.$$

Şeýlelikde, lepton döwriň ahyrynda leptonlara degişli bolan neýtrinodan başga, diňe  $T = 0,6 \cdot 10^{10}$  K temperatura degişli bolan, iň kiçi dynçlyk energiýaly elektronlar we pozitronlar saklanyp galdylar.

Eger bölejikleriň sany antibölejikleriň sanyna deň bolan bolsady, onda materiýa Älemde diňe şöhlenenme görnüşinde bolardy.

Häzirki zaman dünýädäki maddanyň düzüminde protonlaryň we neýtronlaryň bolmaklygyny, *Uly ýarylyşyň* has irki fazalarynda örän az tapawut bilen maddanyň (protonlaryň, neýtronlaryň, elektronlaryň) antimaddadan (antiprotonlardan, antineýtronlardan, pozitronlardan) köp bolandygy bilen düşündirmek bolar. Hasaplamalara görä, irki Älemde maddanyň antimaddadan agdyklygy takmynan,  $10^{-70}\%$  bolupdyr. Ähtimal, bu agdyklyk elementar bölejikleriň özara täsirlerinde simmetriýanyň bozulmaklygy, şeýle hem barion zarýadynyň saklanma kanunynyň bozulmaklygy bilen bolan bolmagy mümkin.

*Nukleosintez döwri.* *Uly ýarylyşyň* başlangyç pursadyndan 1 s soň Älemiň temperaturasy  $10^{10}$  K-dan (1 MeV-dan), ýagny elektron - pozitron jübütleriniň döremekleri üçin zerur bolan önüsyra temperaturadan kiçi bolýar (Bilşimiz ýaly elektromagnit şöhlenenmäniň kwantynyň energiýasy emele gelýän bölejikleriň dynçlyk energiýasyndan uly bolanda madda – antimadda jübütleri döreyär. *Madda - antimadda jübütleriniň döreyän temperaturasyna önüsyra temperatura* diýilýär). Fotonlary goýbermek bilen elektronlaryň we pozitronlaryň ýok bolmagy (annigilýasiýasy) başlanýar. Şeýlelik bilen, Älemiň düzüminde antimaddalar galmady.

*Foton döwri.* *Foton döwri*niň başlanjak pursadynda protonlaryň we neýtronlaryň mukdary deňrāk bolupdyr. Ýöne gyzgynlygyň peselmegi bilen protonlar köpelip, neýtronlar az bolýar. Bu bolsa, neýtronlaryň massasynyň protonlaryňkydan köp bolandygy sebäplidir. Älemiň giňelmesiniň başlanýandan 3 minutdan soňra, bu reaksiýalar bütinleý geçip gutarypdyrlar. Neýtronlaryň otnositel düzümi 15 göterimde (%) saklanypdyr.

Foton döwriniň ilkinji 5 minutynda Älemiň soňraky taryhynda köp zatlary kesgitleýän hadysalar bolup geçdi. Bu hadysalar geljekde ýyldyzlaryň, şonuň ýalyda termoýadro energiýasynyň çeşmesi bolan Günüň emele gelmegini şertlendirdiler. Sebäbi, lepton döwriniň soňunda, örän güýçli reaksiýalaryň netijesinde protonlaryň we neýtronlaryň biri-birine öwürülmesi bolup geçdi:

*Foton döwri*niň soňunda, ýagny *Uly ýarylyşdan* 350 müň ýyldan soň, gyzgynlyk 3000 K-a çenli aşaklap, dykzlyk bolsa  $10^{-17} \text{ kg/m}^3$ -e çenli azalypdyr. Ilkinji *atomlaryň*, ýagny wodorod atomynyň döremekligine mümkinçilik döredi (şuňa çenli protonlaryň elektronlar bilen ionizasiýa we rekombinasiýa prosesleri deňagramlylykda bolupdyr). Rekombinasiýa döwrinden soň Älem fotonlar üçin dury (aýdyň) bolýar we şöhlelenme maddalardan aýrylýar. Madda protonlardan, neýtronlardan, elektronlardan, şöhlelenme bolsa fotonlardan we neýtrinolardan ybarat boldy. *Foton döwri şeýle gutaryp, madda döwri başlanypdyr. Bu döwür häzir hem dowam edýär.*

*Foton döwri*niň soňunda, maddadan aýrylan şöhlelenmä relikt şöhlelenme diýip atlandyrylýar. Onuň barlygyny alymlar 1949-njy ýylda gyzgyn Älemiň *modeliniň* esasynda önünden aýtdylar. *Relikt şöhlelenme* 1964-nji ýylda 7,35 sm tolkunda bellige alyndy. Häzirki wagtda relikt şöhlelenmäniň temperaturasy 2,7 K-a deň hasap edilýär (23.3-nji baba seret). *Relikt şöhlelenmesiniň* açylmagy gyzgyn Älemiň *kosmologik şekiliniň* dogrudygynyň aýdyň subutnamasy boldy.

### 30.3.2. Magnetarlar. Gara we ak girdaplar. Kwazalar. Kosmos tarlary

Neýtron ýyldyzlar, pulsarlar, kwazarlar megadünýä akyl ýetirmekligiň häzirki zaman çemeleşmesine häsiýetli mysallardyr. Olaryň Ýerden ägirt uly uzaklykda ýerleşýändigine garamazdan, ählitolkunlaýyn astronomiýanyň kuwwatly serişdelerini, häzirki zaman fizikasynyň kanunlaryny ulanmaklyk, olaryň gurluşyny we şöhlelenmeleriniň mehanizmini ýokary takyklyk bilen kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Bu barlaglaryň maglumatlary geljekde megafizikanyň özboluşly kanunlarynyň döremegine getirer. Bu proses eýýäm bolup geçýär, muňa, meselem, diňe megadünýä mahsus bolan *täsin hadysalar - kosmos tarlarynyň* nazary taýdan öwrenilmegi, mysal bolup biler.

*Magnetarlar* pulsarlaryň (we umuman neýtron ýyldyzlaryň) düýbünden täze synpydyr. Olaryň aýlanma periody 5 sekuntan 12 sekunda çenli (pulsarlaryň aýlanma periodlary sekundyň onlarça ýa-da ýüzlerçe, hat-da, münlerçe ülüşine deňdir) we gigant magnit meýdanyna ( $B \sim 10^{11} \text{ Tl}$ ) eýedirler. Magnetarlaryň bardygy baradaky garaýyş 1992-nji ýylda aýdylypdy, olaryň hakykatdan hem bardygy baradaky ilkinji maglumatlar 1998-nji ýylda, *Bürgüt ýyldyzlar toplumynda SGR 1900+14* çeşmeden gelýän kuwwatly gamma - rentgen şöhlelenmä gözegçilik edilende alyndy. Magnetarlaryň ýaşaýyş wagty kiçi, ol 10 000 ýyla barabar. Magnetarlarda radioşöhlelenmeler ýok, emma olar ýumşak gamma - şöhleleri goýberýärler. Özünüň köp häsiýetleri (uly aýlanma periody, ýumşak gamma - şöhlelenmäniň gaýtalanýan zyňlması) boýunça olar neýtron ýyldyzlarynyň azsanly synpyna degişli bolan şöhlelenmesi spektriň rentgen böleginde haýal pulsirlenýän *anomal rentgen pulsarlaryna* meňzeşdirler.

*Gara girdaplar* grawitasiýa dartylmasy örän uly bolup, hat-da ýagtylygyň tizligi bilen hereket edýän obýektler (şol sanda fotonlar) hem taşlap gidip bilmeýän giňişlik – wagt çägidir. Bu çägiň araçägi *wakanyň gorizonty* diýip atlandyrylýar, onuň häsiýetli ölçegine *grawitasion radiusy* diýilýär. Sferiki simmetrik Gara girdap üçin grawitasion radius *Şwarşildiň radiusyna* deň. Ýyldyz radiusy

$$r_g \leq \frac{2GM}{c^2}$$

(bu ýerde,  $r_g$  – grawitasion radius (*Şwarşildiň radiusy*);  $G$  – grawitasiýa hemişeligi;  $M$  – jisimiň massasy;  $c$  – ýagtylygyň wakuumdaky tizligi) bolan sfera gysylanda şöhlelenmesini bes edýär we Älemde Gara girdap döreýär.

*Gara girdaplar* baradaky garaýyşlaryň ösüş taryhyny şertli üç döwre bölmek bolýar. *Birinji döwür* 1784-nji ýylda inlis tebigaty öwrenijisi Jon Miçelliň (1724–1793 ý.) çap eden işinde gözegçilik edip bolmaýan zadyň massasyny hasaplamaklyk getirildi. *Ikinji döwürde* statiki sferiki – simmetrik ýagdaý üçin umumylaşdyrylan bütindünýä saklanma kanunyny beýan edýän *Eýnşteýniň deňlemeleriniň käbir takyk çözlüşleri* (Karl Şwarşild, 1916 ý.) alyndy. *Üçünji döwür* 1975-nji ýylda inlis fizigi – nazaryýetçisi Stiwen Uilýam Hokingiň (249-nji surat) Gara girdaplaryň şöhlelenmesi bilen baglanyşykly garaýyşy bilen başlandy.

**Stiwen Uilýam Hoking (1942–2018 ý.)** – inlis fizigi-nazaryýetçisi, kosmolog, ýazyjy, Kembrij uniwersitetiniň nazary kosmologiýa Merkeziniň ylmy işler boýunça direktory (249-njy surat). Ol Angliýanyň Oksford ştatynda eneden doguldy. Hoking 1962-nji ýylda Oksford uniwersitetini tamamlady. Ol 1965-nji ýyldan başlap Angliýanyň dürli uniwersitetlerinde we institutlarynda işledi.

Hoking 1974-nji ýylda Londonyň Korollyk jemgyýetiniň agzasy, 1979–2009-njy ýyllar aralygynda Kembrij uniwersitetiniň Lukasow professory boldy. Hoking 1973-nji ýylda SSSR-e geldi we Moskwada bolan döwründe sowet alymlary Ýakow Zeldowiç we Alekseý Strarobinskiý bilen Gara



249-njy surat. Stiwen  
Uilýam Hoking

girdaplar meselesi barada gürrüňdeş boldy. 1981-nji ýylda ol Moskwada geçirilen grawitasiýanyň kwant nazaryýeti boýunça Halkara ylmy maslahata gatnaşdy.

Hoking belli fizik-nazaryýetçileriň we kwant kosmologiýasyny esaslandyryjylaryň biridir. Ol esasan kosmologiýa we kwant grawitasiýasy ugrundan ylmy işleri etdi.

Hokingiň esasy ylmy üstünlikleri:

- Gara girdaplary beýan etmekde termodinamikany ulandy;
- 1971-nji ýylda ilkinji bolup umumy görälik nazaryýetiniň we kwant mehanikasynyň garaýyşlary birleşdirilen kosmologik nazaryýeti döretdi;
- «*Uly ýarylyşyň*» nazaryýetiniň çäginde protonyň göwrümi ýaly göwrümi we massasy milliardlarça tonna bolan mikroskopik Gara girdaplar baradaky düşüňjani çaklady. Bu obýektler umumy görälik nazaryýetiniň (ägirt uly massasy we grawitasiýasy sebäpli) we kwant mehanikasynyň (olaryň ölçegleri sebäpli) galtaşýan çäklerinde ýerleşýärler;
- 1975-nji ýylda «*Hokingiň şöhlelenmesi*» diýip atlandyrylýan hadysanyň hasabyna Gara girdaplaryň «*bugaryandygy*» baradaky nazaryýeti döretdi.

Hoking Gara girdaplaryň golaýynda kwant meýdanlarynyň tebigatyny öwrenip şeýle çaklamany aýtdy: «*Gara girdap hökman daşky giňişlige bölejikleri şöhlelen-dirýär we şunlukda massasyny ýitirýär*». Bu effekte *Hokingiň şöhlelenmesi* (*bugarmasy*) diýilýär. Ýönekeý dilde aýdanymyzda, grawitasiýa meýdany wakuumy polýarizasiýalaşdyrýar. Netijede, diňe bir *wirtual* däl-de, anyk «*bölejik - antibölejik*» jübütleriň emele gelýän bolmagy mümkin. Bölejikleriň biri wakalaryň gorizontyndan sähelçe aşakda bolaýsa, ol bölejik Gara girdabyň içine gaçýar. Bölejikleriň beýlekisi, wakalaryň gorizontyndan sähelçe ýokarda bolaýsa, ol Gara girdabyň energiýasyny (ýagny massanyň bir bölegini) alyp, uçup gidýär. Şeýlelikde, Gara girdap bölejikleri goýberýän bolsa, onda onuň massasy we ölçegleri hemişe kiçelmeli. Ahyr soňunda Älemdäki ähli Gara girdaplar bugarmaly, ýöne munuň üçin örän köp wagt gerek bolar, mysal üçin, Günün massasy ýaly massaly Gara girdap  $10^{66}$  ýyl ýaşayar.

Başga tarapdan, Älemiň başlangyç döwründe dörän «*ilkinji*» Gara girdap, *Uly ýarylyşyň* bolan pursadyndan başlap  $10$  mlrd ýylyň dowamynda, doly diýen ýaly bugarar. Şeýle Gara girdaplaryň energiýasy häzir takmynan  $10^8$  eW bolan *gaty gamma* – şöhlelenmäni goýbermeli.

Häzirki wagtda köp alymlaryň pikirine görä astronomiki gözegçilikleriň esasynda Gara girdaplaryň barlygy ygtybarly subut edilen hasaplanýar. Häzirki zaman

garaýyşlara görä, aşa agyr Gara girdaplar köp Galaktikalaryň ýadrolaryny emele getirýärler. Olaryň hataryna *Akmaýanyň ýoly* galaktikasynyň merkezinde ýerleşen *Ctreles A* agyr Gara girdap hem degişlidir.

Gara girdaplar örän täsin fiziki zatlar hasaplanylýar. Olary gös-göni görmek, häzirlikçe mümkin däl hem bolsa, olaryň bardygyna we kosmosdaky uly ähmiýeti barada, hiç kim ikerjiňlenmeýär. Gara girdaby, onuň üstüne gaçýan ýa-da onuň daşynda aýlanýan maddanyň (*akkresion disk*) ýerleşýän yerinden gelýän şöhlelenme boýunça bellige almak bolar. Häzirki wagtda, şeýle usul bilen kesgitlenen *Gara girdaplaryň* sany gaty köpdür.

*Ak girdap* – *Gara girdabyň wagtlaýyn garşylykly ýagdaýydyr*. Eger Gara girdapdan çykyp bolmaýan bolsa, Ak girdaba düşüp bolmaýar. Häzirki wagtda *Ak girdap* diýip hasap edip bolaýjak fiziki zat ýok, ýöne umumy görälik nazaryýetine görä Ak girdaplar bolmaly. Ondan başga-da, olaryň emele gelme mehanizminiň nazaryýeti hem anyk däl. Şeýle hem, bu täsin zatlary nähili gözlemelidigi hem belli däl. Şoňa görä-de, umumy görälik nazaryýetine görä olaryň barlygy aýdylýan hem bolsa, Ak girdaplar absolyt hyýaly (gipotetik) zat diýip hasap edilýär. Ýöne, ysraýyl astronomlary A. Retteriň we Ş. Helleriň çaklamasyna görä, 2006-njy ýylda ýüze çykarylan *GRB 060614* anomal gamma serpikme Ak girdap bolmaly. Bu ugur boýunça derňewler dowam edýär.

1963-nji ýylda *Palomar obserwatoriýasynda*, niderland astronomy Maarten Şmidt (1929-njy ýylda doglan), 200 *dýumlyk* reflektorly teleskopyň kömegi bilen göze görünýän 3C 273 zady ýüze çykardy we onuň spektrini öwrendi. Ol daşky görnüşi boýunça ýyldyza meňzeýän hem bolsa, 3C 273-iň spektrinde *uly gyzykly süýşme* ýüze çykaryldy. Bu hadysa onuň Galaktikanyň çäginde daşarda ýerleşýändigini subut edýär, ýöne muňa garamazdan adaty däl ýokary ýagtylanyşa eýe. M. Şmidt oňa «*quasi-stellar*» ýa-da *kwazar* diýip at berdi. *Ilkinji kwazar* (3C 48) 1950-nji ýyllaryň ahyrynda A. Sendij we T. Metýuz tarapyndan kesgitlenendigi bellemek gerek.

*Kwazarlar* ýa-da *kwazi ýyldyzlar* – daş-töweregi ýyldyzlar bilen gaplanan uly Galaktikalaryň ýadrolarydyr. Olar ykjam we örän ýagty çeşmelerdir, olaryň integral ýagtylanmasy  $10^{48} \text{ erg/s}$  (biziň Galaktikamyzyň ýagtylanmasy  $10^{44} \text{ erg/s}$ ). Doly energiýa bölüp çykaryşy  $10^{61} - 10^{62} \text{ erge}$  ýetýär we bu grawitasiýa energiýasynyň bölünip çykmagy bilen baglanyşyklydyr. Bu şöhlelenýän ýadro näme bolmaly? Bu ykjam ýyldyzlaryň üýşmegi, şeýle hem Gara girdaplar bolmaly. Häzirki wagtda has ýörgünli garaýşa görä olar agyr Gara girdaplar bolmaly diýip hasaplanýar.

*Kosmos tarlary* – has täsin hadysalarydyr. Bu irki Älemiň faza geçişlerinde döremegi mümkin bolan käbir *topologiki «defektlerdir»*. Olar häsiýetli galyňlygy  $\sim 10^{-29} - 10^{-30} \text{ sm}$  bolan, kosmiki masştabdaky sapaklardyr we halka görnüşinde birigendirler. Kosmos tarlary häzirlikçe ýüze çykaryp bolmady, olar hyýaly zatlardyr we nazary taýdan güýçli depginde öwrenilýär.



Görüşümüz ýaly, megafizikanyň meseleleri gyzykly we mazmunlydyr. Alymlaryň garaýyşlaryna görä, megafizikada alnyp barylýan barlaglar geljekde garaşylmadyk netijeleri berer. Megafizikanyň öwrenilmegi ylym üçin we bütin adamzat jemgyýeti üçin örän möhümdir.

### 30.3.3. Umumy görälik nazaryýetiniň tejribede barlanylyşy. Grawitasiýa tolkunlary we olaryň detektirlenmegi

*Umumy görälik nazaryýetiniň çäkliliginiň tejribede barlagy* häzirki zaman ylmynyň möhüm meselesidir. Häzirki wagtda bu nazaryýetiň kömegi bilen düşündirip boljak örän köp tejribe maglumatlary toplandy. Şoňa görä-de, alymlary ilkinji nobatda umumy görälik nazaryýetiniň çäginde ýerleşmeýän hadysalary öwrenmek gyzyklandyrýar. Şol sebäpli, geljekde umumy görälik nazaryýetiniň bozulýan obýektleri we hadysalary öwreniler. Häzirki zaman garaýyşlara görä, bu aşa agyr kosmos jisimleriniň golaýynda we içinde, Gara girdaplaryň we singulýarlyklaryň töwereginde we umuman, aşa güýçli grawitasiýa meýdanlarynda bolup geçer.

Mundan ýüz ýyl öň töweregi Albert Eýnşteýn Älemde ýagtylygyň tizligine deň bolan tizlik bilen ýaýraýan *grawitasiýa tolkunlarynyň* bardygy barada çaklamany aýtdy.

Eger elektrostatikadan elektrodinamika geçişe meňzeşlikde, umumy görälik nazaryýetine hem Nýutonyň bütindünýä dartylma nazaryýetiniň umumylaşmasy hökmünde seredilse, onda grawitasiýa tolkunlarynyň bardygy aýdyňdyr. Grawitasion tolkunlary goşalaýyn ýyldyzlaryň ulgamlarynda (neýtron ýyldyzlaryň we *Gara girdaplaryň* çaknyşmalarynda we özara täsirlerinde), aşa täze ýyldyzlaryň ýarylyşlarynda, pulsarlaryň golaýynda we *Uly ýarylyş* tarapyndan döredilen grawitasion şöhlelenmäniň galyndylarynda görmek bolýar. Eger goşalaýyn pulsarlaryň şöhlelenme energiýasyny hasaplasak, onda energiýanyň ýetmezçiliginiň emele gelýändigini görmek bolýar. Çaklama görä, bu energiýa pulsaryň *grawitasiýa tolkunyny* görünüşinde şöhlelendirýän energiýasy bolmaly.

*Grawitasiýa tolkunlarynyň* täsiri netijesinde gaty jisimler deformirlenýärler we yrgyldap başlaýarlar, erkin jisimleriň ulgamynda bolsa jisimleriň arasyndaky uzaklyk üýtgeýär. Grawitasiýanyň özara täsiri beýleki fundamental özara täsirlerden köp esse gowşak. Meselem, iki protonyň grawitasiýa özara täsiri olaryň Kulon itekleşmesinden  $10^{36}$  esse gowşakdyr. Şol sebäpli grawitasion şöhlelenmäniň  $L_g$  kuwwaty hem örän kiçi. Meselem, her haýsysynyň massasy  $M_1 \approx M_2 \approx M_0 = 2 \cdot 10^{33} \text{ g}$ , orbitasynyň radiusy Ýeriň orbitasynyň radiusyna ( $r = 1 \text{ a. b.} = 1,5 \cdot 10^{13} \text{ sm}$ ) deň bolan goşalaýyn ýyldyz üçin grawitasion şöhlelenmäniň kuwwaty  $L_g \approx 10^{19} \text{ erg} \cdot \text{s}^{-1}$ -e deňdir, deňeşdirmek üçin alanymyzda Günün doly elektromagnit şöhlelenmesi  $L_0 \approx 3,86 \cdot 10^{19} \text{ erg} \cdot \text{s}^{-1}$  barabardyr.

*Grawitasiýa tolkunlaryny ýüze çykarmak tehniki taýdan çylşyrymly mesele we ony çözmek üçin ägirt uly desgalary gurmaly. Şeýle desgalaryň biri bolan LIGO (Laser interferometric Gravitational-Wave Observatory) grawitasion tolkun observatoriýasy Amerikada guruldy. 2002-nji ýylda bu observatoriýa grawitasion tolkunlary detektirlemek (ýüze çykarmak) boýunça işlere başlady. Bu taslamanyň işine M.W.Lomonosow adyndaky Moskwa döwlet uniwersitetiniň yrgyldylar fizikasy kafedrasyndan W.B.Braginskiniň ylmy topary hem gatnaşdy. Köp ýyllaryň dowamynda alymlar detektorlaryň duýgurlygyny artdyryp, ölçenilýän ölçegleriň takyklygyny artdyrmaklyga çalyşdylar. Netijede, örän wajyp açyş edildi.*

Şu wagta çenli grawitasiýa tolkunlarynyň bardygy gytaklaýyn tassyklanyp gelnen hem bolsa, 2015-nji ýylyň sentýabr aýynda amerikan we rus alymlary *grawitasiýa tolkunlarynyň ýüze çykarylandygyny* habar berdiler. Biri-birinden 3000 km uzaklykda ýerleşýän Luizina we Waşington ştatlarynda ýerleşdirilen *LIGO grawitasion observatoriýanyň* detektorlary, 2015-nji ýylyň 14-nji sentýabrynda massalary Günün massasyndan (Günün massasy  $M_0 = 1,9885 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ ) 29 we 36 esse uly bolan iki sany *Gara girdabyň* birleşip, bir uly *Gara girdaby* emele getirmegi netijesinde dörän *grawitasiýa tolkunlaryny* bellige aldylar. Alymlaryň düşündirişine görä: «Astrofiziki usul bilen ilkinji gezek ikileýin ulgamyň weýrançylykly ewolýusiýasy netijesinde iki zadyň birleşip bir ulgamy emele getirmegi bellige alyndy. Bu birleşmede örän güýçli grawitasiýa energiýasy bölünip çykýar we soňra bu energiýa grawitasiýa tolkunlary görnüşinde giňişlige ýaýraýar». Ýere gelip ýeten tolkunlar lazer detektorynyň şöhlesini protonyň diametriniň müňden bir bölegeçe süşürdiler. Alymlar alnan yrgyldyny sese öwürdiler.

*LIGO detektorynda grawitasiýa tolkunlaryny açmaklyga goşan goşantlary üçin* Raýner Waýss, Barri Bariş, Kip Torn (ABŞ) 2017-nji ýylda fizika boýunça Nobel baýragyna mynasyp boldular.

Häzirki wagta çenli *Gara girdaplaryň* birleşmegi netijesinde dörän dört sany signal bellige alyndy. Düýpli ylmyň iň derwaýys soraglaryna degişli bolan *grawitasiýa tolkunlarynyň* açylmaklygy soňky on ýyllykda astrofizikada edilen uly açyşlaryň biridir.

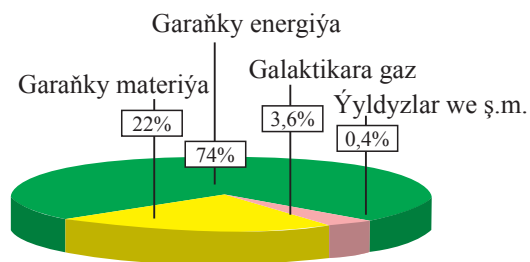
### **30.3.4. Garaňky materiýa (gizlin massa) we Garaňky energiýa meselesi. Älemiň tizlenmeli giňelmegi. Älemiň geljegi**

Mikrobölejikleri we olaryň özara täsir häsiýetlerini öwrenmeklik Älemiň ilkinji giňelme pursadyndan başlap biziň günlerimize çenli bolan ewolýusiýasyna düşünmäge kömek berýär.

Hasaplamalara görä, Älemiň 74%-i Garaňky energiýadan, 22%-i Garaňky materiýadan, 3,6%-i Galaktikara gazdan we 0,4%-i ýyldyzlardan we ş.m.-den

ybaratdyr (250-nji surat). Alymlaryň pikirine görä, Garaňky materiýanyň mukdary, görünýän materiýanyň mukdaryndan azyndan baş esse uludyr.

Fizikada «Garaňky materiýa» düşüňjesi 1940-njy ýyllarda döredi we megafizikanyň in möhüm meseleleriniň biri bolup galmaklygyny dowam etdirýär. Älemiň esasan, ýyldyzlardan, gazlardan we tozanlardan ybarat bolman, eýsem, adaty



250-nji surat. WMAP-ýň maglumatlary boýunça Älemiň düzümi

materiýa bilen grawitasiýa özara täsiri arkaly özüni ýüze çykarýan, näbelli tebigaty bolan maddadan ybaratdygyny kesgitlenen hasap etmek bolar. Alymlar Galaktikalaryň hereketini derňäp, ýyldyzlarda görünýän maddadan başga-da, şöhlelenmeýän we şonuň üçin hem görünmeýän madda bar diýen netijä geldiler. Bu maddany kosmologiýada we astrofizikada *Garaňky materiýa (gizlin massa)* ýa-da *Garaňky*

*madda* diýip hem atlandyrýarlar. Ol astronomiýanyň häzirki zaman serişdeleri bilen gös-göni gözegçilik edip bolmaýan, astronomik jisimleriň birleşmesiniň umumy adydyr. Başgaça aýdanymyzda, *Garaňky materiýa (gizlin massa)* bellige almak üçin ýeterlik bolmadyk elektromagnit ýa-da neýtrin şöhlelenmesini göýbermeýän we olary ýuwutmaýan, emma görünýän jisimlere täsir edýän grawitasion effektlere (hususan-da, «*grawitasion linzalar*» effekti boýunça) boýunça ýüzleý bellige alýnýan jisimlerdir.

Garaňky materiýa deňölçegsiz paýlanan, emma Galaktikalarda hem, galaktikara giňişlikde hem bardyr. Garaňky materiýa hökmünde Galaktikalaryň aralygyndaky gaz hem-de Galaktikalaryň täji (Galaktikalaryň daş-töwereginiň gurşawy) bolup bilerler. Galaktikalary, şol sanda biziň Galaktikamyzy hem gurşap alýan agyr uzyn galo (agyllanma) Garaňky materiýadan ybaratdyr. Gara materiýany we beýlekileri hasaba alanynda hem Älemiň ortaça dykzlygy kritiki bahasyndan artyk bolmaýar.

Esasy ülüşi reliktiw şöhlelenmäni düzýän foton gazyny hem hasaba almak mümkindir. Ýöne, bu gazyň örän selçenligi üçin ol materiýanyň umumy dykzlygyna onçakly goşant goşmaýar.

Umuman, eger Älem häzirki wagtda giňelme häsiýetinde bolsa, onda ol hemişe giňelme ýagdaýynda bolar diýmek ýalňyşlykdyr. *Uly ýarylyş* nazaryýetine görä, Älemiň indiki ewolýusiýasy tejribede ölçenilýän parametre – häzirki zaman Älemiň maddasynyň *orta dykzlygyna* bagly bolar. Eger dykzlyk nazaryýetden belli bolan käbir kritiki bahadan uly bolmasa, Älem baky giňeler, eger-de dykzlyk kritiki bahadan uly bolsa, giňelme prosesi haçan-da bolsa durar we başlangyç singulyar ýagdaýa gaýtaryp getirýän, gysylmaklygyň ters fazasy başlanar. Häzirki zaman

maglumatlaryna görä, Älemiň orta dykzylygy eksperimental ýalňyşlygyň çäginde (göterimiň ülüşlerinde) kritiki baha deň.

*Kritiki dykzylyk nazary esasda aşakdaky formula bilen kesgitlenilýär:*

$$\rho_k = \frac{3H^2}{8\pi G},$$

bu ýerde  $G$  – grawitasiýa hemişeligi,  $H$  – *Habblyň hemişeligi*.

Formulanyň getirilip çykarylyşy esasy kosmologik garaýyşlara, ýagny Älemiň birjynslylyk we izotropylyk garaýşyna esaslanýar.

Gözegçilik edilýän maddalaryň, esasan hem, Galaktikalaryň maddasynyň orta dykzylygyny kesgitlemek kyn bolmady. Eýýäm, 1958-nji ýylda golland astrofizigi Oort onuň dykzylygynyň  $3 \cdot 10^{-28} \text{ kg/m}^3$ -e deňdigini kesgitledi. Şol bir wagtyň özünde *kritik dykzylyk*  $10^{-26} \text{ kg/m}^3$ -e deňdir.

Esasy mesele bolup Älem giňişliginde örän köp bolan neýtrinolarýň dynçlyk massasy galýar. Geň hem bolsa, *Älemiň geljegi göze ilmeýän bölejikler bolan neýtrinolara baglydyr*. Bu ýerde «*neýtrinolarýň dynçlyk massasy barmy*» diýen soraga kesgitli jogabyň ähmiýeti bardyr. 1980-nji ýyla çenli, neýtrinonyň güýçli geçijilik ukybynyň barlygyna görä, edil fotonlar ýaly dynçlyk massasy bolmaýar diýip hasap edilipdir. Ýöne 1980-nji ýylda sowet fizikleri neýtrinolarýň dynçlyk massasynyň noldan tapawutlydygyny bellediler. Eger bu ylmy maglumatlar tassyklanylsa, onda Älem materiýasynyň orta dykzylygy kritiki bahasyndan ýokary bolar.

Häzirki wagtda Garaňky materiýa, esasan, barion däl tebigata eýe diýen garaýyş bar. Onuň tebigy wekili hökmünde *neýtrinony* görkezmek bolar. Emma Ginzburgyň garaýşyna görä, has dogrusy şeýle görnüş (wariant) kabul edilmez diýlip garaşylýar. Sebäbi,  $v_e$  elektron neýtrinonyň massasy  $mv_e < (3 - 4) eW$  barabardyr. Bu massa Garaňky materiýanyň massasyna düýpli goşant etmekligi üçin ýeterlik däl. Garaňky materiýanyň massasyna goşant etmek üçin  $mv_e > 10 eW$  massa gerek.

Has giň ýaýran çaklama görä, Garaňky materiýa hökmünde massalary giga-elektronwolt we ondan hem ýokary bolan (meselem, protonyň massasy  $m_p = 0,938 \text{ GeW}$ ) hyýaly (gipotetik) gowşak özara täsirleşýän bölejikleri – *WIMP*-leri (*Weakly Interacting Massive Particles*) görkezmek bolar. *WIMP*-e degişli bölejikler: hyýaly (gipotetik) agyr durnukly däl neýtrino, supersimmetrik bölejikler – fotino, neýtrali-no we ş.m. Garaňky materiýanyň düzüjileriniň ornuny ýerine ýetirýän beýleki «*we-killer*», meselem, psewdoskalýar bölejikler – aksionlar hem bar. Şeýle hem, kosmos tarlarynyň we Älemiň beýleki topologik «*näsazlyklarynyň*» («*defektleriniň*») bardygyny hem ýatlamak zerurdyr.

*WIMP* bölejikleri olaryň gamma - fotonlary we degişli antibölejikler bilen annigilýasiýasy netijesinde beýleki bölejikleri şöhlendirmegi boýunça ýüze çykaryp bolar diýlen garaýyş bar. Başga bir ýol bolsa örän seýrek hem bolsa

olaryň adaty maddanyň bölejikleri bilen çaknyşmalaryna gözegçilik etmektir. Ölçeğ desgasyna zaryadly kosmos şöhleleriniň «*fonunyň*» täsirini aradan aýyrmak üçin, tejribeleri Ýeriň aşagynda, örän uly çuňlukda geçirýärler. Olaryň hatarynda *XENON100 (Dark Matter Search Experiment, Kolumbiýa uniwersiteti, ABŞ) taslamasynyň* çäginde, şeýle hem *GDMS (Cryogenic Dark Matter Search, Stenford uniwersiteti, Kaliforniýa ştaty, ABŞ) taslamasy* boýunça geçirilýän tejribeleri görkezmek bolar.

Häzirki wagtda *LUX (Large Underground Xenon)* detektory (desgasy) Gara materiýany gözlemek üçin has kämil desga hasaplanýar. Bu desga Günorta Dakota ştatynda (ABŞ) Houmsteýk şahtasyndaky çuňlukda ýerleşendir. Ol sowadylan suwuk we gaz hallarynda bolan «*iki fazaly*» ksenondan doldurylan, agramy üç tonna bolan uly gapdan (sisternadan) ybaratdyr. Bölejikler detektora uçup girenlerinde, olar ksenonyň atomynyň ýadrolary bilen çaknyşyp bilýärler we bu çaknyşmalar fotonlaryň we elektronlaryň akymyny döredýärler. Ýagtylygyň ýylpyldysyny we elektronlaryň döremegini bellige alyp we öwrenip, alymlar, bu uçup gelen bölejigiň Gara energiýanyň täsin bölejigidigini ýa-da adaty bölejikdigini (proton, elektron) – kesgitläp bilýärler.

Şeýlelikde, Garaňky materiýanyň umumy meselesi iki bölekden ybarat:

- *astrofiziki* bölekden, ýagny grawitasion baglanyşykly jisimleriň we olaryň ulgamlarynyň massalary bilen olaryň grawitasion effektlere boýunça kesgitlenýän, ölçelen parametrleriniň arasyndaky gapma-garşylyk;
- *kosmologiki* bölekden – Älemiň orta dykzylygynyň astrofiziki maglumatlary boýunça alnan kosmologik parametrleriň gapma-garşylygy.

Materiýanyň doly mukdary Älemiň dinamikasyna – Galaktikalarda ýyldyzlaryň we toplumlardaky Galaktikalaryň hereketine, netijede bolsa Älemiň ösüşiniň beýanyna (ssenariýasyna) gönüden-göni täsir edýär. Bu meseläniň ylym üçin möhüm ähmiýeti bardyr. Soňky 10 ýylyň dowamynda astronomlar *Ia görnüşli aşa täze ýyldyzlaryň* ýagtylanmasyny takyk ölçediler. Ýarylyşlarynyň ýitiligi boýunça olara çenli aralygy kesgitläp bilýärler. Aşa täze ýyldyzyň ýerleşýän Galaktikasynyň daşlaşma tizligini spektrdäki çyzyklaryň gyzyly süýşmesiniň ululygy boýunça hasaplaýarlar. Köpsanly aşa täze ýyldyzlaryň gyzyly süýşmesiniň we görünýän ýitiliginiň ölçeglerini geçirip, Älemiň giňelişiniň taryhyny dikeltmek bolýar.

*Ia* görnüşli aşa täze ýyldyzlara gözegçilik etmek boýunça iki taslamanyň – «*Kosmologiýa üçin aşa täzeler*» we «*Uly gyzyly süýşmelerde aşa täzeleri gözlemek*» çäginde Älemiň giňelmeginiň tizlenmesi açyldy. Birinji taslamanyň ýolbaşçysy Sol Perlmutter (1959-njy ýylda doglan), ikinji taslama Adam Riss (1969-njy ýylda doglan) we Braýan Şmidt (1967-nji ýylda doglan) ýolbaşçylyk edýärler. Şeýle hem, alymlar başda Älemiň *giňelmeginiň haýallandygy* baradaky maglumatlary hem aldylar. Älemiň giňelmeginiň haýallanmagy tizlenme bilen çalyşýan araçägin-



däki wagty kesgitläp, *Gara energiýanyň* tebigatyny düşündirmek bolar we Älemiň ykbalyny öňünden aýdyp bolar.

Kosmologiýada *Garaňky energiýa* (iňlisçe *dark energy*) Älemiň matematiki modeline onuň gözegçilik edilýän giňelmesini düşündirmek üçin girizilen energiýanyň hyýaly (gipotetik) görnüşidir. Garaňky energiýa wakuum energiýasydyr. Garaňky energiýanyň häsiýetlerini häzirki zaman fizikasy düşündirip bilmeýär.

Garaňky energiýanyň manysyny düşündirmekligiň iki görnüşli çaklamasy bar:

- Garaňky energiýa *kosmologik hemişelikdir (konstantadyr)* – Älem giňişligini deňölçeqli doldurýan, üýtgeşsiz energetik dykzlyk (başgaça aýdanymyzda, wakuumyň nola deň däl energiýasy we basyşy postulirlenýär).
- Garaňky energiýa käbir *kwinttessensiýadyr* – energetik dykzlygy giňişlikde we wagtda üýtgäp bilýän dinamiki meýdan.

Häzirki wagta çenli (2017 ý.) ähli ygtybarly gözegçilik maglumatlary birinji çaklama garşy däldirler, şol sebäpli bu çaklama kosmologiýada *standart* hasaplanýar. Älemiň giňelmek depgini *halyň kosmologik deňlemesi* bilen beýan edilýär. Garaňky energiýa üçin halyň deňlemesiniň çözülişi häzirki zaman gözegçilik kosmologiaýasynyň iň wajyp meseleleriniň biridir.

Uzakda ýerleşen aşa täze ýyldyzlara gözegçilik etmek bilen Älemiň tizlenmeli giňelmegini öwrenmekde goşan goşantlary üçin Sol Perlmutter, Adam Riss we Braýn Şmidt–2011-nji ýylda «*uzakda ýerleşen aşa täze ýyldyzlara gözegçilik etmek bilen Älemiň tizlenmeli giňelmesini açandyklary üçin*» fizika boýunça Nobel baýragyna mynasyp boldular.

Häzirlikçe *Uly ýarylyş* nazaryýeti birnäçe soraglara jogap berip bilmeýär, emma onuň esasy kanunlary ygtybarly tejribe maglumatlary bilen esaslandyryldy. Has giň ýaýran pikire görä, Älem «*birjynsly*» we «*izotrop*» giňelýär. *Soňra näme bolar?* Bu ýerde alymlaryň pikirleri dürli hili. Materiýanyň orta dykzlyk meselesinden ugur alyp, Älemiň geljekde mümkin bolan modelleriniň üç görnüşini hödürlemek bolar. Olaryň *birinjisi* – Älem elmydama giňeler. Galaktikalaryň aralygyndaky giňişlikler kem-kemden garaňkyrar. Wodorodyň ätiýaçdaky mukdaryny harçlap, iň soňunda ýyldyzlar söner we grawitasiýa güýçleri Galaktikalary ägirt «*Gara girdaplara*» gysarlar. Şeýle Älemiň ähli ýaşayş güýçleri ýuwaş-ýuwaşdan kemeler. Hemme ýerde temperatura absolýut nola ymtylar. Tükeniksiz giňişlik, sowuk we garaňkylyk – Älemiň uzakdaky geljeginiň aýyk modeli şeýledir. *Ikinjisi* – Älem giňeler, soňra durar we stasionar hala geçär; *Üçünjisi* – Galaktikalaryň daşlaşmagy kem-kemden haýallaýar. Grawitasion güýçler olary saklanmaga mejbur eder we käbir gutarnykly ölçeglerine ýetip, Älem gysylyp başlar. Dykzlanyp, madda we şöhlelenme has-da gyzyp başlar. Ýakynlaşyp, Galaktikalar biri-birini dargadyp, soňra ýyldyzlar çaknyşyp başlarlar. Älemiň ähli durky bozular. Madda örän gyzgyn

plazma öwrüler. Atomlar we olaryň ýadrolary dargar. Älem tükeniksiz dykzylykly, tükeniksiz kiçi göwürme gysylar. Şeýlelikde, Älemiň ýapyk modeli ony ýene-de *singulýar ýagdaýyna* gaýtaryp getirer.

Ýene-de, «*Soňra näme bolar?*» diýen sorag ýüze çykyar. *Älem täzedan giňelermi?* Soňra, mümkin ýene-de ýarylyş bolar we bu proses *siklik* bolar. Tükeniksiz sanda gaýtalanýan giňelme we gysylma siklleri göz önüne getirmek mümkin. Älemiň geljeginiň şeýle modelini *ossillirlenen model* diýip atlandyryrlar. Ýöne, modelleriň şeýle gaýtalanmagy termodinamikanyň ikinji başlangyjyna we material dünýäniň ösüş kanunyna garşy gelýär.

Älemiň giňelmek prosesi Älemiň massasyna baglydyr. Şoňa görä-de, bu parametri hasaplamak kosmologiýanyň esasy soragy bolup durýar. Onuň çözülişi, umuman aýdylanda, mümkin. Emma bu ýerde, köpsanly kynçylyklar hem bar. Ol kynçylyklar: neýtrinonyň dynçlyk massasyny kesgitlemek. Munuň üçin Gara materiýa we supersimmetrik bölejikler meselelerini çözmeli.

Älemiň geçmişi, häzirki döwri we geljegi baradaky sorag XXI asyryň we geljekki asyrlaryň astrofizikleriniň çözmeli meseleleriniň in derwaýys meseleleriniň biri bolmagynda galýar.

### 30.3.5. Ählitolkunlaýyn astronomiýa. Neýtrin we rentgen astronomiýasy

XX asyryň ortalaryna çenli «*ýagtylyk*» ýa-da «*görüňän ýagtylyk*» diýlen düşünelere «*elektromagnit şöhlenmesi*» diýlen adalga ulanylmady. Şonuň bilen birlikde, astronomlar diňe ýagtylygyň kömegi arkaly ähli astronomik maglumatlary alyp bilýärler. Emma bilşimiz ýaly, optiki diapazon örän dar. Häzir bolsa mümkinçiligimiz örän artdy. Haýsy açyşlaryň netijesinde şeýle mümkinçiliklere ýetildi?

1960-njy ýyllaryň başynda amerikaly alym Reýmond kiçi Dewis (1914–2006 ý.) düýbünden täze detektor döretdi. Onuň detektory *600 tonna* ýörite suwuklyk bilen doldurylan, şahtada ýerleşdirilen ägirt uly gap görnüşindedir. 30 ýylyň dowamynda oňa Günden gelýän 2000-e golaý neýtrinolar bellige almak başardy. Onuň alan netijeleri Günüň merkezinde hakykatdan hem termoýadro reaksiýalarynyň geçýändigini gönüden-göni subut etdi.

Dewisiň alan netijelerini tassyklamak üçin, *Kamiokande* (Ýaponiýa) diýlip atlandyrylýan, başga bir ägirt uly *detektor* ýapon fizigi Masatosi Kosibanyň (1926-njy ýylda doglan) ýolbaşçylygyndaky ylmy barlagçylaryň topary tarapyndan döredildi. 1987-nji ýylyň 23-nji fewralynda aşa täze *1987a*-nyň lowurdamasy wagtynda bu detektor goňşy galaktikadan – *Uly Magellan Buludy* Galaktikasyndan bize gelip ýeten neýtrinolarýň akymyny bellige aldy. Detektor öz içinden geçen  $10^{16}$  sany neýtrinolarýň 12 sanysyny bellige almagy başardy. Dewisiň we Kosibanyň işleri astronomiýada täze ugur bolan *neýtrin astronomiýasynyň* başyny başlady.

*Häzirki zaman neýtrin astronomiýasynda üç sany esasy ugur bar:*

- Gün astronomiýasy – Günden gelýän neýtrinolarý kabul etmek;
- Aşa täze ýyldyzlaryň ýarylyşlaryndan neýtrin ýylpyldylaryny gözlemek;
- Ýokary we aşýokary energiýalaryň neýtrin astronomiýasy.

Gün we ýyldyzlar öz içinde bolup geçýän termoyadro reaksiýalary netijesinde energiýalary  $E \leq 10 \text{ MeV}$  bolan elektron neýtrinolarý şöhlendirýärler. Neýtrino madda bilen özara täsirleşmeýär we Günüň içinden (ýa-da beýleki islendik ýyldyzyň) geçip bilýär. Neýtrinonyň spektrini öwrenip, diňe bir ýyldyzlaryň daşky gabyklary barada maglumatlary alman, eýsem, ýyldyzyň içinde näme bardygy barada maglumatlary hem alyp bolýar.

Şöhlelenme energiýasy  $E_\nu \geq 10^{12} \text{ MeV}$  bolan energiýalary derňeýän ýokary energiýalaryň neýtrin astronomiýasynyň geljegi örän uludyr. Şeýle neýtrinolarý detektirmek üçin köpsanly desgalar gurulýar. Bu desgalarda derňew etmekligiň has ähtimal jisimleri bolup Galaktikalaryň ýadrolary, neýtron ýyldyzlarynyň birleşmegi, kosmos topologiki «*näsazlyklar*» hyzmat edýärler.

*Rentgen kosmos çeşmeleriniň* köp böleginiň tebigaty uzak wagtyň dowamynyda näbelli bolup galdy. Olary öwrenmek üçin rentgen abzallary bilen enjamlaşdyrylan, ýöriteleşdirilen emeli hemralar gerek boldy. Olary döretmek boýunça işlere amerikaly astrofizik Rikkardo Jiakkonny (1931-nji ýylda doglan) ýolbaşçylyk etdi. Onuň ýolbaşçylygynda «*Uhuru*», «*Eýnşteýn*» we «*Çandra*» atly rentgen şöhlelenmeli detektorlary bolan ajaýyp kosmos enjamlary işlenip düzüldi. Olaryň barlaglarynyň netijeleri aşakdakylardan ybaratdyr:

- Asmanyň rentgen kartasy düzüldi. Bu karta görä, has ýagty çeşmeler galaktiki tekizlikde we galaktiki merkeziň çäginde jemlenen («*Uhuru*» hemrasy);
- Aşa täze ýyldyzlaryň galyndylarynyň şöhlelenmeleriniň ýokary hilli spektrografýasy ýerine ýetirildi we Galaktikalardan daşarda ýerleşen örän köpsanly gowşak rentgen şöhlelenme çeşmeleri açyldy («*Eýnşteýn*» teleskopy);
- Galaktikalaryň ýadrolarynda köpsanly aşaağyr Gara girdaplar ýüze çykaryldy («*Çandra*» teleskopy).

Häzirki wagtda Ýeriň töweregindäki orbitalarda «*XMM-Newton*», «*RHTE*», «*HETE-2*» we beýleki uly kosmos rentgen obserwatoriýalary üstünlikli işleýärler. 2002-nji ýylda Russiýanyň «*PROTON*» raketasy bilen «*INTEGRAL*» obserwatoriýasy Ýeriň daşynda elliptik orbita çykaryldy. Bu obserwatoriýa asmany gaty rentgen we gamma – diapazonlarda barlamak üçin niýetlenendir. 30 ýyl mundan öň «*Uhuru*» rentgen hemrasynyň töweregimizdäki kosmos dünýäsini öwrenmekde täze eýýamy açandygy gürrüňsizdir we R. Jiakkon bu ýerde ilkinji boldy. Onuň derňewleri we tejribeleri häzirki zaman *rentgen astronomiýasynyň* esasyňy goýdy.

Şeýlelikde, XX asyr astronomiýanyň abzal öndüriliş bazasyna düýpli düzedişleri girizdi. Şol sebäpli bu astronomiýany häzirki wagtda *ähliolkunlaýyn as-*

*tronomiýa* diýip atlandyrmaga doly esas bar (*Ählitolkunlaýyn* astronomik adalgasy aşakdaky manyny berýär: a) Ýer atmosferasynyň kosmosdan gelyän elektromagnit şöhlelenmäniň ähli tolkun uzynlyklary üçin durulygy; b) Asman ýagtylgýçlarynyň elektromagnit spektriniň göze-görünmeýän diapazonlaryny öwrenmek). Radioastronomiýa we rentgen astronomiýa optiki astronomiýa bilen bir hatarda durýarlar. Häzirki döwürde *submillimetrli (teragersli) astronomiýanyň* we *gamma astronomiýanyň* usullary we abzallary işjeň işlenip düzülýär. Grawitasiýa tolkunlaryny kabul edýän täze desgalaryň işe girizilmegi bilen *grawitasion – tolkun astronomiýasynyň* başlangyjy goýlar. Häzirki döwürde kosmos neýtrinonyny bellige alýan we öwrenýän neýtrin astronomiýasynyň bardygyny bilýäris.

XXI asyryň başlarynda hem ýokarda aýdylan meseleleriň *megafizikanyň esasy soraglary* bolup galjakdygy, ýagny «*çözülmegi möhüm we zerur soraglar*» boljakdygy şübhesizdir.

### 30.4. Ylmy abzal öndürişiň käbir üstünlikleri

Tehnikanyň ösmegi bilen alymlar ylmy barlaglary ýerine ýetirer ýaly ajaýyp abzallara eýe boldular. Olar elementar bölejikleri tizlendirijiler, elektromagnit şöhlelenmäniň ýygylýklarynyň uly diapazonynyň detektorlary, grawitasiýa tolkunlaryny ölçejiler, radioteleskoplar, razerler, grazerler we ş.m. Baş ylmy ugurlaryň ösüşini çaltlandyran ylmy abzallaryň birnäçesine seredeliň.

#### 30.4.1. Skanirleýji elektron mikroskopy (SEM). Skanirleýji tunnel mikroskopy (STM) we atom güýçlendiriji mikroskop (AGM)

Ulaldygy aýnanyň (lupanyň) ýa-da optiki – mikroskopyň kömegi bilen materialyň üst gurluşyny ýüzleý öwrenip bilýäris. Emma ýagtylygy ulanyp, ýagtylygyň tolkun uzynlygyndan kiçi bolan zatlary görüp bilmeýäris, ýagny nanogurluşlary öwrenmek has çylşyrymlydyr.



251-nji surat. Skanirleýji elektron mikroskopy

Skanirleýji elektron mikroskopynda (SEM) tolkun uzynlygy ýagtylygyň tolkun uzynlygyndan kiçi bolan elektron şöhlesini ulanýarlar. Bu bolsa, ölçegi birnäçe nanometr bolan gurluşy görmäge mümkinçilik berýär.

*Skanirleýji elektron mikroskopy (SEM - Scanning Elektron Microscope, 251-nji surat)* elektron mikroskoplaryň toparyna degişli bolup, ýokary ( $0,4 \text{ nanometre}$  çenli ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ )) çözüjilik bilen jisimiň üstüniň şe-

kilini almaga mümkinçilik berýär. Şeýle hem bu mikroskopyň kömegi bilen üst gatlaklarynyň düzümi, gurluşy we käbir beýleki häsiýetleri barada maglumatlary almaga mümkinçilik berýär. Skanirleýji elektron mikroskopynyň işleýşi elektron dessesiniň öwrenilýän jisim bilen özara täsirine esaslanandyr.

Häzirki zaman skanirleýji elektron mikroskopy ulaldyşyň giň diapazonynda, ýagny takmynan, 10 *esseden* (ýagny güýçli elde ulanylýan linzanyň ulaltmasyna ekwiwalent) 1 000 000 *esse* aralykda işlemäge ukyplydyr. Bu bolsa iň gowy optiki mikroskoplaryň ulaldyşyndan 500 *esse* uludyr. Skanirleýji elektron mikroskopy lukmançylykda, biologiýada, metallary, ýarymgeçirijileri we keramikalary öwrenmekde ulanylýar. Onuň ulanyş çägi giňelýär. Beýleki gurluşlar bilen bilelikde işledilende onuň mümkinçilikleri has-da artýar.

Ylmy-barlag we tejribe – konstruktorlyk oýlap tapyşda we hili derňemek boýunça merkezlerde skanirleýji elektron mikroskopy (*SEM*) dünýä boýunça iň kuwwatly abzallaryň biri hasaplanylýar.

*Skanirleýji tunnel mikroskopy (ST - i Scanning tunneling microscope, 252-nji surat)* skanirleýji zond mikroskopynyň bir görnüşidir. Skanirleýji tunnel mikroskopynyň häzirki zaman görnüşi 1981-nji ýylda (abzallaryň bu görnüşiniň prinsipleri beýleki alymlar tarapyndan öň döredilipdi) Gerhard Karl Binnig (*1947-nji ýylda doglan*) we Genrih Rorer (*1933-nji ýylda doglan*) tarapyndan Şýurihdäki (Şweýsariýa) *IBM* barlaghanasynda oýlanyp tapyldy. 1986-njy



252-nji surat. Skanirleýji tunnel mikroskopy

ýylda G. Binnig we G. Rorer skanirleýji tunnel mikroskopy we E. Ruska elektron mikroskopy oýlap tapandyklary üçin Nobel baýragyna mynasyp boldular.

Skanirleýji tunnel mikroskopy (*STM*) ýokary çözüjilik bilen geçiriji üstleriň gurluşyny öwrenmek, aýratyn atomlaryň we molekulalaryň şekillerini almak, elektrik, magnit we mehaniki, hatda, temperatura üýtgemeleriniň paýlanyşynyň kartasyny düzmäge hem mümkinçilik berýär. Şunlukda, öwrenilýän nusganyň şeklini üýtgetmek ýa-da ony ýokary energiýaly şöhledenmä sezewar etmek zerurlygy aradan aýrylýar. *STM-iň* kömegi bilen diametri 0,2 *nm* bolan atomy hem «görmek» bolýar. Onuň üstesine-de şekili aşa ýokary çözüjiligi bilen häsiýetlenýär: şekiliň alynmagyna kömek edýän zonuň tunnelirlenýän elektronlarynyň kwant - mehaniki tolkun uzynlygy, takmynan 0,1 *nm*-e deň.

Tunnel mikroskopynyň kömegi bilen maddanyň atom gurluşyny anyk görmek bolýar. Tunnel mikroskopy nähili işleýär?

Öwrenilýän üste inçe iňňäni örän golaý getirýärler. Öwrenilýän üste görä iňňä uly bolmadyk naprýaženiýe berilýär. Iňňe bilen üstüň aralygy örän ýakyn bolýan-



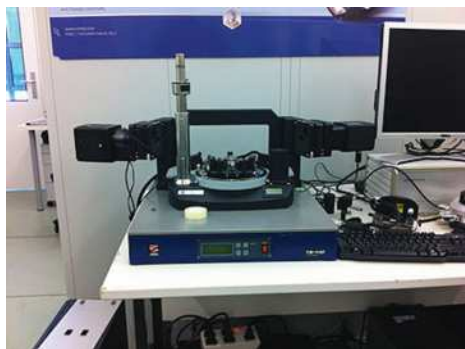
dygy sebäpli, inňäniň ujunda elektrik meýdanynyň güýjenmesi örän uly bolýar. Bu naprýaženiýäniň täsiri netijesinde üstdäki elektronlar tizlenýärler we üstden inňä «bökiş» geçýärler. Bu toga *tunnel togy* diýilýär, ýagny inňe bilen üstüň aralygyny-da, hakykatda, *potensial päsgelçilik (barýer)* emele gelýär. Nusgawy fizika görä, bu ýagdaýda elektronlar bu päsgelçilikden geçip bimeýärler. Emma elektronlar bu potensial päsgelçilikde kanal (tunnel) «gazýarlar» we tunnel boýunça inňä geçýärler. Tunnel togunyň akmagynyň şeýle mümkinçiligi kiçi aralyklarda elektronlaryň kwant kanunalaýyklyklara boýun egýänligindendir. Bu toguň ululygy aralyga örän güýçli (eksponensial) baglydyr we şoňa görä-de, inňe bilen üstüň aralygynyň ujypsyzja üýtgemesi toguň güýçli üýtgemegine getirýär. Bu bolsa tunnel mikroskopyny-da inňeden üste çenli bolan aralygy örän takyk ölçemäge mümkinçilik berýär.

Tunnel mikroskopynyň ikinji aýratynlygy toguň aralyga eksponensial baglylygy bilen baglanyşyklydyr. Bu ýerde, hakykatda, inňäniň ujunda ýerleşen diňe bir atom «işleýär» ekeni, bu bolsa inňäniň gorizonta süýşmesini atomyň ölçegleri takyklykda kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Tunnel mikroskopy bilen öwrenilýän üst geçiriji bolmaly, ýagny metallar ýa-da ýarymgeçirijiler, ýöne dielektrik bolmaly däl. Hakykatdan hem, eger bize örän tekiz üst almak başardan bolsa, onda ony tunnel mikroskopy bilen derňäp, inňäniň dürli hili ýerleşişinde, inňeden hemişelik toguň akýandygyny görmek bolýar. Bu elektronlaryň metalda erkin bölejiklerdigi bilen baglanyşyklydyr, olar metalda atomlaryň arasynda erkin hereket edýärler.

Öňki döredilen skanirleýji tunnel mikroskopynyň kämilleşen görnüşi hökmünde atom güýçlendiriji mikroskopy (*AFM*) 1985-nji ýylda Gerhard Karl Binnig, Kelwin Kueýt we Kristofer Jerber tarapyndan Gerhard Karl Binnig we Haýnrih Poperiň garaýyşlary boýunça Sýurihde (Şweýsariýada) döredildi.

*Atom güýçlendiriji mikroskop (AFM – Atomic – force microscope, 253-nji surat)* ýokary çözüjilikli skanirleýji sondly mikroskopdyr. *AFM* onlarça angstemden atom ölçegine barabar çözüjilik bilen üstüň gurluşyny kesgitlemek üçin ulanylýar.



253-nji surat. Atom – güýçlendiriji mikroskop

Skanirleýji tunnel mikroskopynydan tapawutlylykda atom güýçlendiriji mikroskopynyň kömegi bilen geçiriji we geçirmeyji üstleri öwrenmek bolýar. Diňe bir skanirlemekden başga-da atomlara täsir edip bilýändigine sebäpli, bu mikroskopy *güýçlendiriji mikroskop* diýip hem atlandyryrlar.

Ilkibaşda atom güýçlendiriji mikroskopda geçirmeyän üstleriň gurluşyny kesgitlemek üçin maýyşgak *konsol (kantilewer)* ulanyldy. Kantileweriň gysarmasy,

edil skanirleýji tunnel mikroskopynda bolşy ýaly, tunnel toguň ululygynyň üýtgemesi boýunça kesgitlendi.

Ýöne, kantileweriň ornunyň üýtgemesini kesgitlemegiň şeýle usuly onçakly şowly bolmady we iki ýyldan soň başga optiki shema hödürlendi. Oňa görä lazer şöhlesi kantileweriň daşky üstüne ugrukdyrylýar, serpilýär we fotodetektora düşýär. Kontileweriň gyşarmasyny bellige almagyň şeýle usuly häzirki zaman atom güýçlendiriji mikroskoplaryň köpüsinde amala aşyrylan.

Pýezowibrator bilen kantileweriň kesgitli ýygylgy we fazasy bolan yrgyldylar oýandyrylýarlar. Üste golaýlaşanda kantilewere, onuň ýygylk häsiýetlerini üýtgedýän güýçler täsir edip başlaýar. Şeýlelikde, kantileweriň yrgyldylarynyň ýygylgyny we fazasyny seljerip, üst tarapyndan täsir edýän güýjüň üýtgeýşi barada, ýagny gurluşy barada netije çykarmak bolar. Atom güýçlendiriji mikroskopyň giňişlik çözüjiligi kantileweriň ölçegine we onuň ujunyň ýitiligine baglydyr. Umuňman, atom güýçlendiriji mikroskop (*AGM*) – kantileweriň inñesiniň (zondaň) derňelýän nusgasynyň üsti bilen özara täsirine esaslanan ýokary çözüjiligi bolan skanirleýji zondly mikroskopdyr.

Atom güýçlendiriji mikroskopyň kömegi bilen fiziki jisimleriň (gaty jisimleriň üstleri), şeýle hem biologik we himiki jisimleriň (wiruslaryň we bakteriýalaryň, atomlaryň we molekulalaryň) şekillerini almak bolar. Şeýle mikroskoplaryň çözüjiligi nanometriň uluşlary derejesindedir, bu bolsa atomlary görmäge mümkinçilik berýär. Şekilleri almak bilen bu mikroskopyň mümkinçiligi çäklenmeýär. Atom güýçlendiriji mikroskopyň kömegi bilen iki sany jisimiň özara täsirini öwrenmek bolýar: sürtülme güýjüni, maýyşgaklygy, adgeziýany ölçäp bolýar, şeýle hem aýratyn atomlaryň ornuny üýtgedip bolýar, haýsy bolsa-da bir üste atomlary geçirip ýa-da üstden olary goparyp bolýar.

Atom güýçlendiriji mikroskopiýanyň soňky ösüşi magnit güýçlendiriji mikroskopiýa, pýezoseslenmäni güýçlendiriji mikroskopiýa, elektrik güýçlendiriji mikroskopiýa ýaly usullaryň döremegine getirdi.

Häzirki wagtda *STM* we *AGM* giň ýaýran ylmy-barlag abzallary bolup hyzmat edýärler. Häzirki zamanyň öndebaryjy ylmy ugurlaryň biri bolan *nanotehnologiýa* üçin tunnel mikroskopy *STM* we *AGM*, barlag etmegiň inñ kuwwatly abzalyna öwrüldi. Häzirki zaman skanirleýji tunnel we atom güýçlendiriji mikroskoplaryň esasynda, tunnel zond mikroskoplary we nanotehnologiýa islendik materialdan ýasalan podložkalaryň, şol sanda nano- we mikroelektronikanyň elementleriniň üstleriniň toplumlaýyn barlaglaryny geçirmäge, podložkanyň üstünde nanojisimleri, şol sanda elektronikanyň elementlerini döretmäge, öýjükli gurluşlary, bakteriýalary, viruslary, *DNK-ny* we ş.m. derňemäge mümkinçilik berýär.

*STM* we *AGM-leriň* ajaýyp häsiýetleriniň bardygyna garamazdan, olar mikroelektron önümleriniň taýýarlanyşynda hile gözegçilik etmek üçin onçakly ýaramly dälidirler. Bu ýagdaýdan çykalga *IBM - in* tehnologik barlaglar bölüminiň (*Yorktaun*

- *Heýts, ABS*) alymlary tarapyndan hödürlendi. Olar *Lazer güýçlendirijili mikroskopyny (LGM)* oýlap tapdylar.

### 30.4.2. Tomografiýa

*Tomografiýa* (*tomos* grek sözi bolup, türkmençe *kesme* manyny berýär) dürli fiziki tebigaty bolan şöhlelenmäni (ultrases, radio we optiki signallar, rentgen we gamma şöhleleri) ulanyp, öwrenilýän jisimiň içine seretmäge mümkinçilik berýär. Her bir şöhlelenmäniň özboluşly häsiýetli aýratynlyklary bardyr. Bu aýratynlyklar tejribe geçirilende we enjamlar gurulanda göz önüne tutulýar. Emma tomografik tejribeler geçirilende alynýan maglumatlar (proýeksiýa maglumatlary) şol bir matematiki aňlatmalar bilen beýan edilip bilner. Bu tomografiýany maglumatlary işläp taýýarlamak çäginde häzirki zaman ugur diýip aýtmaga mümkinçilik berýär.

Rentgen şöhleleriniň açylmagy täze şöhlelenmäniň ajaýyp häsiýetiniň – dury däl jisimiň «içine seredip» bilmek mümkinçiliginiň bardygy sebäpli, alymlaryň arasynda görüp - eşidilmedik gyzyklanma döretdi. Ýöne bu ýerde, başga bir mesele döreýär: nähili usul bilen şöhläni geçirip jisimiň ýoýulmadyk içki gurluşyny görüp bolar. Bu meseläni *kompýuter (rentgen) tomografiýasy* çözüp biler. 1979-njy ýylda inlis inženeri G. Haunsfild (1919–2004 ý.) *kompýuter tomografiýasyny döredendigi üçin fiziologiýa we lukmançylyk boýunça* Nobel baýragyna eýe boldy.

Emma rentgen şöhlelenmesi, hat-da kiçi bölegi hem, janly beden üçin howpludyr. Adam bedeniniň kese - kesiginiň şekillerini almak üçin, ionlaşdyryjy şöhlelenmäni ulanmagy aradan aýyryan, täze usul – *ÝMR* – tomografiýa hödürlendi. *Ýadro magnit rezonansy (ÝMR)* – maddanyň ýadro paramagnetizmi bilen şertlenen elektromagnit energiýany saýlap ýuwutmasydyr. Öwrenilýän nusga özara perpendikulýar magnit meýdanlary (güýçli hemişelik  $H_0$  magnit meýdany we gowşak radioýygylykly ( $10^6 - 10^7$  Gs)  $H_1$  magnit meýdany) täsir edende *ÝMR-e* gözegçilik edilýär.

*ÝMR* usulynyň artykmaçlygy – bu usulda rentgen şöhleleri radiotolkunlary bilen çalşyldy. Bu bolsa näsagy we lukmany «zyýanly şöhlelerden» goramaga mümkinçilik berýär. Şeýle hem bu usul sagdyn öýjükleri näsag öýjüklerden tapawutlandyrmaga mümkinçilik berýän, janly bedeniň öýjükleriniň himiki barlagyny geçirmäge goşmaça mümkinçilik berýär. Mundan başga-da, *ÝMR* usulynyň ýokary çözüjilik ukyby bolup, onuň kömegi bilen millimetriň ülüşi ölçegindäki jisimleri saýgaryp bolýar. *ÝMR* tomografiýasy diňe bir kese-kesikleriň şekillerini däl-de, boý kesikleriň şekillerini almaga hem mümkinçilik berýär.

Fizikadan dörän kompýuter tomografiýasy häzir fizika bilen hiç hili baglanyşygy ýok, ol bütinleý fiziologiýa we lukmançylyga degişli diýlen garaýşyň döremegi mümkin. Emma bu beýle däl. Häzir tomografik usullar radiolokasiýada we optikada, himiýada we plazmanyň anyklanyşynda, astronomiýada, ummanlaryň fiziki häsiýetlerini ölçemekde (akustik tomografiýa), aerodinamiki jisimleriň süýrülük

görnüşliligini öwrenmekde, geofizikada (seýsmiki tomografiýa), golografiki interferometriýada ulanylýar. Bu sanaw doly däl we tomografiýanyň ulanyş araçäkleri hemişe giňelýär.

### 30.4.3. Furýe-spektroskopiýa

1880-nji ýylda A.A. Maýkelson tarapyndan, häzirki wagta çenli ulanylýan interferometriň köpugurly görnüşiniň döredilmegi bilen *furýe-spektroskopiýa* döredi diýip hasap edilýär. *Furýe-spektrometriň* esasy elementi hökmünde *Maýkelsonyň interferometri* hyzmat edýär. Ilkibaşda öwrenilýän şöhlelenmäniň interferogramasy bellige alynýar, soňra interferogramma boýunça *Furýe-öwürmesiniň* kömegi bilen gözlenilýän spektri hasaplaýarlar.

Adaty spektroskopiýa bilen deňeşdirilende *furýe-spektroskopiýa* nähili üstünlige eýe? *Furýe - spektroskopiýada* skanirlemegiň bütün dowamynda spektriň ähli diapazony boýunça maglumatyň toplanmagy bolup geçýär. Adaty difraksion spektrometrinde bolsa, şol bir wagt üçin diňe abzalyň çykyş ysnyň ýagdaýyna degişli bolan inçe spektral aralygy baradaky maglumatlar alynýar. P.Felzet bu häsiýeti *multipleks-faktor (Felžetiň utuşy)* diýip atlandyrdy. P.Felzet ýitgisiz optiki ulgamda jisimiň ýagtylanmasynyň şekiliň ýagtylanmasyna deňdigini, netijede, şeýle optiki ulgamyň islendik nokadynda ýagtylyk akymynyň we ýagtylanmanyň saklanýandygyny görkezdi. Şeýlelikde, uly çözüjilik bilen energiýanyň uly mukdaryny geçirmek bolar. *Felžetiň utuşynyň* manysy şondan ybaratdyr.

*Furýe-spektroskopiýa* usulyny spektral derňewlerde (meselem, molekulalaryň ýuwutma spektrlerini almak we derňemek, ýyldyzlaryň we planetalaryň molekulýar spektrlerini), ekologiýa monitoringde (howadaky zyýanly maddalaryň mukdaryny kesgitlemek), gaty jisimiň fizikasynda (aşageçirijileriň energetik yslyrany hasaplamak, infragyzyň kabul edijileri we süzgüçleri (fitrleri) döretmek, fonon spektrlerini almak we derňemek, metallaryň üstlerini öwrenmek we ş.m.) ulanýarlar.

### 30.4.4. Käbir häzirki zaman superteleskoplary

Ählitolkunlaýyn astronomiýanyň ösmekligi, ilkinji nobatda, kosmologiýanyň esasy soraglaryna: Älemde ilkinji ýyldyzlaryň we Galaktikalaryň döreýşi, Gara materiýanyň we Gara energiýanyň tebigaty we ş.m. baradaky soraglara jogap tapmaga mümkinçilik berjek derňewleri geçirmek täze teleskoplary döretmek we ulanmak bilen şertlenendir. Häzirki zaman megafizikasy nähili superteleskoplar bilen üpjün edilen we ýakyn onýyllykda haýsy teleskoplary döretmeklik meýilleşdirilýär? Bu soraglara jogap bermek üçin birnäçe mysallary getireliň.

1. *LOFAR (Low Frequency Array – «Pes ýygylykly gözenek»)* – täze radio-teleskop, 2010-njy ýylda işe girizildi. Ol 25 000 sany uly bolmadyk antennalar-

dan (kese-kesikleri 50 *sm*-den 2 *m*-e çenli) düzülen ägirt uly gurluşdyr. Teleskoplaryň antennalary birnäçe ýurtlarda (Germaniýada, Fransiýada, Beýik Britaniýada, Şwesiýada) ýerleşdirilen. *LOFAR*-yň diametri, takmynan, 1000 *km*-e deň. Ähli antennalardan gelyän signallar *Stella superkompýuterleriniň* kömegi bilen jemlenilýär. Bu radioteleskopyň kömegi bilen astronomiki gözegçilikler 10–240 *MGs*-den pes ýygylklarda amala aşyrylýar. *LOFAR radioteleskopy* ilkinji ýyldyzlaryň taryhyny derňemek, Galaktikalaryň magnit meýdanlaryny öwrenmek we uly energiýaly kosmos şöhleleriniň näbelli çeşmelerini açmak üçin niýetlenendir.

2. *MERLIN (MultiElement Radio Linked Interferometer Network – «Radioaragatnaşykly köpelementli interferometrik tor»)* – Angliýada 217 *km* aralykda bölüp ýerleşdirilen, 7 sany radioteleskopdan ybarat bolan *radiointerferometr*. *MERLIN* 151 *MGs*-den 24 *GGs* ýygylklar aralygynda işleýär. Ähli radioteleskoplar radiogeçirijiler boýunça signallary merkeze geçirmek bilen bütewi tora birikdirilendir. *MERLIN*-iň maksimal burç çözüjiligi 6 *sm* tolkun uzynlygynda 0,05 *sekunt*dyr. Şeýle burç bilen 100 *km* aralykdan diametri 2 *sm* bolan şaý puly görüp bolar.

3. *E - ELT (European Extremely Large Telescope – «Ýewropanyň adatdan daşary uly teleskopy»)* – indi gurulmaly *superteleskoplaryň biri*, onuň esasy gurluşy 40 *metrlik* segmentli aýnadyr. Ol häzirki wagtda bar bolan teleskoplaryň islendiginde 15 esse köp ýagtylyk ýygnaý bilýär. *E - ELT* optiki we infragyzyň diapazonlarda işläp. Bu teleskop Çilidäki Serro Armazones dagynda gurlar. *E - ELT superteleskopy* Gün ulgamyna golaý ýerleşen ýyldyzlaryň planetalarynda ýaşaýşyň alamatlaryny gözlär, Älemiň giňelmeginiň tizlenmesini ölçär. Taslamany 2020-nji ýylda işe girizmeklik meýilleşdirilýär.

4. *ALMA (The Atacama Large Millimeter / Submillimeter Array – «Atakam uly millimetrli / Submillimetrli Gözenek»)* – millimetr we submillimetr (teragersli) diapazonlarda işleýän, dünýäde iň kuwwatly, teleskop. Bu teleskopyň gurluşygy dowam edýän hem bolsa, *ALMA radiointerferometri* häzirki hereket edýän optiki we infragyzyň teleskoplarynyň alyp bilmejek şekilini, Älemiň şekilini bize görkezdi. Desga maglumatlary gaýtadan işlemek üçin planetada iň kuwwatly, harby däl kompýuter bilen üpjün ediler.

2013-nji ýylda *ALMA* millimetr we submillimetr diapazonly 66 sany aş takyk radioantennalar ýerleşen 16 *kilometrlik* ölçege ýetdi. Olar bütewi teleskopy emele getirdiler. Bu teleskopy döretmäge Ýewropanyň, Demirgazyk Amerikanyň we Gündogar Aziýanyň alymlary we inženerleri gatnaşdylar. *ALMA* teleskopy millimetr diapazonda şöhle goýberýän sowuk kosmos jisimlerini, Älemiň ewolýusiýasynyň irki döwründe ýyldyzlaryň ýarylyşynda dörän tozanlary gözlemek üçin ulanylýar. Teleskop dykyz gaz bulutlaryna «*seredip*» ýyldyzlaryň we planetalaryň emele gelme proseslerine gözegçilik eder.

5. *SKA (Square Kilometre Array – «Kwadrat kilometrli gözenek»)* – taryhda iň uly teleskop, ýygnaýjy meýdany, takmynan, 1 *km*<sup>2</sup>-e deň, häzirki bar bolan radiote-



leskoplaryň islendiginiň duýgurlygyndan 50 esse uly duýgurlyga eýe. *SKA* radiointerferometri kese-kesigi 3 000 km bolan meýdanda ýerleşen, 4 000 sany antennadan ybaratdyr. Şunlukda, ähli antenalar, ýygnaýan maglumatlar boýunça şekili gurýan, kuwwatly superkompýuter bilen birikdiriler. *SKA* Ýer togalagynyň günorta ýarym-böleginde (Günorta Amerikada, Awstraliýada we Täze Zelandiýada) gurlar. Bu meýdanda Galaktikamyzyň has gowy görnüşi we pes derejeli radiopäsgelçilikleri üpjün edilýär. *SKA* teleskopy *Uly ýarylyşdan* soň dörän ilkinji ýyldyzlaryň we Galaktikalaryň «pyşyrdysyny» tutmak, Gara girdaplaryň birleşmesinde döreýän grawitasiýa tolkunlaryny bellige almak, Garaňky energiýanyň syrlaryny açmak üçin ulanylar. *SKA* teleskopynyň gurluşygyny 2022-nji ýylda tamamlamak meýilleşdirilýär.

6. *FAST (Five hundred meter Aperture Spherical Telescope – «Bäş yüz metrlik aperturaly radioteleskop»)* – Hytaýyň Guýçžou welaýatynda gurulýan ägirt uly radioteleskop. Ol antenasynyň diametri 500 m bolan dünýäde iň uly radioteleskop bolar. Gurluşy boýunça ol Aresibodaky radioteleskopa meňzeş bolar we tebigy çukurda ýerleşer. Emma ol Aresibodaky radioteleskop bilen deňeşdirilende kosmosda 3 esse köp aralyga aralaşyp, asmany 10 esse çalt barlap biler. *FAST radioteleskopy* 2016-njy ýylda işe doly taýýar boldy. *FAST radioteleskopy* Gara materiýany, Ýupiter planetasynyň ölçeglerine barabar bolan ekzoplanetalaryň gowşak signallaryny, täze pulsarlary, emeli gelip çykyşy bolan radiosignallary (ýerden daşarky siwilizasiýanyň barlygynyň alamatlaryny) gözläp.

Bu bölümde beýan edilen üstünlikler, fizikanyň beýleki ylmylaryň arasynda önbaşçy bolmak bilen adamyň durmuşynyň gowulanmagyny üpjün edýändigini taswyklaýar. Fizikanyň beýleki ylmylar bilen baglanyşygy onuň ylmy abzal öndürilişdäki üstünlikleri bilen gazanylýar. Häzirki zaman fizikasyny geljekki mugallymlara öwretmek bilen, olara häzirki zaman fizikasynyň ösüş derejesini we onuň adamzadyň durmuşy bilen baglanyşygyny kesgitleýän ylmy abzallar barada doly maglumatlary hem bermek zerurdyr.

Jemläp aýdanymyza, biz, edil geçen asyryň başynda bolşy ýaly, makro-, mikro- we megafizikada açyljak hyýaly (fantastiki) açyşlaryň bosagasynda durus. Täze lazer we kriogen gurluşlarynyň işe girizilmegi, kosmos enjamlarynyň uçurylmagy, gündelik durmuşymyza kwant kompýuterleriniň ornaşdyrylmagy, *LHC* kollaýderinde işleriň dowam etdirilmegi we beýlekiler gürrüňsiz bize köp täze garaşylmadyk sowgatlary berer.

## JEMLEME

Biz şu wagta çenli XXI asyryň şu günlerine çenli fizikanyň taryhy bilen bagly açyşlar barada gürrüň etdik. Fizikada indi ediljek ähli zatlar biziň gözümiziň önünde bolup geçer. Taryh dowam edýär, mümkin, onuň iň esasy amala aşmalary önümizdedir. Diňe bu amala aşmalary wagtynda görmek gerek.

Fizikanyň geçen ýoluna ony döredijileriň gözi bilen gysgaça seretmek we ganylanlara olaryň sözleri bilen baha bermek maksadalaýyk bolar.

W. Waýskopfyň garaýşyna görä: *«Fizika – bu agajyň düýbüniň aşaky böleginde nusgawy fizika, elektrodinamika we ýylylyk fizikasy, hemmesi bilelikde bu ugurlaryň giň ulanyşlaryny alamatlandyrýan, köp şahaly agaçdyr. Agajyň düýbi boýunça ýokarda, himiýa, materialy öwreniş, elektronika we optika ýaly şahalary bolan atom fizikasy ýerleşýär. Ondan ýokarda radioaktiwlik, geologiýa we astrofizika ýaly ylymlary alamatlandyrýan, ýaş şahalary bolan ýadro fizikasy ýerleşýär. Bu agajyň depesinde, häzirlilikçe şahalary bolmadyk, elementar bölejikleriň häzirki zaman fizikasy we kosmologiýa ýerleşýär. 100 ýyl mundan öň agajyň depesinde şahalary bolmadyk atom fizikasy durdy»*.

Fizika ylmynyň maksady näme diýlen soraga A. Eýnşteýn *«Fizikanyň ewoluýsiýasy»* kitabynda *«Fiziki konsepsiýalar hakykatyň suratyny şekillendirmäge we onuň duýgy arkaly kabul ediş dünýä bilen baglanyşygyny anyklamaga çalyşýarlar»* diýip jogap berýär.

Ilkinji düşüňjeleriň biri hökmünde obýekt düşüňjesi getirilýär. Islendik material obýekt baradaky düşüňje tejribe esasynda döredilýär. Fizika, umuman, hakykatyň mehaniki suratyny döretmäge getirýän massa, güýç we inersial ulgam düşüňjelerini girizmek bilen başlanýar. XIX asyryň fizikasy üçin daşky dünýäniň hakykylygy, aralyklary diňe uzaklyga bagly bolan, ýönekeý güýçler täsir edýän bölejiklerden ybaratdy. Bu fizika şol düşüňjeleriň kömegi bilen tebigatyň ähli hadysalaryny düşündirmek bolar diýip ynanýardy. Haçan-da, fizikler elektromagnit häsiýetli hadysalar bilen duşuşanlarynda, elektromagnit meýdany diýlen düşüňje girizildi (elektromagnit hadysalaryny düşündirmekde elektromehanika efir düşüňjesi onuň manysyny açyp bilmedi). Jisimleriň özlerini alyp barylaryny däl-de, olaryň arasyn-da nämedir bir zadyň özüni alyp barşyny, ýagny hadysalaryň manysyna düşünmäge mümkinçilik berýän meýdanyň bardygyna düşünmek üçin, düýpli psihologik güýç gerek boldy.

Ylmyň soňky ösüşi köne düşüňjeleri taşlady we täzeleri girizdi. Meselem, görälik nazaryýeti absolyt giňişlik we wagt düşüňjesini taşlady we dörtölçegli giňişlik-wagt düşüňjesini girizdi. Kwant nazaryýeti hakykatyň düýpli täze häsiýetlerini ýüze çykardy: üznüklilik üznüksizligiň ýerine geçdi, aýry-aýry zatlary dolandyryan kanunlaryň ýerine ähtimallyk kanunlary döredi. Ýöne, fiziki nazaryýet-

leriň maksady öňkölige galdy – biz olaryň kömegi bilen görünýän maglumatlaryň manysyny açmaklyga ymtylýarys.

Atom hadysalarynyň çäklerinde köpsanly dürli görnüşli maglumatlaryň bolmaklygy täze fiziki düşüňjeleri döretmäge we girizmäge mejbur edýär. Madda elementar bölejiklerden – maddanyň elementar kwantlaryndan düzülendir.

Ýagtylyk hem fotonlardan – energiýanyň kwantlaryndan düzülendir. Ýagtylyk tolkunmy ýa-da fotonlaryň çabgasymy, elektronlaryň dessesi elementar bölejikleriň çabgasymy ýa-da tolkunmy diýlen soraglara jogaplary gözlemeklik mehaniki dünýägaraýyşdan has yza çekilmäge mejbur edýär. Kwant fizikasy aýry-aýry bölejikleri däl-de, köpsanly bölejikleri dolandyryýan kanunlary döredýär. Kwant fizikasynda häsiýetler dälde, ähtimallyklar beýan edilýär, nusgawy fizika mahsus bolan, ulgamyň geljegini açyp görkezýän kanunlar döredilmeyär-de, aýry-aýry bölejikleriň köpsanly toplumyna degişli ähtimallyklaryň wagta görä üýtgeýşini dolandyryýan kanunlar döredilýär.

Şeýlelikde, ýüz ýyl mundan ozal ylym gaty jisimleriň ýa-da suwuklyklaryň mehanikada we gidrodinamikadaky hereketlerini, elektrodinamikada elektrik we magnet meýdanlarynyň häsiýetlerini, himiýada atomlaryň we molekulalaryň häsiýetlerini beýan etmeklik häsiýetdedi. Soňra fizikanyň maksatlary üýtgedi: ol beýan etmeklikden düşündirmä geçdi. Plank, Eýnşteýn, Rezerford, Bor, Zommerfeld, Şredinger, Geýzenberg, Pauli we Dirak tarapyndan amala aşyrylan ylmyň ösüşi kwant täsiriniň, ýadrosy bolan atomyň, kwantlanan orbitalaryň, kwant mehanikasynyň we atomyň dinamikasynyň açylmaklygyna getirdi.

Fizikanyň ösüşiniň indiki döwri atom ýadrosynyň içki gurluşyny öwrenmäge mümkinçilik berýän M. Sklodowskaýa – Kýuriniň işleri bilen başlandy. Atomyň gurluşyny öwrenmeklik elementar bölejikleriň dürli görnüşlerini ýüze çykardy, bu bolsa fizikanyň bütewi konsepsiýasyny gurmaga getirdi. Fizikanyň ösüşindäki nusgawy döwür kwant nazaryýetiniň döredilmegi bilen öz ornuny nusgawy däl fizika bermeli boldy.

*Häzirki zaman fizikasynyň ösüş ugry nähili bolar?* In bolmanda fizikanyň käbir ugurlarynyň ösüşiniň XXI asyrdan (bütün fizikanyň üçünji müňýyllykdaky ösüş barada gürrüň etmek düýbünden mümkin däl) nähili boljakdygyny kesgitlemäge synanyşalyň. Geljegiň fizikasy, edil XX asyrdan bolşy ýaly, mikro-, makro- we megafizikanyň çäklerinde bolar. Şunlukda, elbetde, onuň aýratyn ugurlary dürlüçe ösler, has uly ýa-da haýal depginde, mümkin onuň ösüş häzirki wagtda bolup geçiş ýaly bolmaz. Ösýän fizikada düýpli we amaly düzüjileriň arasyndaky baglanyşyk örän ýaýbaňlanar, XXI asyrdan olaryň özara täsirleri diňe artar. Ýakyn geljekde fizikanyň haýsy ugurlar boýunça ösjeðdigini derňemäge synanyşalyň. Onuň beýleki tebigy we ynsanperwer bilimler bilen günsaýyn artýan birligini we köpugurly baglanyşygyny görkezmek üçin şeýle derňewi aýratyn bölümler boýunça ýerine ýetirmek maksada-

laýykdyr. Ondan başga-da, geljegin fizikasynyň ösüş prosesleri hem XX asyrdan we öňki döwürde bolup geçen şuna meňzeş proseslerden tapawutly bolmagy mümkin.

XXI asyrdan fizikanyň ösüşini ara alyp maslahatlaşmaklygy *energetik meseleden* başlalyň, sebäbi diňe ol üçünji münýýlykda adamzadyň durmuşynyň hilini we ösüş depginini köp babatda kesgitläň. Elbetde, «*Näme üçin, energetika barada aýdanymyzda, biz ilkinji nobatda fizikany ýatlaýarys?* » diýen soraga jogap bermek gerek. Bu kitaby okanymyzdan soň bu soragyň jogaby düşnükli bolar. XVIII asyrdan başlap we hatda ondan hem öň, hut fizikada edilen açyşlar adamzadyň energiýanyň täze, has önjeýli görnüşlerini özleşdirmeginiň esasynda bolupdy. Termodinamikanyň kanunlaryny açan alymlaryň işlerini ýatlamak ýeterlik bolar. Olaryň ýadawsyz işleri netijesinde tehnika şeýle bir üstünliklere ýetdi, hatda XIX asyr «*bugun asyry*» diýlip hem adalatly atlandyryldy. Fizikanyň bölümi hökmünde termodinamikanyň üstünlikleri, şeýlelikde, adamzat medeniýetiniň ösüşiniň hakyky ugruny kesgitledi.

Tehniki ösüş üçin XX asyrdaky fizikada gazanylanlar az ähmiýetli bolmady. Häzirki wagtda atom energiýasynyň açylmaklygy we özleşdirilmegi adamzadyň energiýa syýasatyny kesgitleýär we geljekde hem ony kesgitläň. Kitabymyzyň soňky bölümleriniň birinde XX asyryň ahyrynda atom energetikasynda geçirilýän derňewleriň ösüşini getirildi. Häzirki wagtda ol ýerde ara alyp maslahatlaşýlan energetikanyň ösüşiniň ugurlary XXI asyryň birinji ýarymy üçin hem häsiýetli bolar diýlip hasap edilýär. Baş ugur bolup energiýany almak üçin dolandyrylýan termoyadro reaksiýasyny ulanmaklyk bolar.

Dolandyrylýan termoyadro sintezi bilen ylym, geçen asyryň 50-nji ýyllaryndan başlap gyzyklanýar. Muňa garamazdan bu mesele häzirligçe doly çözümedi, emma birnäçe düýpli meseleleri çözmek başartdy. Hususan-da Halkara *ITER (International Termonuclear Experimental Reactor) taslamasy* durmuşa işjeň ornaşdyrylýar. Emma bahasy 10 mlrd dollar bolan *ITER-iň* bu ägirt uly *TOKAMAK-y* häzirligçe energiýa öndürýän pudak däl. Ol diňe görkezme desgasydyr, geljegin termoyadro reaktorynyň özboluşly nusgasydyr. Ondan başga-da, fizikler başga gurluşlaryň we kiçi ölçeglerdäki taslamalaryň üstünde işlemekligi maksadalaýyk hasaplaýarlar. Meselem, stellaratorlarda derňewler geçirilýär, lazer termoyadro sinteziniň mümkinçilikleri öwrenilýär we ş.m.

Käbir alymlar termoyadro taslamalarynyň işlenip düzülmekligine, köp sebäplere görä, olary amala aşyrmaklyk asla mümkin däl diýip, olara ynamsyz garaýarlar. Bu hakyky esaslandyrylmadyk garaýyş alymlaryň arasynda giň ýaýradý, sebäbi ilkinji nobatda termoyadro barlaglaryna goýlan çykdajylaryň «*girdejisi*», öň çaklanylyşyna görä, onçakly uly bolmady.

Termoyadro taslamalarynyň ösüşiniň çägendäki derňewleri dowam etdirmeli ýa-da ýok, diýlen soraga kesgitli jogap bermek kyn. Ylmyň we tehnikanyň termoyadro elektrostansiýalaryny döretmek üçin näçe uzak ýol geçjekdigini we

şunlukda olaryň haýsy ýollary ulanjakdyklaryny geljek görkezەر. Emma ylmy barlaglarda garaşylmadyk zatlaryň – garaşylmadyk açyşlaryň bolmaklygy hem mümkin. Şunlukda, täze energetik mümkinçilikleri diňe bir termoyadro sintezi çäginde döremän, eýsem fizikanyň beýleki pudaklarynda hem döremekligi mümkin. Şeýle ýagdaý fizika ylmynyň ösüşiniň çarkandakly ýolunda ýygy-ýygydan bolupdy. Şeýle mümkinçiligi hiç wagt hasapdan aýyrmak bolmaz.

Fizikanyň XXI asyrdaky ösüşiniň «*energetika*» ugry beýleki bir düýpli mesele – *ekologiýa* bilen berk baglanyşyklydyr. Adamzat medeniýetiniň ösüşiniň tehnogen ugry daşky gurşawyň halynyň köpsanly ekologik bozulmalaryna getirýär. Bu bozulmalar köp babatda fiziki açyşlary şowsuz ýa-da oýlanyşyksyz ulanmak bilen baglanyşyklydyr. Şeýlelikde, fizika, käwagtlar ekologik bozulmalaryň ýüzleý günäkäri hökmünde ýüze çykýar. Şeýle ýagdaý, adamlara hiç sebäpsiz, düzgün bolşy ýaly fizik hünärmenlere däl-de, syýasatçylara, žurnalistlere ýa-da jemgyýetçilik işgärlerine fizika ylmyny ähli babatda günäkärlemeklige bahana bolýar. Şeýle çemeleşmäni dogry we saldamly hasaplamak bolmaz.

Şol bir wagtyň özünde, diňe fizikanyň adamyň tebigata täsir ediş derejesini bahalandyrmaga mümkinçilik berýändigini, şeýle hem bitaraplaşdyrmagyň ýa-da zyýanly täsirleriň yzlaryny kemeltmegiň usullaryny işläp döredýändigini örän düşnüklidir. XXI asyrdaky ekologik fizikanyň esaslaryny öwrenmäge ugrukdyrylan uly fiziki derňewleriň geçirilmekliginiň hasabyna fizikanyň we ekologik fizikanyň baglanyşygy düýpli berkleşer. Eýýäm şuna meňzeş işler başlandy we XXI asyrdaky olaryň netijesi, gürrüňsiz, adamzadyň durmuş derejesini gowulandyrar.

Bu asyrdaky Ýeriň klimatynyň düýpli emele gelmeginiň fiziki esaslaryny we oňa tebigy we antropogen häsiýetli dürli ýagdaýlaryň täsirini öwrenmeklik fizika – ekologik fizikanyň derňewleri üçin has häsiýetli ýagdaý bolar. Geçen asyryň 80-nji ýyllarynda başlanan şuna meňzeş geofiziki derňewler, häzirkiki ýüzýyllykda hem, gürrüňsiz, dowam etdiriler. Çözüň meseleleri, usullary we nusgalary boýunça ol gönüden-göni fizika bilen baglanyşyklydyr. Munuň özi derňewleriň üstünlikli boljakdygyna ynam döredýär.

XXI asyrdaky geofizikanyň häsiýetli aýratynlygy bolup, onda çyzykly däl çemeleşmäniň ulanylmaklygydyr. Bu çemeleşmede ulanylýan fiziki modelde Ýer çyzykly däl öz-özünü guraýan ulgam görnüşinde häsiýetlendirilýär. Şunlukda, sinenergetik garaýyşlaryň we derňew etmekligiň usullarynyň ulanylmagy mümkin. Şeýle çemeleşme klimatynyň düýpli emele gelmeginde haýsy ýagdaýlaryň esasy bolýandygyny düşünmäge mümkinçilik berer. Oňa adamyň işiniň netijeleriniň hem deň derejede täsir etmek mümkinçiligini hasaba almak gerek.

Bu modelniň baş garaýyşy bolup ýokary energiýaly tebigy ýagdaýlaryň (howa massalarynyň sikloniki hereketleri, ummanlardaky akymlar, bulutlylyk, Gün energiýasynyň giňişlik boýunça paýlanylyşy we ş.m.) arasyndaky baglanyşyklary öwrenmeklik bolar. Häzirkiki zaman garaýyşlara görä diňe bu baglanyşyklara



täsir edip antropogen ýagdaýlaryň Ýeriň ekologiýasyna we global klimata täsirine düşünmek bolar. Şeýle çemeleşme diňe fiziki häsiýetde bolup, XX asyryň başynda we ortalarynda Ýer baradaky ylmlarda höküm süren, fenomenologik çemeleşmeden düýpli tapawutlanýar. Ýöne geofizikadaky bu ugruň häzirligçe nazary derejededigini bellemek gerek. Amaly netijeler we klimatyň üýtgemegini öňünden aýtmaklyk geljegiň işi, ýöne şeýle synanyşyklar (elmydama şowly bolmasa hem) häzirki wagtda hem edilýär. Eger fiziklere, Ýer baradaky beýleki ylmlaryň wekilleri bilen bilelikde, Ýeriň aýry-áýry böleklerinde bolup geçýän weýrançylykly tebigat hadysalaryny öňünden aýtmaga mümkinçilik berýän netijeleri almak başarsa, onda fiziki ylmynyň bu üstünligi, geçen asyrlarda edilen ägirt uly üstünlikler bilen deňeçerräk bolardy.

XXI asyr fizikanyň beýleki ylmlaryň çägene aralaşmagy bilen dabaralanar. Eýýäm häzirki wagtda fiziki nazaryýetleriň, usullaryň, hadysalaryň we gurluşlaryň bilimiň beýleki pudaklaryna aralaşmagynyň ajaýyp netijeleri berýändigini görýäris. Elbetde, birinji nobatda fizikanyň bütin adamzadyň we her bir şahsyýetiň durmuşynyň hilini gowulandyryan çäklerinde ulanylýandygyny bellemek gerek. Fizikanyň taryhyny öwrenmekde bu ýagdaý bilen birnäçe gezek duşuşdyk. Iň bolmanda, her haýsomyzyň durmuşmyzy düýpli üýtgeden, tranzistor effektiniň oýlanylyp tapylyşyny ýatlalyň. Şuňa meňzeş mysallar az däl. Olaryň diňe birine, fizikanyň lukmançylyga we şol sanda her bir adamyň durmuşyna girizen üýtgeşmelerine seredeliň. *Lukmançylyk fizikasynyň* taryhy özüniň derňewçisine garaşýar. Ol adamyň bedeniniň dokumalaryny zaýalamany derňew etmekligiň usulyňy ilkinji hödürlän K. Rentgeniň açyşy bilen başlandy. Lukmançylygy häzirki wagtda rentgen anyklaýyş usulsyz göz öňüne getirmek mümkin däl. XX asyryň ahyrynda millionlarça adamlar, fizikleriň derňew etmekligiň tomografiýa usulyňy oýlap tapmaklary we durmuşa ornaşdyrmaklary netijesinde halas boldular. Tomograflaryň dürli görnüşleri (rentgen, *ÝMR* we ş.m.) düwnük keselleri öňünden anyklamaklyga mümkinçilik berdi. Häzirki wagtda düwnük keseli bilen kesellän dört adamyň üçüsiniň sagalmagynda fiziki tomografiýanyň uly goşandynyň bardygyny bellemek gerek. Bu diňe lukmançylyk fizikasynyň üstünlikleriniň ýekeje mysalydyr, bu ugru XXI asyrdan işjeň ösdüriler we ol fizika ylmynyň ileri tutulýan ugurlarynyň hataryna girer.

Fizikanyň lukmançylyk barlaglarynyň hilini ýokarlandyryandygy baradaky mysallary ýene-de getirmek bolar, ýöne *ynsanperwer ylmlary* hem fiziki garaýyşlary we usullary ulanmakdan gaça durmaýarlar. Bu ýagdaý birbada adatdan daşary ýagdaý ýaly bolup görünýän hem bolsa, XXI asyrdan ol düýbünden tebigy bolar. Fizikanyň we taryhyň (arheologiýanyň) baglanyşygyna mysal hökmünde gazylyp alynýan galyndylaryň ýaşyny kesgitlemekligiň absolýut usulyna seredeliň.

1946-njy ýylda *U. Libbi* tarapyndan döredilen *radiouglerod usuly* uzak wagtyň dowamynda kabul edilmedi we arheologlar tarapyndan ulanylmady. Emma indi ol

gazylyp tapylan tapyndylary häzirki zaman derejesinde öwrenjek bolýan islendik arheolog üçin hökmany usullaryň biri hasaplanýar.

Häzirki asyrda ulanylýan geohronologiýa usullary diňe bir taryhçylaryň, antropologlaryň, paleontologlaryň we geologlaryň ylmy gaznasynda ulanylman, ol işjeň ösmekligini we kämilleşmegini dowam etdirer. Radiouglerod usullaryndan başga-da, has uzak geçmişdäki seneleri takykklamakda kaliý – argonly we uran – toriýli usullary ulanylar. Fizikanyň ynsanperwer ylmy (taryh) bilen özara baglanyşygynyň mysaly, ýeke-täk bolsa hem, XXI asyrda fizikanyň ösüşiniň kesgitli ugruny şekillendirýär.

XXI asyrda fizikanyň beýleki ylmlaryň ulgamynda nähili ösjekdigi barada gürrüň etdik. Emma şol çaklamalara fizikanyň özüniň ösüşi baradaky maglumatlary we onuň maksatlaryny hem goşmalydyrys. Bu soraglar ýeterlik derejede bu kitapda giňişleýin seredildi. Muňa garamazdan seredilen maglumatlar fizikanyň bütewi ösüşiniň soraglary bolman, hususy derejedäki soragladyr. Fizikanyň ösüşiniň maksatlarynyň derňewinden şeýle netije çykarmak bolýar: XXI asyr ilkinji nobatda *çyzykly däl hadysalaryň fizikasy* bolar. Çyzykly fizikadan çyzykly däl fizika geçiş XX asyryň ortalarynda başlandy. Wagtly-wagtynda şuna meňzeş hadysalar açylýardy, emma fizika bütinleý çyzykly bolup galýardy. Şeýle bolsa-da, onuň käbir çäginde (meselem, radiofizikada) çyzykly däl proseslere we hadysalara nazary we şeýle hem tejribe görnüşinde giňden seredilýärdi. Geçen asyryň ortasynda P.W. Hohlowyň we S.A. Ahmanowyň ýolbaşçylygynda fizikada täze ugruň – çyzykly däl optikanyň döredilmegi bilen ýagdaý üýtgedi. Çyzykly däl hadysalaryň – fizikada tötänleýin hadysalar däl-de, onuň düýpli esaslarynyň ýüze çykarmasydygy düşnükli boldy. XX asyryň ahyry I. Prigožiniň çyzykly däl dinamika boýunça eden işleri bilen dabaralandy. Bu işler fizikanyň çyzykly däl ylmydygyny ýalana çykaryp bolmajak esada, uzak wagtyň dowamynda alymlar tarapyndan öwrenilen çyzykly hadysalaryň bolsa diňe hususy ýagdaýlarydygyny tassyklady. Häzirki wagtda şuna meňzeş garaýyş alymlar toparynyň jemgyýetçilik pikirinde agdyklyk edýär. Täze asyrda bu garaýyşyň diňe berkejekdigine şübhe bolup bilmez.

XXI asyryň fizikasynyň ýene-de bir häsiýetli ugry onuň *senagatlaşmak häsiýetidir*. Geçen asyryň 20-nji ýyllarynda P.L. Kapisa bu prosesiniň esasynda durdy. Şondan bäri ylmyň senagatlaşmasy ägirt uly ýoly geçdi. Aslyýetine seredeninde, bu gün haýsy hem bolsa düýpli ylmy netijeleri diňe örän çylşyrymly we gymmat bahaly häzirki zaman tehnikasynyň kömegi bilen alyp bolýar. Romantiki döwürler, ýagny alym – fizigiň abzal ýasamagy, onda özi işläp we alnan netijeleri taýýarlamagy, uzak geçmişde galdy. Häzirki wagtda her bir ylmy-derňew işi zähmet bölünişigi bolan uly toparlar tarapyndan ýerine ýetirilýär we işgärleriň uly bölegi diňe bir ylmy işleri ýerine ýetirmän, olar şonça-da inženerlik funksiýalaryny hem ýerine ýetirýärler. Şuna meňzeş ýagdaý hakykatda ussat däl hünärmenler tarapyndan açylan «*tötänleýin*» açyşlaryň bolmaklygyna ýol bermeýär.

Fiziki derňewleri senagatlaşdyrmak häziki wagtda uly tizlik bilen amala aşyrylýar. Hakykatda mikro-, makro-, we megafizikada barlaglaryň has wajyp netijelerini diňe çylşyrymly senagat desgalarynda (tizlendirijilerde, radioteleskoplarda, pes temperaturalaryň desgalarynda, kosmos stansiýalarynda we ş.m.) almak başardýar. Mysal hökmünde, ajaýyp senagat desgalaryndan «*COBE*» hemrasy, Aresibodaky radioteleskop, *VLA* aperturaly sintez ulgamy, *EPR* – we *ÝMR* – spektrometrleri we beýlekileri görkezmek bolar.

XXI asyrdaky ylmyň ählumumy senagatlaşmak meýliniň haýallamagy mümkin. Ol örän gymmat durýan zat boldy, aýratyn ýurtlar däl-de, hat-da, halkara guramalary hem fizika ylmynyň amala aşyryjak bolýan ägirt uly taslamalaryny maliýeleşdirmäge ukypsyz boldular. Şeýle-de bolsa asyryň başynda iri taslamalar amala aşyrylar: üznüksiz şöhlelenmeli rentgen lazeri; täze ägirt uly optika we radioteleskoplary; XXI asyryň birinji ýarymynda adamyň Mars planetasyna uçuşy amala aşyrylmagy mümkin we başgalar.

Häzirki ýüzýyllykda fizikanyň möhüm aýratynlygy onuň *halkara häsiýete eýe*digidir. Ylmyň taryhynyň şaýatlyk etmegine görä, onuň ösüşiniň dürli döwürlerinde, ylma mahsus bolan internasionalizm, dürliçe ýüze çykdy. XX asyrdaky fizikanyň ösüş asyrynda ol onçakly amala aşmady. Iki äpet döwletleriň – Sowet Soýuzynyň we Amerikanyň Birleşen Ştatlarynyň ideologiýa we harby gapma-garşylygy ylmy barlaglarda hem, ylmy abzallaryň we desgalaryň gurluşygynda hem, kosmosy öwrenmekde hem we ş.m. güýçli ýiti bäsdeşlige getirdi. Bu bäsdeşlik, umuman, fizikanyň we beýleki ylmlaryň üstünlikli ösmekligine ýardam etdi. XX asyry fizikanyň «*altyn asyry*» diýip atlandyrmak bolar. Şunlukda, bu pajarlap ösmegiň ahlak, ekologiýa, harby we syýasy jähtleri elmydama oňyn bolmady. Emma bäsdeşlik ylma açyk peýda berdi.

Häzirki wagtda ýagdaý düýbünden üýtgedi. Indi hünärmen däl işgäriň nukdaý-nazary boýunça esasy meselesi daşary ýurtly bäsdeşlerden öňe geçmeklik bolan pikiri üçin, ylmy abzaly ýasamaklyga hiç kim maliýe kömegini bermez. Ýeke-täk çykalga halkara hyzmatdaşlygydyr. Halkara ylmy kooperasiýasynyň ýüze çykmaklygynyň sebäbi, häzirki wagtda ähli uly ylmy taslamalar birnäçe döwletleriň maýa şerişdeleriniň hasabyna gurulýar. *ITER* reaktory (Fransiýa), *Uly Adron kollaýderi* (Şweýsariýa), birnäçe kosmos taslamalar, şol sanda *Halkara kosmos stansiýasy*, «*Plank*» arş hemrasy, dünýäde iň uly «*Radioastron*» kosmos radioteleskopy we ş.m. oňa mysal bolup biler. Onuň ilkinji netijelerini häzirki wagtda görýäris. Halkara kosmos stansiýasynyň uçuşy, Uly Adron kollaýderindäki açyşlar muňa mysal bolup biler. Ähtimal, XXI asyrdaky halkara ylmy kooperasiýa işjeň ösەر. Emma durmuş elmydama öňünden düzülen shemalar boýunça bolup geçmän, elmydama çylşyrymlydyr, şunlukda, alternatiw (*alternatiwa* – mümkin bolan iki ýa-da birnäçe biri-birinden aýrybaşga mümkinçilikleriň birini saýlap almak zerurlygy) çözülişleriň bolmagy hem mümkindir.

Ýokarda agzalan taslamalaryň hemmesi XX asyrdan XXI asyra geçdi. Olaryň kömegi bilen alynjak netijeler fizikanyň ýakyn geljekdäki 40-50 ýylynda boljak üstünliklerini kesgitläär.

XXI asyrd a fizikanyň ösüşi baradaky soraglaryň içinde has gyzyklysy, onuň aýratyn ugurlarynyň *ösüş depgini* baradaky sorag bolmagy mümkin. Taryhyň görkezişine görä, dürli döwürlerde ähmiýetli ugurlar bolup, fizikanyň dürli ugurlary boldular. Fiziki ugurlaryň haýsysynyň ol ýa-da beýleki döwürde esasy ugur boljakdygyny elmydama önünden aýtmak mümkin bolmady. Onda-da, XXI ýüz ýylykda bolmaly zatlary çaklamak has-da çylşyrymlydyr. Şeýle bolsa-da, has takyk bolmasa-da, geljegi önünden aýtmaga synanyşalyň.

*Nazary fizikadan* başlalyň. Ähtimal, ol özüniň ajaýyp üstünlikli ösüşini fizikanyň ähli üç bölümleri boýunça dowam etdirer. Fizikanyň bu bölümüniň iş meýdany örän giň, ýöne bu bölümde mikrofizika, grawitasiýa nazaryýeti, täze gurluş derejelerinde materiýanyň gurluşyny öwrenmek we beýlekiler esasy ugurlar hasaplanýar. Şunlukda, eýýäm ön bolmadyk kesgitli derňew usullary, meselem *string – nazaryýeti* meýilleşdirilýär. Onuň ösüşinde düýpli itergi bolup ajaýyp täze ylmy abzallaryň kömegi bilen alnan tejribe maglumatlary bolmalydyr.

Nazary fizikanyň üstünlikleri elmydama onuň taryhynyň döwürlere bölünmekligini kesgitledi. XXI asyryň başy bu ylmyň taryhynda *kwant – relýaktiwistik eýýamy* çalyşjak täze eýýamyň başlangyjy bolar. Häzirlikçe bu täze eýýamyň ady ýok, emma häzirki asyryň başynda ýerine ýetirilen tejribeleriň netijeleriniň nazary derňewleri, şeýle geçişe esas berer.

Ähtimal, fizikanyň has depginli ösýän ugurlarynyň biri *megafizika* bolar. Gür-rüňsiz ol täze duýdansyz açyşlary bilen begendirer. Megafizikada täze hadysalaryň ýüze çykmak depgini indi elli ýyldan gowrak bäri örän uly bolmaklygynda galýar. Bu XXI asyrd a hem dowam etjek, ölçegleriň ýygylak diapazonynyň giňelmegi bilen baglanyşyklydyr. Has möhüm ugurlar bolup Älemde has «täsin» («*ekzotik*») jisimler hasaplanýan *Gara girdaplary* öwrenmek we *Gara materiýanyň* meselelerini derňemek bolar. Olarsyz kosmologik meseleleri çözmeklik mümkin däl. Häzirki wagta çenli, megafizika barada gürrüň edenimizde, *planetologik meseleleri* ara alyp maslahatlaşmadyk. XXI asyrd a bu meseleleriň ähmiýeti artar, sebäbi 2020-2030-njy ýyllarda adamyň beýleki planetalara, ilkinji nobatda *Mars planetasy*na uçmaklygy, hakykata öwürler. Şeýle hem golaýdaky ýyldyzlaryň planeta ulgamlaryny öwrenmeklik, ähtimal, esasy meselesi planeta ulgamlaryny ýüze çykarmaklyk bolan ýagdaýdan, baş meselesi ony içgin öwrenmek ýagdaýyna geçer. Häzirki zaman astrofizikasy muňa ideýa hem-de tehniki taýdan taýýardyr.

Dünýäni öwrenmek boýunça fizikanyň ösüşiniň nusgawy däl döwründäki dörän ýagdaý tamamlanmady.

*Fizikanyň taryhy we ylmy usulyýeti* – tebigy-ylmy, şeýle hem, ynsanperwer çemeleşmä esaslanýan, kesgitli içki we daşky, ilkinji nobatda durmuş - ykdysady

ýagdaýlaryň täsiri netijesinde fizika ylmynyň düýpli meseleleriniň, nazaryýetleriniň we usullarynyň döremek proseslerini we ösüşini öwrenýän özbaşdak ylymdyr. Ol ylmy garaýyşlaryň we düşüňjeleriň ewolýusiýasyny derňemeklige, görnükli alymlaryň terjimehallary we ylmy döredijilikleri bilen tanyşmaga, ylmyň we jemgyýetiň köpugurly baglanyşyklaryny öwrenmäge mümkinçilik berýär. Fizikanyň taryhynyň aýratynlyklary bu okuw kitabynda beýan edildi. Şunlukda, onuň ylmy usulyýet esaslaryna degişli soraglara hem ep-esli üns berildi: Aristoteliň, F. Bekonyň, R. Dekartyň, G. Galileýiň. I. Nýutonyň, A. Eýnşteýniň konsepsiýalary, mikro-, makro- we magafizikanyň meseleleri beýan edildi.

«*Fizikanyň taryhy we ylmy usulyýeti*» dersiniň hem nazaryýet (ilkinji nobatda alym -fizikler we ylmyň taryhçylary üçin), hem amaly (geljekki mugallymlar üçin) ähmiýeti bardyr. Pedagogik jähtden fizikanyň taryhynyň ähmiýeti örän uludyr. Ol barada bir wagtlar de Broýl şeýle ýazypdy: «*Ylmyň taryhy ýaşlara ylmyň ösen şertleri, onuň geçmişi we geljegi barada garaýyşlary berip biler. Ol ylym, bilim almaklyga peýdaly goşant bolup hyzmat ederd...*»

Ösýän häzirki zaman ylmyny ýaýradyjylar (öwredijiler) bolan geljekki mugallymlar, fizika sapaklarynda okuwçylaryň ylmy dünýägaraýyşlaryny kemala getirmekde diňe bir düýpli fiziki garaýyşlaryň we düşüňjeleriň özleşdirilmegine daýanmaly däl-de, eýsem olarda ylmy akyl ýetiriş prosesi baradaky garaýyşlary döretmekligi hem göz önünde tutmalydyrlar. Bilime diňe ylmy usulyýet (metodologik) çemeleşme okuwçylaryň öwrenilýän dersi ählitaraplaýyn özleşdirmegine mümkinçilik berýändir.



## 1-nji GOŞMAÇA

### Fizikanyň taryhynda möhüm ylmy wakalaryň SENENAMASY

Wakalaryň bolan ýyllary (asyrlary)	Işlerini çap eden, açyş eden, oýlap tapyşlary eden alymlar	Fizikanyň taryhynda möhüm wakalar (ylmy işler, açyşlar, oýlap tapyşlar, tehnikanyň üstünlikleri)
1	2	3
b.e.ö. 624-548 ý.	Fales Miletskiý	Hemme zadyň esasy – suw diýlen garaýyş döredi
b.e.ö. 610-546 ý.	Anaksimandr	Apeýron baradaky taglymat döredi
b.e.ö. 585-525 ý.	Anaksimen	Hemme zadyň esasy – howa diýlen garaýyş döredi
b.e.ö. VI asyr	Gündogar alymlary	Hindistanda « <i>Wayşeşik</i> » taglymatynyň döremegi
b.e.ö. 580-480 ý.	Geraklit	Hemme zadyň esasy – ot, şeýle hem bu ruh we aň (logos) diýlen garaýyş döredi; dialektikanyň başlangyjy goýuldy
b.e.ö. 500-428 ý.	Anaksagor	Ähli zatlar owunjak bölejiklerden – gomeomeriýalardan (« <i>tohumlardan</i> ») ybaratdyr diýlen garaýyş döredi
b.e.ö. 490-430 ý.	Empedokl	Hemme zadyň esasy dört elementdir – ot, howa, suw we toprak diýlen garaýyş döredi
b.e.ö. 480-nji ýyllar	Lewkip	Maddanyň atom gurluşy barada ilkinji ideýa aýdyl-dy
b.e.ö. 460-370 ý.	Demokrit	« <i>Atom</i> » düşüňjesi döredi
b.e.ö. V – II asyrlary	Lao-szy	« <i>Dao de szin</i> » traktatynda <i>si</i> material bölejikler barada taglymat beýan edildi (Hytaý)
b.e.ö. 384-322 ý.	Aristotel	Ýüzleý logikany we metafizikany öz içine alýan filosofik garaýyşlaryň ählitaraplaýyn ulgamy döredildi; mehanikanyň esaslary goýuldy
b.e.ö. 341-270 ý.	Epikur	Atom garaýşynyň ösdürilmegi. Atomyň agrama eýedigi baradaky garaýşyň döremegi
b.e.ö. III asyr	Ýewklid	Geometrik optikanyň kanunlary döredildi
b.e.ö. III asyr	Aristarh, Samosskiý	Dünýäniň geliosentrik ulgamy baradaky garaýyş döredi
b.e.ö. III asyr	Eratosfen Kirenskiý	Ýeriň radiusynyň hasaplamalary geçirildi
b.e.ö. 286-212 ý.	Arhimed	Statikanyň ylmy esaslary goýuldy; gidrostatikanyň esasy kanuny (Arhimediň kanuny) we jisimleriň ýüzme şertleri döredildi

1	2	3
b.e.ö. 94-51 ý.	Lukresiý Kar	«Zatlaryň tebigaty barada» poema ýazyldy
takmynan b.e.150-250 ý.	Geron Aleksan- driýskiý	Tehniki gurluşlaryň (ryçagyň, derwezäniň, pahnanyň, hyryň, bloguň, eolipiliň) ýazgylary ýerine ýetirildi
b.e. II asyr	K. Ptolemeý	Dünýäniň geosentrik ulgamynyň gutarnykly görnüşi hödürlendi
XI asyr	Alhazen	Fiziologik optika boýunça derňewleri geçirdi; Ýagtylygyň serpişme we döwürleme hadysalaryny öwrendi; Ilkinji gezek aýnanyň üstüne ugrukdyrylan normal, düşýän we serpigýän şöhle bir tekizlikde ýatýarlar diýlen garaýşy aýtdy
XI asyr	Al-Biruni	Koniki gabyň kömegi bilen adaty däl formaly jisimleriň göwrümlerini kesgitlemek usulyny tekliptdi
1124 ý.	Al-Hazini	Orta asyr fizikasynyň «kursy» diýlen at bilen belli «Akyl terezileri» atly traktaty ýazdy
1269 ý.	P. Peregrino	Magnit hadysalaryny beýan edýän, magnit boýunça «Magnit barada çakylyk» atly traktatyň ilkinji golýazmasy çap edildi
XIII asyr	R. Bekon	Sferik aýnanyň fokus aralygy kesgitlendi; sferik aberrasiýa hadysasy açyldy; görüş turbasy barada garaýyş döredi we onuň beýany ýazyldy
XIV asyr	Ž. Buridan, N. Orem, A. Saksonskiý	Impetusyň – «hereketlendiriji güýjüň» nazaryýeti hödürlendi
XV asyr	Leonardo da Winçi	Birnäçe tehniki oýlap tapyşlar we açyşlar edildi; jisimleriň erkin hereketi, gorizonta burç bilen zyňlan jisimiň hereketi, jisimleriň çaknyşmasy öwrenildi; sürtülme koeffisiýenti kesgitlendi; kamera-obskuryň ýazgysy edildi we başgalar
XVI asyr	N. Tartalýa	Ballistikanyň ylmy esaslary goýuldy
1543 ý.	N. Kopernik	Dünýäniň geliosentrik ulgamynyň ylmy esaslaryny beýan edýän «Asman gümmezleriniň aýlanyşy barada» kitap çap edildi
1558 ý.	J. Porta	Görejiň nazaryýetini, proyeksiýa çyrasynyň garaýşy we başgalary beýan edýän «Tebigy jady» atly traktata ýazyldy
1584 ý.	J. Bruno	Älemde beýleki planetalar ulgamlarynyň barlygy baradaky garaýşy beýan edýän «Tükeniksizlik, Älem we dünýäler barada» atly dialog çap edildi
1586 ý.	S. Stewin	Ýapgyt tekizlikde jisimiň deňagramlylyk şertini we güýçleriň goşulýş kanunyny beýan edýän «Statikanyň başlangyjy» atly traktata ýazyldy

1	2	3
1600 ý.	U. Gilbert	Elektro- we magnitostatikanyň esaslary beýan edilen « <i>Magnit, magnit jisimleri we uly magnit – Ýer barada</i> » atly traktata ýazyldy
1604-1609 ý.	G. Galileý	Mehanika boýunça derňewler geçirildi; görüş turbasy döredildi we onuň kömegi bilen astronomik derňewler geçirildi
1609-1619 ý.	I. Kepler	Planetalaryň hereket kanunlary ( <i>Kepleriň kanunlary</i> ) döredildi; görüş turbasyny döretmegiň nazaryýeti işlenip düzüldi; ýagtylygyň basyşy baradaky garaýyş hödürlendi
1621-nji ýylyň töwereginde	W. Snellius	Ýagtylygyň döwürleme kanuny kesgitlendi
1632 ý.	G. Galileý	Inersiýa we otrositellik ýörelgesi beýan edilen « <i>Düniäniň Ptolemey we Kopernik iki ulgamynyň dialogy</i> » atly kitap ýazyldy
1636 ý.	M. Mersenn	Akustika boýunça barlaglar beýan edilen « <i>Uniwersal sazlaşyk</i> » atly traktata ýazyldy
1637 ý.	R. Dekart	Efiriň bardygy baradaky garaýyş beýan edildi, döwürleme kanunynyň nazary esaslandyrmasy we älemgoşaryň döreýşi düşündirildi, « <i>Dioptrika</i> » bölümi goşmaçalar görnüşde goşulan « <i>Aňyň dogry ugrukdyrmak we ylymda hakykaty kesgitlemegiň usullary barada pikir ýöretmeler</i> » atly filosofik traktata çap edildi
1638 ý.	G. Galileý	Ýagtylygyň tizliginiň gutarnyklylygy baradaky garaýyş, erkin gaçmanyň we orun üýtgetmäniň kanunlaryny beýan etmek bilen « <i>Ylmyň iki täze pudagyna degişli gürrüňler we matematiki subutnamalar</i> » atly iş çap edildi
1643 ý.	E. Torriçelli	Atmosfera basyşy ölçenildi
1644 ý.	R. Dekart	Hereket mukdarynyň saklanma kanunyny beýan etmek bilen « <i>Filosofiýanyň başlangyçlary</i> » atly iş ýazyldy; ilkinji kosmogonik çaklama teklip edildi
1653 ý.	B. Paskal	Suwuklykda basyşyň deňölçegli paýlanyş kanuny ( <i>Paskalyň kanuny</i> ) döredildi
1654 ý.	Otto fon Gerike	Atmosferada howanyň basyşynyň bardygyny subut edýän « <i>Magdeburg ýarymşarlary</i> » bilen tejribe geçirildi
1657 ý.	H. Gýuýgens	Maýatnikli sagatlar oýlanyp tapyldy we ýasaldy
1660 ý.	R. Guk	Gaty jisimleriň maýýşgaklyk kanuny ( <i>Gukun kanuny</i> ) döredildi

1	2	3
1662 ý.	R. Boýl, R. Taunli	Esasy gaz kanunlarynyň biri ( <i>Boýl-Mariottyň kanuny</i> , <i>E. Mariott bu kanuny 1676-njy ýylda açdy</i> ) - hemişelik temperaturada ideal gazyň göwrüminiň basyşa baglylygy açyldy
1662 ý.	P. Ferma	Geometrik optikanyň esasy prinsipi ( <i>Ferma prinsipi</i> ) döredildi
1665 ý.	F. Grimaldi	Ýagtylygyň difraksiýa hadysasy açyldy
1665 ý.	R. Guk	Mikroskopyň kömegi bilen janly we jansyz zatlara gözegçilikleri beýan etmek bilen « <i>Mikrografiýa</i> » atly kitap – traktata çap edildi
1666 ý.	I. Nýuton	Ýagtylygyň dispersiýasy tejribede derňeldi; optiki ulgamlaryň hromatik aberrasiýasy açyldy; ýagtylygyň korpuskulýar nazaryýeti ykrar edildi
1668 ý.	I. Nýuton	Teleskop-reflektor döredildi
1669 ý.	E. Bartolin	Island şpatynda şöhläniň ikileýin döwürleme hadysasy açyldy
1670-1671 ý.	I. Nýuton	Differensial we integral hasaplamalaryň esaslary beýan edilen « <i>Flyukslar we tükeniksiz hatarlar usuly</i> » atly iş ýazyldy (iş 1736-njy ýylda, awtor aradan çykandan soň çap edildi)
1676 ý.	O. Remer	Ýupiteriň hemralaryna gözegçilik etmegiň netijeleri boýunça ýagtylygyň tizligi ölçenildi
1676 ý.	E. Mariott	Boýla bagly bolmazdan gaz kanunlarynyň biri – <i>Boýl-Mariottyň kanuny</i> açyldy
1678 ý.	H. Gýuýgens	Ýagtylygyň polýarizasiýa hadysasy açyldy
1684-1686 ý.	G. Leýbnis	Differensial we integral hasaplamalaryň esaslary umumylaşdyryldy
1686 ý.	G. Leýbnis	« <i>Janly güýç</i> » ( <i>kinetik energiýa</i> ) düşünjesi girizildi, « <i>janly güýjüň</i> » saklanma kanuny döredildi
1687 ý.	I. Nýuton	Mehanikanyň esasy düşüňjelerini we aksiomalaryny beýan edýän « <i>Natural filosofiýanyň matematiki başlangyçlary</i> » kitabynyň üç jilti çap edildi
1690 ý.	H. Gýuýgens	Ýagtylygyň tolkun nazaryýeti beýan edilen « <i>Ýagtylyk barada traktata</i> » atly iş çap edildi
1703 ý.	H. Gýuýgens	Merkezi urgy nazaryýeti we hereket mukdarynyň saklanma kanuny beýan edilen « <i>Urgy täsirindäki jisimleriniň hereketi barada</i> » iş çap edildi
1704 ý.	I. Nýuton	« <i>Optika</i> » atly monografiýa çap edildi

1	2	3
1706 ý.	F. Gauksbi	Ilkinji aýna elektrik maşyny ýasaldy
1717 ý.	I. Bernulli	Mümkin bolan orun üýtgemeler prinsipi (umumy görnüşde) döredildi
1725 ý.	J. Bradleý	Ýagtylygyň aberrasiýa hadysasy açyldy
1729 ý.	S. Greý	Elektrik geçirijilik hadysasy açyldy
1729 ý.	P. Buger	Fotometriýanyň ylmy esaslary döredildi
1733 ý.	Ş. Dýufe	Elektrik zarýadlarynyň iki görnüşi açyldy
1736 ý.	L. Eýler	« <i>Mehanika</i> » atly iş çap edildi (mehanikanyň geometrik görnüşden analitik görnüşe öwürülmesiniň başlangyjy)
1738 ý.	D. Bernulli	Ideal gysylmaýan suwuklygyň stasionar hereketiniň deňlemesi (kanuny) getirilip çykarylady ( <i>Bernulliniň deňlemesi</i> )
1740 ý.	P. Mopertýui	Mehanikada iň gysga täsir prinsip ( <i>Mopertýuiniň prinsipi</i> ) döredildi
1742 ý.	A. Selsiý	Temperaturanyň ýüz graduslyk şkalasy ( <i>Selsiý şkalasy</i> ) oýlanyp tapyldy
1743 ý.	Ž. Dalamber	Material ulgamlaryň hereketiniň differensial deňlemelerini düzmeklik düzgüni we dinamikanyň esasy prinsipleriniň birini ( <i>Dalamberiň prinsipini</i> ) beýan edýän « <i>Dinamika barada traktata</i> » atly iş çap edildi
1744 ý.	M.W. Lomonosow	Ýylylygyň molekulýar-kinetik nazaryýeti döredildi
1745 ý.	E. Kleýst, P. Muşenbruk	Ilkinji kondensator ( <i>leýden bankasy</i> ) oýlanyp tapyldy
1745 ý.	G.W. Rihman	Ilkinji elektrik ölçeýji (« <i>elektrik güýjüni görkeziji</i> ») abzal oýlanyp tapyldy
1746 ý.	L. Eýler, D. Bernulli	Hereket mukdarynyň momentiniň saklanma kanuny açyldy
1750 ý.	M.W. Lomonosow	« <i>Teplorod</i> » nazaryýetini tankyt edýän « <i>Ýylylygyň we sowugyň sebäpleri barada pikir ýöretmeler</i> » atly iş çap edildi
1750 ý.	B. Franklin	« <i>Elektrigiň unitar nazaryýetiniň</i> » esasy düzgünleri döredildi; elektrik zarýady düşünjesi we elektrik zarýadynyň saklanma kanuny döredildi
1755 ý.	L. Eýler	Ideal suwuklygyň gidrodinamiki deňlemesi ( <i>Eýleriň deňlemesi</i> ) alyndy
1756 ý.	M.W. Lomonosow	Himiki reaksiýalarda maddanyň massasynyň saklanma kanuny açyldy
1759 ý.	F. Epinus	Elektrik we magnit hadysalaryny hasaplamaklygyň matematiki usullary işlenip düzüldi



1	2	3
1760 ý.	I. Lambert	Fotometrik düşüňjeler we kanunalaýyklyklar kesgitlendi
1762 ý.	J. Blek	Gizlin ýylylyk düşüňjesi girizildi; buzuň ereme temperaturasy ölçenildi
1772–1777 ý.	A. Lawuazýe	Ýanmak, okislenmek we dem almak prosesinde kislorodyň ähmiýetiniň kesgitlenmegi we flogiston nazaryýetiniň inkär edilmegi
1785 ý.	Ş. Kulon	Elektrostatikanyň esasy kanuny ( <i>Kulonyň kanuny</i> ) açyldy
1786–1791 ý.	L. Galwani	«Janly elektrik» bilen tejribeler geçirildi (tejribeleriň netijeleri 1791-nji ýylda « <i>Myşsa hereketlerinde döreýän elektrik güýji barada traktata</i> » çap edildi)
1787 ý.	Ž. Şarl	Esasy gaz kanunlarynyň biri ( <i>Şarlyň kanuny</i> ) açyldy
1788 ý.	Ž.L. Lagranž	Mehanikanyň ösüşinde möhüm işleriň biri bolan « <i>Analitik mehanika</i> » traktaty çap edildi
1789 ý.	Klaprot	Uran elementi açyldy
1796 ý.	P.S. Laplas	Gün ulgamynyň emele gelşi barada çaklama hödürlendi
1798 ý.	G. Kawendiş	Bütindünýä dartyлма kanuny tejribede tassyklanyldy; Ýeriň orta dykzlygynyň bahasy kesgitlenildi
1798 ý.	B. Rumford	Ýylylygyň atomistik nazaryýetini tassyklaýan tejribeler geçirildi
1799 ý.	A. Wolta	Hemişelik toguň ilkinji çeşmesi (« <i>woltow sütüni</i> ») oýlanyp tapyldy
1800-1801 ý.	T. Ýung	Sesiň interferensiýa hadysasy açyldy; tolkunlaryň superpozisiýa we ýagtylygyň interferensiýa prinsipleri döredildi
1802 ý.	Ž. Geý-Lýussak	Esasy gaz kanunlarynyň ikinjisi ( <i>Geý-Lýussagyň kanuny</i> ) açyldy
1802 ý.	W.W. Petrow	Elektrik dugasy hadysasy açyldy
1803 ý.	D. Dalton	« <i>Atom agyrlýgy</i> » düşüňjesi girizildi
1806 ý.	P.S. Laplas	Suwuklygyň kapillýar basyşyny kesgitlemek üçin formula ( <i>Laplastyň formulasy</i> ) getirilip çykaryldy
1808 ý.	E. Malýus	Üst serpikmesinde ýagtylygyň polýarizasiýa hadysasy açyldy
1810 ý.	E. Malýus	Analizatoran geçen ýagtylyk şöhlesiniň intensiwliginiň polýarizatoran geçen ýagtylygyň intensiwligine baglylygy ( <i>Malýusyň kanuny</i> ) açyldy

1	2	3
1811 ý.	A. Awagadro	Maddanyň molekulýar gurluşy barada çaklama hödürlendi. Birmeňzeş temperaturada we basyşda gazlaryň mukdar düzümi (molekulalaryň mukdarynyň deňligi) kanuny ( <i>Awagadro kanuny</i> ) kesgitlenildi
1811 ý.	S.D. Puasson	Potensial nazaryýetiniň elektrostatikanyň hadysalarynda ( <i>Puassonyň teoremasy</i> ) ulanylmagy
1813 ý.	K.F. Gauss, M.W. Ostrogradskiý	Potensial nazaryýetiniň esaslary döredildi; wektor derňewiniň esasy integral teoremlarynyň biri ( <i>Ostrogradskiý-Gaussyň teoremasy</i> ; teoremanyň umumy formulasy 1828-nji ýylda M.W. Ostrogradskiý tarapyndan alyndy) işlenip düzüldi
1814 ý.	Berselius	Himiki elementleriň häzirki zaman belgileri hödürlendi
1814–1815 ý.	Ý. Fraungofer	Gün spektrinde siňdirme çyzyklary ( <i>Fraungofer çyzyklary</i> ) ýüze çykaryldy
1815 ý.	Ž.B. Bio	Çyzykly polýarlanan ýagtylygyň polýarlanma tekizliginiň aýlanma kanuny ( <i>Bionyň kanuny</i> ) açyldy
1815 ý.	D. Brýuster	Dielektrigiň üstünden serpigen ýagtylygyň polýarlanma şerti ( <i>Brýusteriň kanuny</i> ) kesgitlenildi
1815–1816 ý.	W. Praut	Ähli himiki elementleriň atomlary «başlangyç materiýa» bolan wodorod atomlaryndan ybaratdyr diýilýän, atomlaryň çylşyrymly gurluşynyň bardygy güman edilýän ilkinji çaklama hödürlenildi
1816 ý.	O. Frenel	Tolkun nazaryýetiniň esasy postulaty hökmünde <i>Gýugensiň-Freneliň prinsipi</i> işlenip düzüldi
1818 ý.	O. Frenel	Zonalary gurmak bilen ýagtylygyň difraksiýa nazaryýeti ( <i>Freneliň zonalary</i> ), şeýle hem « <i>efir şemalyň</i> » nazaryýeti hödürlendi
1819 ý.	P. Dýulong, A. Pti	Ähli ýönekeý gaty jisimler üçin hemişelik göwrümdäki molýar ýylylyk sygymynyň hemişelikdigi ( <i>Dýulongyň-Ptiniň kanuny</i> ) kesgitlenildi
1820 ý.	H. Ersted	Toguň magnit täsiri açyldy

1	2	3
1820 ý.	A. Amper	Biri-birinden kábir aralykda ýerleşen tokly geçirijileriň mehaniki özara täsir kanuny ( <i>Amperiň kanuny</i> ) açyldy; « <i>elektrik togy</i> » adalgasy girizildi; magnit peýkamyna magnit meýdanynyň täsir edýän ugruny kesgitleýän düzgün ( <i>Amperiň düzgüni</i> ) hödürlendi; <i>molekulýar toklar çaklamasyna</i> esaslanan magnitiň nazaryýeti döredildi
1820 ý.	H. Ersted	Toguň magnit täsiri açyldy
1820 ý.	Ž. Bio, F. Sawar	Tokly geçiriji tarapyndan döredilýän magnit meýdanynyň induksiýasynyň ululygyny kesgitleýän kanun ( <i>Bio-Sawaryň kanuny</i> , soňra <i>P.S. Laplas tarapyndan umumylaşdyryldy</i> ) açyldy
1821 ý.	T. Zeýebek	Termoelektrik hadysasy açyldy
1821-1822 ý.	Ý. Fraungofer	Difraksiýa gözeneginden geçen ýagtylygyň difraksiýa hadysasyny ýüze çykarýandygy açyldy
1822 ý.	Ž.B. Furýe	Trigonometrik hatarlaryň nazaryýetiniň esaslary we matematik derňewleri geçirmegiň usullary beýan edilen « <i>Ýylylygyň analitik nazaryýeti</i> » atly iş çap edildi
1823 ý.	O. Frenel	Ýagtylygyň serpikmesinde we döwürleşmesinde ýüze çykýan ýagtylygyň polýarlanmasynyň üýtgeме kanuny ( <i>Freneliň formulasy</i> ) kesgitlenildi
1823 ý.	S.D. Puasson	Ideal gaz üçin adiabatik hadysanyň beýany ( <i>Puassonyň deňlemesi</i> ) ýazyldy
1824 ý.	S. Karno	Ýylylyk hereketlendirijileriniň PTK-sy barada teorema ( <i>Karnonyň teoremasy</i> ) döredidi; ýylylygyň işe we işiň ýylylyga öwürülmesi ( <i>Karno sikli</i> ) derňeldi
1826-1827 ý.	G.Om	Geçirijide tok güýjüni kesgitleýän kanun ( <i>Omuň kanuny</i> ) döredildi
1827 ý.	R. Broun	<i>Broun hereketi</i> hadysasy açyldy
1828 ý.	J. Grin	Potensial funksiýa düşünjesi girizildi
1829 ý.	Berselius	Toriý elementi açyldy
1831 ý.	M. Faradeý	Elektromagnit induksiýa hadysasy açyldy
1832 ý.	J. Genri	Öz-özünden induksiýa hadysasy açyldy
1833 ý.	M. Faradeý	Elektroliziň kanunlary açyldy
1833 ý.	E.H. Lens	Induksion toguň ugruny kesgitleýän düzgün ( <i>Lensiň düzgüni</i> ) hödürlendi

1	2	3
1833 ý.	M. Faradeý	Para – we diamagnit düşüňjeleri girizildi
1834 ý.	M. Faradeý	Elektrik we magnit meýdany düşüňjeleri girizildi; elektromagnit tolkunlarynyň bardygy baradaky garaýyş aýdyldy
1834 ý.	B. Klapereýron	Ideal gaz halynyň deňlemesi getirilip çykaryldy (D.I. Mendeleýew tarapyndan 1874-nji ýylda umumylaşdyryldy)
1834 ý.	U. Gamilton	Mehanikanyň kanoniki deňlemeler ulgamy ( <i>Gamiltonyň deňlemeleri</i> ) işlenip düzüldi
1841 ý.	J. Joul	Elektrik togunyň ýylylyk täsiri kanuny döredildi ( <i>Joul-Lensiň kanuny</i> ; 1842-nji ýylda E.H.Lens tarapyndan döredildi)
1841 ý.	R. Maýer	Energiýanyň saklanma we öwrülme kanunlary beýan edilen « <i>Güýçleriň mukdar we hil taýdan kesgitlenilişi barada</i> » işi ýazyldy
1841 ý.	Peligor	Metal görnüşindäki uran alyndy
1842 ý.	H. Dopler	Signalnyň ýygylgynyň çesmäniň we kabul edijiniň hereket tizliklerine baglylygyna görä süýşme hadysasy ( <i>Dopleriň hadysasy</i> ) açyldy
1843 ý.	J. Joul	Energiýanyň saklanma we öwrülme kanuny açyldy
1845 ý.	M. Faradeý	Dia we paramagnit, ýagtylygyň polýarlanma tekizliginiň magnit aýlanmasy hadysalary açyldy
1846 ý.	I. Galle	U. Lewerýeniň hasaplamalarynyň esasynda Neptun planetasy açyldy (U. Lewerýeden garaşsyz bu hasaplamalary J. Adams hem geçirdi)
1847 ý.	G. Gelmgols	Energiýanyň saklanma kanuny matematiki esaslandyryldy (« <i>Güýjüň saklanmagy barada</i> » atly ylmy iş çap edildi)
1848 ý.	U. Tomson	« <i>Absolýut temperatura</i> » we « <i>absolýut temperatura şkalasy</i> » düşüňjeleri girizildi
1849 ý.	A. Fizo	Dişli tigr usulynyň kömegi bilen ýagtylygyň tizligi ölçenildi
1850 ý.	R. Klauzius	Termodinamikanyň ikinji başlangyjy ( <i>Klauziusyň postulaty</i> ) hödürlenildi
1850 ý.	B. Klapereýron, R. Klauzius	Klapereýron – Klauziusyň deňlemesi hödürlenildi
1850 ý.	L. Fuko	Aýlanýan aýnanyň kömegi bilen ýagtylygyň tizligi ölçenildi
1851 ý.	U. Tomson	Termodinamikanyň ikinji başlangyjy ( <i>Tomsonyň postulaty</i> ) döredildi
1857 ý.	R. Klauzius	Gazlaryň molekulýar-kinetik nazaryýetiniň esaslary goýuldy

1	2	3
1859 ý	J. Makswell	Gaz molekulalarynyň tizlikler boýunça paýlanyş kanuny ( <i>Makswelliň kanuny</i> ) getirilip çykaryldy
1859 ý.	G. Kirhgof	Absolýut gara jisimiň ýylylyk şöhlemenmesiniň kanunlarynyň biri ( <i>Kirhgofyň kanuny</i> ) açyldy
1859 ý.	G. Kirhgof, R. Bunzen	Spektral derňew usuly işlenip düzüldi
1860-1865 ý.	J. Makswell	Elektromagnit meýdany nazaryýeti we elektromagnit tolkunlarynyň bardygy baradaky çaklama hödürlenildi
1861 ý.	T. Endrýus	Kömürturşy gazynyň kritiki temperaturasynyň bahasy kesgitlenildi
1861 ý.	U. Kruks	Talliý elementi açyldy
1865 ý.	R. Klauzius	Entropiýa düşünjesi girizildi
1866 ý.	L. Bolsman	Gaz molekulalarynyň koordinatalar we tizlikler boýunça paýlanyşynyň ähtimallygynyň statistikasy ( <i>Makswelliň-Bolsmanyň paýlanyşy</i> ) kesgitlenildi
1869 ý.	D.I. Mendeleyew	Himiki elementleriň periodik kanuny ( <i>Mendeleyewiň periodik ulgamy</i> ) açyldy
1871 ý.	J. Releý	Ýagtylygyň pytrama kanuny ( <i>Releýiň kanuny</i> ) döredildi
1872 ý.	L. Bolsman	Ideal gazyň kinetik deňlemesi getirilip çykaryldy; Fiziki ulgamyň entropiýasy bilen onuň halynyň termodinamiki ähtimallygynyň arasyndaky baglanyşyk kesgitlenildi; Izolirlenen ulgam üçin entropiýanyň artma kanunyny aňladýan teorema hödürlenildi
1872 ý.	A.N. Lodygin	Gyzdyrylýan sapakly elektrik çyrasy oýlanyp tapyldy
1873 ý.	J.K. Makswell	Elektrik we magnit hadysalarynyň nazaryýetini beýan edýän « <i>Elektrik we magnit barada traktata</i> » atly iş çap edildi
1873 ý.	Ý. Wan-der-Waals	Real gaz halynyň deňlemesi alyndy
1873-1878 ý.	J. Gibbs	Himiki termodinamikanyň esaslary goýuldy, hususan-da termodinamiki potensiallar usuly hödürlenildi (J. Gibbsiň 1875-1878-nji ýyllarda çap edilen « <i>Geterogen maddalaryň deňagramlylygy barada</i> » işine goşuldy)
1874 ý.	N.A. Umow	Energiýanyň tizligi, energiýanyň hereketiniň we akymynyň ugurlary düşüňjeleri girizildi (1884-nji ýylda J. Poýnting bu düşüňjeleri elektromagnit energiýasy üçin ulandy)
1876 ý.	A. Bell	Telefon oýlanyp tapyldy



1	2	3
1876 ý.	P.N. Ýabloçkow	Elektrik ýagtylanyşyň çeşmesi hökmünde ilkinji gezek amalyýetde ulanylan elektrik şemi ( <i>Ýabloçkowyň şemi</i> ) we transformator oýlanyp tapyldy
1879 ý.	Ý. Stefan, L. Bolsman	Absolýut gara jisimiň ýylylyk şöhlelenmesiniň kanunlarynyň biri açyldy ( <i>Stefan-Bolsmanyň kanuny</i> ; 1884-nji ýylda bu kanun L. Bolsman tarapyndan döredildi)
1879 ý.	E. Holl	Hemişelik tokly geçiriji magnit meýdanynda ýerleşdirilende kese ugurlarda potensiallaryň tapawudynyň döremek hadysasy ( <i>Holluň hadysasy</i> ) açyldy
1879 ý.	U. Kruks	Katod şöhleleri « <i>aýratyn bölejikleriň akymydyr</i> » diýlen garaýyş aýdyldy
1880 ý.	A. Maýkelson	Interferometr oýlanyp tapyldy we guruldy
1881 ý.	A.A. Maýkelson	Ýagtylygyň tizliginiň Ýeriň hereketine bagly dälidigi tejribede subut edildi
1883 ý.	T. Edison	Termoelektron emissiýa hadysasy açyldy
1885 ý.	I. Balmer	Wodorod atomynyň spektral çyzyklarynda ( <i>Balmeriň seriýasynda</i> ) kanunalaýyklyk ýüze çykaryldy
1887 ý.	A. Maýkelson, E. Morli	« <i>Efir şemallaryny</i> » ýüze çykarmak boýunça tejribeler geçirildi (bu tejribeler netije bermedi)
1887-1888 ý.	G. Gers	Daşky fotoeffekt hadysasy beýan edildi; elektromagnit tolkunlarynyň derňewleri geçirildi
1888-1890 ý.	A.G. Stoletow	Daşky fotoeffektiň kanuny ( <i>Stoletowyň kanuny</i> ) hödürlenildi
1890 ý.	E. Branli	Kogerer (garşylygyň rezistory) oýlanyp tapyldy
1891 ý.	J. Stoney	Elektron adalgasy girizildi
1892 ý.	H. Lorens, J. Fitsjerald	Hereketiň ugruna jisimleriň ölçegleriniň gysgalmagy barada çaklama hödürlenildi ( <i>Lorens-Fitsjeraldýň gysgalmasy</i> ; H.Lorensiň « <i>Ýeriň we efiriň gözäli hereketi</i> » atly makalasynda çap edildi)
1892 ý.	J. Dýuar	Dýuaryň gaby oýlanyp tapyldy
1892-1909 ý.	H. Lorens	Nusgawy elektron nazaryýeti döredildi
1893 ý.	W. Win	Absolýut gara jisimiň ýylylyk şöhlelenmesiniň kanunlarynyň biri ( <i>Winiň süýşme kanuny</i> ) açyldy
1895 ý.	B. Rentgen	Rentgen şöhlelenmesi açyldy
1895 ý.	A.S. Popow, G. Markoni	Radio oýlanyp tapyldy

1	2	3
1895 ý.	J. Larmor	Elektronlaryň daşky magnit meýdanynda presessíýasy barada teorema ( <i>Larmoryň teoremasy</i> ) döredildi
1895 ý.	Ž. Perren	Katod şöhleleriniň otrisatel zarýadlanan bölejikleriniň akymydygy subut edildi
1896 ý.	A. Bekkerel	Uran duzlarynyň tebigy radioaktiwligi açyldy
1896 ý.	P. Zeýeman	Spektral çyzyklaryň magnit meýdanynda bölünme hadysasy ( <i>Zeýeman hadysasy</i> ) açyldy
1896 ý.	W. Win	Absolýut gara jisimiň ýylylyk şöhlenenmesiniň kanunlarynyň biri ( <i>Winiň süýşme kanuny</i> ) açyldy
1897 ý.	E. Rezerford	Radioaktiw şöhlenenmäniň ionlaşdyryjy täsiriniň bardygy ýüze çykaryldy
1897 ý.	J.J. Tomson	Elektron açyldy
1897 ý.	K. Braun	Elektron-şöhle turbasy döredildi
1898 ý.	P. Kýuri, M. Sklodowskaýa-Kýuri	Poloniý we radiý radioaktiw elementleri açyldy
1898 ý.	P. Kýuri, M. Sklodowskaýa-Kýuri	Toriniň radioaktiwligi ýüze çykaryldy
1899 ý.	P.N. Lebedew	Gaty jisimlere ýagtylygyň basyşyny tassyklaýan tejribeler geçirildi (gazlara ýagtylygyň basyşyny tassyklaýan tejribeler 1909-njy ýylda geçirildi)
1899 ý.	E. Rezerford	$\alpha$ - we $\beta$ -şöhleler açyldy we olaryň elektrik zarýadlarynyň alamatlary kesgitlenildi
1899 ý.	J. Tomson	Elektronyň udel zarýady kesgitlenildi
1899 ý.	M. Sklodowskaýa-Kýuri	Radioaktiw şöhlenenmäniň biologik täsiri barada ilkinji iş çap edildi
1900 ý.	J. Releý	Absolýut gara jisimiň ýylylyk şöhlenenmesiniň kanunlarynyň biri açyldy ( <i>Releý-Jinsiň kanuny</i> ; 1905-nji ýylda <i>Jins tarapyndan açyldy</i> )
1900 ý.	M. Plank	Energiýanyň kwanty we $h$ täsir kwanty düşüňjeleri girizildi; şöhlenenme kanuny – absolýut gara jisimiň deňagramly ýylylyk şöhlenenmesiniň formulasy ( <i>Plankyň kanuny</i> ) alyndy
1900 ý.	E. Rezerford we işgärleri	Toriniň emanasiýasy açyldy
1902-1903 ý.	E. Rezerford, F.Soddi	Radioaktiw dargamanyň nazaryýeti hödürlenildi; radioaktiw dargama kanuny açyldy
1903 ý.	J.J. Tomson	Atomyň ilkinji nusgalarynyň (modelleriniň) biri ( <i>Tomsonyň atom modeli</i> ) hödürlenildi

1	2	3
1903 ý.	P. Kýuri, A. Labord	Radioaktiw dargamada energiýanyň bölünip çykýandygy ýüze çykarylady
1904 ý.	H. Lorens	Bir inersial hasaplama ulgamyndan beýlekä geçilende giňişlik-wagt koordinatalarynyň öwürmeleri – <i>Lorensiň öwürmeleri</i> alyndy (1900-nji ýylda olary J.Larmor hödürledi)
1904 ý.	U. Kruks	Spintariskop oýlanyp tapylady
1904 ý.	N. Nagaoka	Merkezinde ýadro bolan atomyň nusgasy hödürlenildi
1905 ý.	A. Eýnşteýn	Ýörite görälik nazaryýetiniň esaslary beýan edilen « <i>Hereket edýän gurşawlaryň elektrodinamikasyna degişli</i> » atly iş çap edildi; massa we energiýanyň arasyndaky özara baglanyşyk kanuny açyldy; ýagtylygyň kwant (foton) nazaryýeti hödürlenildi; fotoeffektiň nazaryýeti işlenip düzüldi; fotoeffektiň deňlemesi ( <i>Eýnşteýniň deňlemesi</i> ) alyndy
1905-1906 ý.	A. Eýnşteýn, M. Smoluhowskiý	Broun hereketiniň nazaryýeti işlenip düzüldi
1905 ý.	J. Jins, U. Releý	J.Jins tarapyndan Releýiň kanuny (1900 ý.) tassyklanyldy ( <i>Releý-Jinsiň kanuny</i> ); « <i>ultramelewşe weýrançylyk</i> » kesgitlenildi
1905 ý.	P. Lanžewen	Dia we paramagnetikleriň statistik nazaryýeti döredildi
1906 ý.	Ç. Barkla	Häsiýetli (harakteristik) rentgen şöhlelenme açyldy
1906 ý.	M. Plank	« <i>Görälik nazaryýeti</i> » adalgasy girizildi; relýatiwistik bölejigiň dinamikasynyň deňlemeleri alyndy
1906 ý.	W. Nernst	Termodinamikanyň üçünji başlangyjy döredildi
1907 ý.	A. Eýnşteýn	Gaty jisimleriň ýylylyk sygymynyň kwant nazaryýeti hödürlenildi; ekwiwalentlik prinsipi döredildi
1907-1916 ý.	A. Eýnşteýn	Umumy görälik nazaryýeti döredildi
1908 ý.	G. Minkowskiý	Dörtölçegli giňişlik-wagt konsepsiýasy hödürlenildi ( <i>Minkowskiň giňişligi</i> )
1908 ý.	H. Kamerling-Onnes	Suwuk geliý alyndy
1908–1913 ý.	Ž. Perren	Broun hereketiniň tejribe derňewleri geçirildi
1909–1910 ý.	H. Geýger, E. Marsden	Ýuka metal plýonkalarynda $\alpha$ - bölekleriň pyramasy boýunça tejribeler geçirildi
1911 ý.	E. Rezerford	Atom ýadrosy açyldy we atomyň planetar nusgasy (modeli) hödürlenildi
1911 ý.	F. Soddi	Izotoplar açyldy
1911 ý.	J.J. Tomson	Atomlaryň massalaryny ölçemek usuly we izotoplary bölmeklik ( <i>Tomsonyň parabolalar usuly</i> ) işlenip düzüldi

1	2	3
1911 ý.	H. Kamerling-Onnes	Simabyň aşageçirijilik hadysasy açyldy
1912 ý.	H. Kamerling-Onnes	Suwuk geliniň aşakyjylyk hadysasy açyldy
1912 ý.	W. Gess	Kosmos şöhleleri açyldy
1912 ý.	M. Laue	Rentgen şöhleleriniň interferensiýa we difraksiýa hadysalary açyldy
1912 ý.	L. Bregg	Wulf – Breggiň formulasy alyndy (W. Wulf bu formulany 1913-nji ýylda hödürledi)
1912 ý.	P. Debaý	«Gaty jisimiň nusgasy» hödürlenildi; häsiýetli (harakteristik) temperatura ( <i>Debaýyň temperaturasy</i> ) düşüňjesi we gaty jisimleriniň häsiýetlerini häsiýetlendirýän hemişelikler girizildi;
1912 ý.	Ç. Wilson	Wilsonyň gutusy (kamerasy) döredildi
1912-1913 ý.	E. Rezerford	Elementar bölejik hökmünde protonyň bardygynyň öňünden aýdyldy
1913 ý.	R. Milliken	Elektronyň zaryady kesgitlenildi
1913 ý.	F. Soddi, K. Faýans	Süýşme düzgüni hödürlenildi
1913 ý.	N. Bor	Kwant postulatlary döredildi; wodorod atomynyň kwant nusgasy hödürlenildi
1913 ý.	Ý. Ştark	Spektral çyzyklaryň elektrik meýdanynda bölünmek hadysasy ( <i>Ştarkyň hadysasy</i> ) açyldy
1913 ý.	J. Frank, G. Gers	N. Boruň kwant postulatlaryny tejribede tassyklaýan we wodorod atomynyň spektriniň çyzykly kanunalaýyklyklaryny düşündirýän tejribeler geçirildi ( <i>Frank-Gersiň tejribeleri</i> )
1913 ý.	A. Wan de Bruk	Atom ýadrosynyň proton-elektron nusgasy hödürlenildi
1913 ý.	G. Mozli	Himiki elementiň atomynyň häsiýetli (harakteristik) rentgen şöhlemenmesiniň spektral çyzyklarynyň ýygylgy bilen onuň tertip belgisiniň arasyndaky baglanyşyk ( <i>Mozliniň kanuny</i> ) kegitlenildi
1914 ý.	E. Rezerford, E. Marsden	Proton açyldy
1915 ý.	A. Eýnşteýn, D. Gilbert	Umumy görälik nazaryýetiniň deňlemeleri alyndy
1915–1916 ý.	A. Zommerfeld	Atomyň gurluşynyň Bor-Zommerfeld nazaryýeti döredildi; inçe gurluşyň hemişeligiň bahasy ( <i>Zommerfeldiň hemişeligi</i> ) hasaplanyldy
1915 ý.	A. Eýnşteýn	«Umumy görälik nazaryýeti» ýazylyp gutaryldy (grawitasiýanyň relýatiwistik nazaryýeti; (1915-1916-njy ýyllarda çap edildi)
1915 ý.	F. Soddi	Urandan radiniň emele gelýändigini subut edildi

1	2	3
1917 ý.	A. Eýnşteýn	Indusirlenen (döredilen) şöhlenenmäniň bardygy aýdyldy
1918 ý.	E. Neter	Simmetriýanyň häsiýetleriniň « <i>saklanma kanunlary</i> » bilen baglanyşygy kesgitlenildi ( <i>Neteriň teoremasy</i> )
1918 ý.	Nils Bor	« <i>Laýyklyk prinsipi</i> » döredildi (onuň has doly kesgitlemesi N. Bor tarapyndan 1923-nji ýylda berildi)
1918 ý.	L. Maýtner, O. Han	Protaktiniý elementi açyldy
1919 ý.	A. Eddington	Doly tutulma pursadynda Günüň golaýyndan geçýän ýagtylyk şöhlesiniň gýşarmagy bellige alyndy (umumy görälik nazaryýetiniň hadysasynyň tejribede barlanmagy)
1919 ý.	E. Rezerford	Ilkinji emeli ýadro reaksiýasy amala aşyryldy
1919 ý.	E. Rezerford	Proton açyldy
1919 ý.	F. Aston	Mass-spektrograf döredildi
1920 ý.	O. Ştern	Molekulýar desseler usuly işlenip düzüldi; Gaz molekulalarynyň ýylylyk hereketleriniň tizligi ölçenildi
1921 ý.	L. Maýtner, O. Han	Tebigy radioaktiw elementlerde atom ýadrolarynyň izomeriýasy açyldy
1921 ý.	E. Rezerford	Neýtronyň bardygy öňünden aýdyldy
1921–1922 ý.	O. Ştern, B. Gerlah	Atomlaryň spininiň bardygyny tassyklaýan tejribe geçirildi ( <i>Ştern-Gerlahyň tejribesi</i> )
1922–1923 ý.	A. Kompton	Erkin elektronlarda fotonlaryň kogerent däl pytrama hadysasy ( <i>Kompton effekti</i> ) açyldy, onuň nazary düşündirilişi berildi
1922–1924 ý.	A.A. Fridman	Stasionar däl (giňelýän) Älemiň nazaryýeti hödürlenildi
1923–1924 ý.	L. de Broýl	Mikrobölejikleriň tolkun häsiýetleri barada çaklama aýdyldy
1924 ý.	P.L. Kapisa	Aşa güýçli magnit meýdanlaryny almaklygyň impuls usuly hödürlenildi
1924 ý.	Ş. Boze, A. Eýnşteýn	Boze-Eýnşteýniň statistikasy döredildi
1925 ý.	W. Pauli	Häzirki zaman nazary fizikasynyň möhüm prinsipi ( <i>Pauli prinsipi</i> ) hödürlenildi
1925 ý.	B. Geýzenberg, M. Born, P. Iordan	Kwant mehanikasynyň matrisaly görnüşi işlenip düzüldi
1925 ý.	S. Gaudsmit, J. Ulenbek	« <i>Elektronyň spini</i> » düşüňjesi girizildi



1	2	3
1925 ý.	E. Fermi, R. Dirak	Fermi-Diragyň statistikasy döredildi
1926 ý.	E. Şredinger	Kwant mehanikasynyň esasy (tolkun) deňlemesi alyndy ( <i>Şredingeriň deňlemesi</i> )
1926 ý.	M. Born	Mikrobölejikleriň (elektronyň) tolkun funksiýasynyň statistik düşündirilişi işlenip düzüldi
1927 ý.	B. Geýzenberg	Kesgitsizlikler baglanyşygy hödürlendi
1927 ý.	N. Bor	Goşmaçalyk prinsipi hödürlendi
1927 ý.	K. Dewisson, L. Jermer, J.J. Tomson	Elektronlaryň difraksiýa hadysasy açyldy
1928 ý.	A.A. Andronow	«Awtoýrgyldy» düşüňjesi girizildi, awtoýrgyldylaryň nazaryýetiniň esaslary goýuldy
1928 ý.	Ç. Raman, K. Krişnan, L. Mandelştam, G.S. Landsberg	Suwuklyklarda we kristallarda ýagtylygyň kombinasion pytramasy açyldy
1928 ý.	W. Pauli	Optiki spektrleriň aşa inçe gurluşy düşündirildi
1928 ý.	P. Dirak	Daşky güýç meýdanynda elektron üçin relýatiwistik deňleme alyndy ( <i>Diragyň deňlemesi</i> )
1928 ý.	L. Mandelştam, M. Leontowiç	Bölejigiň potensial päsgelçilikden geçme nazaryýeti hödürlenildi
1928 ý.	B. Keýezom, M. Wolfke	Geliýniň geliý I we geliý II diýen iki görnüşi açyldy
1928-1930 ý.	F. Bloh, L. Brillýuen	Gaty jisimleriň zolak nazaryýetiniň ylmy esaslary döredildi
1929 ý.	O. Ştern	Atomlaryň we molekulalaryň difraksiýasy açyldy
1929 ý.	E. Habbl	Galaktikalaryň ählumumy daşlaşma empirik kanuny hödürlenildi ( <i>Habblyň kanuny</i> )
1930 ý.	Ý. Frenkel, Ý. Dorfman	Ferromagnetikleriň domen gurluşynyň nazaryýeti döredildi
1930 ý.	E. Lourens, M. Liwingston	Siklotron döredildi
1930 ý.	Ç. Raman	Ýagtylygyň kombinasion pytramasy ( <i>Raman hadysasy</i> ) açyldy
1931 ý.	B. Pauli	Neýtrinonyň bardygy baradaky çaklama aýdyldy
1931 ý.	P. Dirak	Elementar magnit zaryadynyň ( <i>Diragyň monopolýasy</i> ) bardygy baradaky çaklama aýdyldy; antibölejikleriň bardygy öňünden aýdyldy
1931 ý.	A. Zommerfeld	Elektronlaryň tormozly şöhlemenmesiniň nazaryýeti döredildi

1	2	3
1931 ý.	Ý.I. Frenkel	Kristal boýunça göçüp hereket edýän elektron tolgunmasyna degişli bolan kwazibölejigiň (molekulýar eksitonyň) häsiýetleri öňünden aýdyldy
1932 ý.	E. Lourens	Siklotron garaýşy aýdyldy (1930 ý.), ilkinji siklotron guruldy we onda emeli radioizotoplar alyndy
1932 ý.	J. Çedwik	Neýtron açyldy
1932 ý.	K. Ýanskiý	Kosmos radioşöhlemenmesi açyldy
1932 ý.	J. Kokroft, E. Uolton	Protonlary emeli tizlendirmek üçin tizlendiriji oýlanyp tapyldy; litiýniň ýadrosyny transmutasiýa etmek boýunça ilkinji ýadro reaksiýasy amala aşyryldy
1932 ý.	K. Anderson	Kosmos şöhlelerinde pozitron açyldy
1932 ý.	L. Onsager	Deňagramsyz hadysalaryň fenomenologik termodinamikasynyň esaslary goýuldy
1932 ý.	G. Ýuri	Deýteriý açyldy
1932-1933 ý.	D. Iwanenko, B. Geýzenberg	Atom ýadrosynyň proton-neýtron modeli hödürlenildi
1933 ý.	O. Ştern	Protonyň magnit momenti ölçenildi
1933-1934 ý.	E. Fermi	Betta-dargamanyň nazaryýeti we elementar bölejikleriň gowşak özara täsir nazaryýeti işlenip düzüldi
1934 ý.	F. Kýuri, I. Žolio-Kýuri	Emeli radioaktiwlik hadysasy açyldy
1934 ý.	P. Çerenkow, S. Wawilow	Elektrik zaryadlanan bölejik ýagtylygyň tizliginden uly tizlik bilen gurşawda hereket edende bölejigiň ýagtylyk şöhlemenmesini goýberýändigini ( <i>Wawilow-Çerenkownyň hadysasy</i> ) açyldy
1934 ý.	P. Kapisa	Ilkinji detander görnüşli, geliýni suwuklandyryjy döredildi
1934-1935 ý.	J. Çedwik	Ýadro fotohadysasynyň açylmagy
1934-1937 ý.	L. Şubnikow	II jynsly aşageçirijiler açyldy
1935 ý.	H. Ýukawa	Mezonyň bardygy öňünden aýdyldy
1935 ý.	I. Kurçatow we işgärleri	Ýeňil ýadrolaryň ýadro izomeriýasy açyldy
1936 ý.	N. Bor, Ý. Frenkel	Atom ýadrosynyň damja modeli hödürlenildi
1936 ý.	H. Ýukawa, S. Sakata	Elektron eýelemesiniň bardygy öňünden aýdyldy
1936 ý.	K. Anderson, A. Neddermeýer	Kosmos şöhlelerinde mýuonlar açyldy
1937 ý.	I. Tamm, I. Frank	Wawilow-Çerenkow effektiniň nazary düşündirilişi berildi
1937 ý.	E. Segre	Ilkinji emeli tehnesiý himiki elementi açyldy

1	2	3
1937 ý.	L. Landau	II jynsly faza geçişleriniň nazaryýeti işlenip düzüldi
1938 ý.	P. Kapisa	Geliý II-niň aşakyjylygy açyldy
1938 ý.	O. Han, F. Ştrassman	Haýal neýtronlar bilen uranyň ýadrolarynyň bölünme hadysasy açyldy
1939	I. Kurçatow	Ilkinji sowet siklotrony guruldy
1939 ý.	Ý. Hariton, Ý. Zeldowich	Uranyň ýadrosyny bölmekligiň zynjyrlý reaksiýasy ilkinji gezek hasaplanylady
1939 ý.	E. Makmillan, E. Eýblson	Neptuniý elementi sintezirlendi
1939 ý.	I. Rabi	Atom ýadrolarynyň magnit momentlerini ölçemekligiň rezonans usuly işlenip düzüldi we protonyň we neýtronyň magnit momentleri ölçenildi
1940 ý.	W.L. Ginzburg	Wawilow-Çerenkow hadysasynyň kwant nazaryýeti işlenip düzüldi
1940–1941 ý.	L. Landau	Suwuk geliý II-niň aşakyjylyk nazaryýeti hödürlenildi
1940 ý.	G. Flýorow, K. Petržak	Uranyň ýadrolarynyň spontan bölünmesi açyldy
1941 ý.	G. Siborg, E. Segre	Plutoniý – 239 we astat elementleri açyldy
1942 ý.	E. Fermi we işgärleri	Ilkinji ýadro reaktory döredildi
1942-nji ýylyň 2-nji dekabry	E. Fermi	Ýadrolary bölmekligiň ilkinji zynjyrlý reaksiýasy amala aşyryldy
1942 ý.	I. Kurçatow we işgärleri	SSSR-de atom ýaragyny döretmek boýunça işler başlandy
1943–1945 ý.	R. Oppengeýmer	Amerikan atom bombasyny döretmek boýunça işlere ýolbaşçylyk etdi
1944 ý.	E.K. Zawoýskiý	Elektron paramagnit rezonansy hadysasy açyldy
1944 ý.	W.I. Weksler	Rezonans sikliki tizlendirijide bölejigiň durnuklylygyny üpjün edýän – «awtofazirlmek» prinsipi döredildi (E.Makmillan tarapyndan 1945-nji ýylda hödürlendi)
1945 ý.	ABŞ-nyň alym- oýlap tapyjylary we hünärmenleri	Ilkinji tejribe ýadro ýarylyşy amala aşyryldy; ABŞ-da (16-njy iýulda), Ýaponiýada (6-njy awgustda (Hirosima ş.) we 9-njy awgustda (Nagasaki ş.)) atom bombalarynyň uçardan taşlanmagy
1945 ý.	A. Migdal	Fotoýadro reaksiýasynyň nazaryýeti hödürlenildi
1946 ý.	F. Bloh, E. Persell	Ýadro magnit rezonansy hadysasy açyldy
1946-njy ýylyň 25-nji dekabry	I.W. Kurçatow we işgärleri	SSSR-de ilkinji ýadro reaktory işe girizildi we zynjyrlý reaksiýa amala aşyryldy

1	2	3
1947 ý.	U. Şokli, J. Bardin, U. Bratteýn	Bipolýar $p-n-p$ – tranzistory oýlanyp tapyldy
1947 ý.	U. Lemb	Wodorod spektriniň inçe gurluşy açyldy we derejeleriň süýşmesi kesgitlenildi
1947 ý.	W. Weksler	Ilkinji sowet sinhrotrony işe girizildi
1947 ý.	S. Pauell	Kosmos şöhlelerinde $\pi$ – mezonlar açyldy
1947 ý.	U. Libbi	Arheologiyada ýaşy kesgitlemekde radiouglerod usulyny ulanmak işlenip düzüldi
1946-1948 ý.	G. Gamow	«Gyzgyn Älem» nazaryýeti döredildi («Uly ýarylyşyň» modeli)
1948 ý.	J. Bardin, U. Bratteýn	Nokatlanç tranzistor döredildi
1948 ý.	D. Gabor	Obýektiň göwrümleýin şekilini almak usuly – golografiýa usuly oýlanyp tapyldy
1948-1950 ý.	M. Geppert-Maýer, H. Ýensen	Atom ýadrosynyň gabyklaýyn gurluşynyň nazaryýeti işlenip düzüldi
1948-1949 ý.	S. Tomonaga, R. Feýnman, Ý. Şwinger, F. Daýson	Kwant elektrodinamikasynyň esaslary döredildi
1949-njy ýylyň 29-njy awgusty	I. Kurçatow we işgärleri	Diňde oturdylan ilkinji sowet atom bombasy (« <i>PĐC-1</i> ») synag edildi
1949 ý.	G. Gamow	Ýylylyk elektromagnit şöhlenenmesiniň (relikt şöhlemenmäniň) bardygy öňünden aýdyldy
1949 ý.	U. Şokli	$p-n$ – geçişni nazaryýeti çap edildi
1949 ý.	I. Kurçatow, B. Hariton, Ý. Zeldowiç we beýlekiler	Ilkinji sowet atom bombasynyň synagy geçirildi
1949 ý.	M. Meşerýakow	Kuwwaty 680 <i>Mew</i> bolan ilkinji sowet fazotrony işe girizildi
1949 ý.	P. Kuş	Ýokary takyklyk bilen elektronynyň magnit momenti kesgitlenildi
1950 ý.	M. Geppert-Maýer, I. Ýensen	Ýadronyň gabyk modeli hödürlenildi
1950 ý.	I. Tamm, A. Saharow	<i>TOKAMAK</i> konsepsiýasy işlenip düzüldi
1950 ý.	W. Ginsburg, L. Landau	Aşageçirijiligiň fenomenologik nazaryýeti – <i>GLAG nazaryýeti</i> döredildi (1959-1960-njy ýyllarda L.P. Gorkow we A.A. Abrikosow tarapyndan ösdürildi)
1950 ý.	I. Pomerançuk	Suwuk ${}^3_2\text{He}$ geliýni basyşyň kömegi bilen kristallaşdyrmak usuly ( <i>Pomerançugyň usuly</i> ) ulanyldy

1	2	3
1951 ý.	L. Arsimowicz	SSSR-de dolandyrylýan termoyadro sintezi boýunça işler başlandy
1952-nji ýylyň 1-nji noýabry	ABŞ-nyň ylmy işgärleri	Ýerde oturdylan desgada ilkinji termoyadro ýarylyşy amala aşyryldy
1952 ý.	ABŞ-nyň ylmy işgärleri	Termoyadro ýarylyşynyň önümleri derňelende 99-njy we 100-nji elementler (degişlilikde, eýnşteýniý we fermiý elementleri) açyldy
1952 ý.	D. Glazer	Köpürjikli gutynyň (kameranyň) oýlanyp tapylmagy
1953-nji ýylyň 12-nji awgusty	A. Saharow, I. Tamm, Ý. Hariton we beýlekiler	SSSR-de ilkinji termoyadro bombasy synag edildi
1953 ý.	M. Gell-Mann	«Täsinlik» düşünjesi girizildi we onuň saklanma kanuny döredildi
1954 ý.	I. Golowin, N. Ýawlinski	Ilkinji TOKAMAK guruldy
1954 ý.	Ç. Ýang	Kalibrowka meýdanlarynyň häzirki zaman nazaryýetiniň esaslary (Ýang-Millsanyň nazaryýeti) goýuldy
1954 ý.	N. Basow, A. Prohorow, Ç. Tauns	Ilkinji kwant generatory döredildi
1954-nji ýylyň 27-nji iýuny	D. Blohinsew, I. Kurçatow	SSSR-de Obninsk säherinde kuwwaty 5000 <i>kWt</i> bolan dünýäde ilkinji Atom elektrik stansiýasy işe girizildi
1954 ý.	N. Basow, A. Prohorow, Ç. Tauns	Ilkinji mikrotolkunly hereketlendiriji – mazer döredildi
1954 ý.	D. Çaplin, K. Fuller, J. Pirson	Kremniniň $p - n$ geçişli yzygider birikmelerinden ýasalan Gün batareýalary döredildi
1954–1965 ý.	I. Liwşis	Metallaryň häzirki zaman elektron nazaryýeti döredildi
1955 ý.	S. Çemberlen, E. Segre, S. Wirand, T. Ipsilantis	Tizlendirilen protonlaryň ýadro nyşananyň nuklonlary bilen çaknyşmalarynda antiproton açyldy
1955 ý.	G. Siborg, A. Giorso, B. Garweý, G. Çopin, S. Tompson	101-nji (Mendeleyew) element sintezirlendi
1955-nji ýylyň 22-nji noýabry	I. W. Kurçatow we işgärleri	Semipalatinskiniň (Gazagystan) harby tälimleri öwreniş meýdanynda (poligonynda) ilkinji termoyadro bombasy uçardan taşlandy



1	2	3
1955 ý.	L. Essen	Ýygylgyň atom standarty döredildi
1956-njy ýylyň 22-nji maýy	ABŞ-nyň alym-oýlap tapyjylary we hünärmenleri	ABŞ-da ilkinji termoyadro bombasy uçardan taşlandy
1956 ý.	Ç. Ýang, Ç. Li	Gowşak özara täsirlerde jübütligiň saklanmaýandygy barada çaklama hödürlenildi
1956 ý.	K. Linde, L. Lederman	$K^0$ – mezon açyldy
1956 ý.	L. Landau	Fermi – suwuklygyň nazaryýeti işlenip düzüldi
1956 ý.	E. Fiset	Metallarda siklotron rezonansy hadysasynyň ýüze çykýandygy önünden aýdyldy we açyldy
1956 ý.	A. Borowik – Romanow, M. Orlowa	Antiferromagnetikleriň gowşak ferromagnetikdigi açyldy
1957-nji ýylyň 4-nji oktyabry	S. Korolýow	SSSR-de Ýeriň ilkinji emeli hemrasy üstünlikli uçuryldy
1957 ý.	F. Reýnes	Barion zarýadynyň saklanma kanuny tejribede tassyklanyldy
1957 ý.	W.I. Weksler	Kuwwaty 10 GeV bolan sinhrofazatron işe girizildi
1957 ý.	G. Skowil, J. Feyler, G. Zaýdel	Ilkinji kwant paramagnit tizlendirijisi döredildi (Onuň ideýasyny 1956-njy ýylda N. Blombergen hödürledi)
1957 ý.	J. Louson	Termoyadro sintezinde bölünip çykýan energiýanyň ulgama berilýän energiýadan uludygyny kesgitleýän ölçeg (kriteriýa) ( <i>Lousonyň kriteriýasy</i> ) döredildi
1958 ý.	B. Mattias	Ferromagnit aşageçirijigi alyndy
1958 ý.	W. Ginzburg, L. Pitaýewskiý	Aşaakyjylygyň ýarymfenomenologik nazaryýeti döredildi ( <i>Ginzburg – Pitaýewskiniň nazaryýeti</i> )
1958 ý.	R. Messbauer	Messbauer hadysasy açyldy
1958 ý.	L. Pitýewskiý	He – geliýniň aşakyjylygy önünden aýdyldy
1959 ý.	N. Basow, B. Wull, Ý. Popow	Ýarymgeçiriji lazer garaşsy hödürlenildi
1959 ý.	A. Aleksandrow	1960-njy ýylda Demirgazyk deňiz ýoly boýunça ilkinji gatnawy amala aşyran Lenin adyndaky ilkinji atom buz döwürjisi suwa goýberildi
1960 ý.	N. Ramzeý	Ýygylgyň standarty hökmünde giňden ulanylyşyny tapan wodorod mazeri döredildi
1960 ý.	R. Paund, J. Rebka	Barlaghana şertlerinde «grawitasiýa gyzyl süýşme» ýüze çykaryldy
1960-njy ýyllar	Ş. Gleşou, S. Waýnberg, A. Salam	Elektrogowşak özara täsir nazaryýeti döredildi

1	2	3
1961 ý.	W.Fitiç	$\tilde{K}^0$ – mezon açyldy
1961 ý.	M. Gell-Man	Elementar bölejikleriň toparlara bölünişi kesgitlenildi
1961-nji ýylyň 30-njy oktyabry	I. Kurçatow we işgärleri	Täze Ýerde (SSSR) dünýäde iň kuwwatly (50 Mt trotil ekwiwalentli) wodorod bombasy uçardan taşlanyp synag edildi
1961-nji ýylyň 12-nji apreli	Ý.A. Gagarin	SSSR-de « <i>Wostok – 1</i> » kosmos gämisinde adamyň ilkinji gezek kosmosa üstünlikli uçuşy amala aşyryldy
1961 ý.	J. Kýunsler	Kuwwatly aşageçiriji magnitler döredildi
1962 ý.	G.N. Flerow we beýlekiler	Atom ýadrolarynyň spontan bölünme hadysasy açyldy
1962 ý.	B. Leks, U. Dumke, M. Netem we beýlekiler	1959-njy ýylda sowet alymlary tarapyndan hödürlenen ýarymgeçiriji lazer döredildi
1963 ý.	G.I. Budker we beýlekiler	Garşylykly desselerdäki ilkinji tizlendirijiler guruldy
1963-1966 ý.	G.N. Flerow	102-nji elementiň birnäçe izotoplary sintezirlendi
1964 ý.	P. Higgs	Simmetriýanyň spontan bozulmagy netijesinde wektor bozonlarda massanyň « <i>döremeklik</i> » mehanizmi ( <i>Higgs mehanizmi</i> ) hödürlenildi
1964 ý.	G.N. Flerow	104-nji (Kurçatow) element sintezirlendi
1964 ý.	M. Gell – Mann, J. Sweýg	Kwarklar çaklamasy aýdyldy
1964 ý.	J. Býorken, Ş. Gleşou	« <i>Eýjejik</i> » (« <i>çarm</i> ») – täze kwant sany girizildi
1964 ý.	U. Brijes we beýlekiler	Ion lazeri döredildi
1964-1965 ý.	N.N. Bogolýubow, B.W. Struminskiý, I. Nambu, A.N. Tawhelidze, M. Han, Ý. Miýamoto	« <i>Reňk</i> » – täze kwant sany girizildi
1965 ý.	A.A. Penzias, R.W. Wilson	Relikt şöhlelenme açyldy
1965 ý.	L. Lederman	Ilkinji antiýadro (antideýtron) sintezirlendi
1965 ý.	J. Kasper, J. Pimentel	Himiki lazer döredildi
1965–1970 ý.	R. Penrouz, S. Hoking	Älemde singulýarlygyň bardygy subut edildi

1	2	3
1966 ý.	W. Panowskiý	Elektronlary 22 $GeV$ energiýa çenli tizlendirýän çyzykly tizlendiriji işe girizildi
1966 ý.	K. Anderson, E. Sabiskiý	Spin ýady hadysasy ýüze çykarylady
1967 ý.	N. Ramzeý	Neýtronýň elektrik dipol momenti kesgitlendi
1967 ý.	A. Hýuiş, Ž. Bell	Pulsarlar açyldy
1968 ý.	T. Gold	Pulsarlaryň aýlanýan neýtron ýyldyzlardygy subut edildi
1968 ý.	L. Arsimowicz	<i>TOKAMAK-4</i> desgasynda ilkinji gezek kwazistasionar fiziki termoyadro reaksiýasy alyndy
1969-njy ýylyň 20-nji iýuly	N. Armstrong, E. Oldrin	« <i>Apollon – 11</i> » kosmos gämisiniň astronawtlary ilkinji gezek Aýyň topragyna aýak basdylar
1970 ý.	G.N. Flerow we işgärleri	105 –nji element sintezirlendi; Köp zarýadly ionlary tizlendiriji guruldy
1972-1974 ý.	J. Pati, A. Salam, G. Jorji, Ş. Gleşou, L.W. Prohorow	Güýçli, elektromagnit we gowşak özara täsirleriň modeli hödürlenildi
1972 ý.	D. Oşeroff, R. Riçardson, D. Li	${}^3_2He$ – geliýniň aşakyjylygy açyldy (1958-nji ýylda L.P. Pitayewskiý tarapyndan öňünden aýdyldy)
1973 ý.	M. Gell – Mann, S. Waýnberg, A. Salam we beýlekiler	Glýuon çaklamasy aýdyldy
1974 ý.	G.N. Flerow	106-njy element sintezirlendi
1975 ý.	M. Pern	Agyr lepton – $\tau$ – lepton açyldy
1976 ý.	G.N. Flerow	107-nji element sintezirlendi
1977 ý.	L. Lederman	Ipsilon böljigi açyldy
1980 ý.	W. Lýubimow, Ý. Nowikow, W. Nozik, Ý. Tretýakow, W. Kozik	Neýtrinonyň dynçlyk massasynyň nola deň däldigi baradaky maglumatlar alyndy (35 $eV$ -dan uly bolmadyk)
1982 ý.	SSSR-iň we ABŞ-nyň ylmy hünärmenleri	<i>TOKAMAK-10-da</i> (SSSR) we <i>PLT</i> desgasynda (ABŞ) aşakdaky parametrlere ýetildi: plazmanyň energetiki ýaşayyş wagty 0,1 s, plazma ýüpäniň okunda ionlaryň temperaturasy $8 \cdot 10^7 K$
1983 ý.	K. Rubbia we beýlekiler	<i>CERN-de</i> aralyk $W$ – bozon açyldy
1989–1993 ý.	ABŞ-nyň ylmy hünärmenleri	<i>COBE</i> amerikan hemrasynda geçirilen tejribelerde relik t şöhlenmäniň temperaturasynyň $2,725 \pm 0,002 K$ deňdigi kesgitlenildi

1	2	3
1999 ý.	Rus we amerikan alymlary	Dubnada (Russiýa) 114-nji element, Berklide (ABŞ) 118-nji element sintezirlendi
2004 ý.	A. Geým, K. Nowoselow	Grafen alyndy
2012-nji ýylyň 4-nji iýuly	Ýadro barlaglarynyň Ýewropa merkeziniň (CERN) işgärleri	Massasy $125,09 \pm 0,24 \text{ GeV}/s^2$ bolan skalýar bozon – <i>Higgs bozony</i> açyldy
2012 ý.	ABŞ-nyň Brukheýwen milli barlaghanasynyň işgärleri	Atomyň ionlaryny tizlendirijide çaknyşdyrmak netijesinde barlaghana şertlerinde alnan iň ýokary temperaturaly (Günüň merkezindäki temperaturadan 250 müň esse ýokary bolan 4 trillion °C) kwark – glýuon plazma alyndy
2016-njy ýylyň 16-njy fewraly	ABŞ-nyň we Russiýanyň ylmy hünärmenleri	<i>LIGO (Laser interferometr Gravitational-Wave Observatory, ABŞ) Grawitasion-tolkun observatoriýasynda</i> grawitasiýa tolkunlarynyň ýüze çykarylandygy barada maglumatlar ygylan edildi

## 2-nji GOŞMAÇA

### 1901-nji ýyldan – 2018-nji ýyla çenli fizika boýunça Nobel baýragyna mynasyp bolanlar

Sylag- lanan ýyly	Baýragyň eýeleri (ýurdy)	Baýrak berilmeginiň sebäbi
1	2	3
1901 ý.	Wilgelm Konrad Rentgen (Germaniýa)	Soňra onuň ady dakylan şöhleleri (rentgen şöhleleri) açandygy üçin
1902 ý.	Hendrik Anton Lorens, Piter Zeýeman (Niderlandiýa)	Magnitiň şöhlenenme prosesine edýän täsirini derňändigleri üçin
1903 ý.	Antuan Anri Bekkerel (Fransiýa)	Öz-özünden radioaktiwlik hadysasyny açandygy üçin
1903 ý.	Pýer Kýuri, Mariýa Sklodowskaýa- Kýuri (Fransiýa)	Radioaktiwlik şöhlenenmäni derňändigleri üçin
1904 ý.	Jon Uilýam Strett – lord Releý (Beýik Britaniýa)	Has giň ýaýran gazlaryň dykzlyklaryny derňändig we bu işleriň netijesinde argony açandygy üçin
1905 ý.	Filipp Eduard, Anton fon Lenard (Germaniýa)	Katod şöhlelerini derňändigleri üçin
1906 ý.	Jozef Jon Tomson (Beýik Britaniýa)	Gazlardan elektrigiň geçişini nazary we tejribede derňändig üçin
1907 ý.	Albert Abraham Maýkelson (ABŞ)	Takyk optiki gurallary döredendigi we olaryň kömegi bilen spektroskopik we metrologik derňewleri geçirendigi üçin
1908 ý.	Gabriel Lippman (Fransiýa)	Interferensiýa hadysasynyň esasynda reňkli fotografiýa usulyny döredendigi üçin
1909 ý.	Gulýelmo Markoni (Italiýa), Karl Ferdinand Braun (Germaniýa)	Simsiz telegrafyň ösmegine goşan goşantlary üçin
1910 ý.	Ýan Diderik, Wan-Der-Waals (Niderlandiýa)	Gazlaryň we suwuklyklaryň agregat halynyň deňlemelerini beýan edýän işleri üçin
1911 ý.	Wilgelm Win (Germaniýa)	Ýylylyk şöhlenenmesiniň kanunlaryny açandygy üçin
1912 ý.	Nils Gustaw Dalen (Şwesiýa)	Maýaklarda we buýlarda ýagtylyk çeşmesi bolup hyzmat edýän gaz akkumulýatorlary bilen bileleikde ulanylýan awtomatik sazlaýjyny döredendigi üçin



1	2	3
1913 ý.	Heýke Kamerling-Onnes (Niderlandiýa)	Pes temperaturalarda jisimlerniň häsiýetlerini derňändigini we suwuk geliniň alandygy üçin
1914 ý.	Maks fon Laue (Germaniýa)	Kristallarda rentgen şöhleleriniň difraksiýa hadysasyny açandygy üçin
1915 ý.	Uilýam Genri Bregg, Uilýam Lorens Bregg (Beýik Britaniýa)	Rentgen şöhleleriniň kömegi bilen kristallaryň gurluşyny öwrenmeklige möhüm goşantlary üçin
1916 ý.	Baýrak berilmedi	Baýragyň pullary fizika bölüminiň Ýörite gaznasyna geçirildi
1917 ý.	Çarlz Glower Barkla (Beýik Britaniýa)	Elementleriň häsiýetli (harakteristik) rentgen şöhlelenmesini açandygy üçin
1918 ý.	Maks Karl Ernst Lýudwig Plank (Germaniýa)	Kwant täsirini açmagy bilen fizikanyň ösmegine görnükli goşandy üçin
1919 ý.	Ýohannes Ştark (Germaniýa)	Kanal şöhlelerinde Dopler hadysasyny we elektrik meýdanýnda spektral çyzyklaryň bölünmegini açandygy üçin
1920 ý.	Şarl Eduard Giýom (Şweýsariýa)	Düzümünde nikel bolan polat birleşmelerinde anomaliýanyň açylmagy bilen bagly, fizikada takyk ölçegleriň çäginde eden işleri üçin
1921 ý.	Albert Eýnşteýn (Germaniýa, Şweýsariýa)	Nazary fizika goşan goşandy we aýratyn-da fotoelektrik hadysasynyň kanunyny açandygy üçin
1922 ý.	Nils Bor (Daniýa)	Atomyň gurluşyny we onuň goýberýän şöhlelenmesini derňemekdäki bitiren hyzmatlary üçin
1923 ý.	Robert Endrýus Milliken (ABŞ)	Elementar elektrik zaryadyny kesgitlemek we fotoelektrik hadysasyny derňemek boýunça geçiren işleri üçin
1924 ý.	Manne Sigban (Şwesiýa)	Rentgen spektroskopiasy çäginde eden açyşlary we derňewleri üçin
1925 ý.	Jeýms Frank, Gustaw Lýudwig Gers (Germaniýa)	Elektronlaryň atomlar bilen çaknyşma kanunlaryny açandyklary üçin
1926 ý.	Žan Batist Perren (Fransiýa)	Maddanyň gurluşyny derňemek boýunça işleri we sedimentasiýa deňagramlylygy açandygy üçin
1927 ý.	Artur Holli Kompton (ABŞ)	Özüniň ady bilen atlandyrylýan hadysany (Kompton hadysasy) açandygy üçin
1927 ý.	Çarlz Tomson Riz Wilson (Beýik Britaniýa)	Kondensirlenen buguň kömegi bilen elektrik zaryadlanan bölejikleriň traýektoriasyna gözegçilik etmegiň usulyny oýlap tapandygy üçin
1928 ý.	Ouen Uillans Riçardson (Beýik Britaniýa)	Termoelektron hadysasyny derňändigini we aýratyn-da özüniň ady dakylan kanuny açandygy üçin

1	2	3
1929 ý.	Lui de Broýl (Fransiýa)	Elektronlaryň tolkun tebigatyny açandygy üçin
1930 ý.	Çadrasekhara Wenkata Raman (Hindistan)	Ýagtylygyň pytramasy boýunça eden işleri we özüniň adyny göterýän hadysany açandygy üçin
1931 ý.	Baýrak berilmedi	Baýragyň pullary fizika bölüminiň Ýörite gaznasyna geçirildi
1932 ý.	Werner Karl Geýzenberg (Germaniýa)	Wodorodyň allotropik görnüşleriniň açylmagyna getiren kwant mehanikasyny döredendigi üçin
1933 ý.	Erwin Şredinger (Awstriýa), Pol Andriýen Moris Dirak (Beýik Britaniýa)	Atom nazaryýetiniň täze görnüşlerini açandyklary üçin
1934 ý.	Baýrak berilmedi	Baýragyň pullarynyň 1/3 bölegi Baş gazna, 2/3 bölegi fizika bölüminiň Ýörite gaznasyna geçirildi
1935 ý.	Jeýms Çedwik (Beýik Britaniýa)	Neýtrony açandygy üçin
1936 ý.	Wiktor Frans Gess (Awstriýa)	Kosmos şöhlelerini açandygy üçin
1936 ý.	Karl Deýwid Anderson (ABŞ)	Pozitrony açandygy üçin
1937 ý.	Klinton Jozef Dewisson (ABŞ), Jorj Tomson (Beýik Britaniýa)	Kristallarda elektronlaryň difraksiýasyny tejribede açandyklary üçin
1938 ý.	Enriko Fermi (Italiýa)	Neýtronlar bilen şöhlelendirilende täze radioaktiw elementleriň alynýandygyny subut edendigi we munuň bilen baglanyşykly bolan haýal neýtronlar bilen döredilýän ýadro täsirleşmeleri açandygy üçin
1939 ý.	Ernst Orlando Lourens (ABŞ)	Siklotrony oýlap tapandygy we ony döredendigi hem-de onuň kömegi bilen, hususan-da, emeli radioaktiw elementleri almak boýunça gazanan netijeleri üçin
1940 ý.	Baýrak berilmedi	Baýragyň pullarynyň 1/3 bölegi Baş gazna, 2/3 bölegi fizika bölüminiň Ýörite gaznasyna geçirildi
1941 ý.	Baýrak berilmedi	Baýragyň pullarynyň 1/3 bölegi Baş gazna, 2/3 bölegi fizika bölüminiň Ýörite gaznasyna geçirildi
1942 ý.	Baýrak berilmedi	Baýragyň pullarynyň 1/3 bölegi Baş gazna, 2/3 bölegi fizika bölüminiň Ýörite gaznasyna geçirildi
1943 ý.	Otto Ştern (ABŞ)	Molekulýar desseler usulynyň ösmegine goşan goşandy we protonyň magnit momentini açandygy üçin
1944 ý.	Isidor Aýzek Rabi (ABŞ)	Rezonans usulyny açandygy we ony atom ýadrolarynyň magnit häsiýetlerini ölçemekde ulanandygy üçin

1	2	3
1945 ý.	Wolfgang Pauli (Awstriýa)	Onuň ady bilen atlandyrylan gadaganlyk prinsipini açandygy üçin
1946 ý.	Persi Uilýams Brijmen (ABŞ)	Aşaýokary basyşlary döretmäge mümkinçilik berýän abzaly oýlap tapandygy we munuň bilen baglanyşykly bolan ýokary basyşlar fizikasynda eden açyşlary üçin
1947 ý.	Eduard Wiktor Eplton (Beýik Britaniýa)	Atmosferanyň ýokary gatlaklarynyň fizikasyny derňändigini, hususan-da, Epltonyň gatlagy diýlip atlandyrylýan açyşy üçin
1948 ý.	Patrik Meýnard, Stýuart Blekett (Beýik Britaniýa)	Wilsonyň kamerasyny ulanmak usulyňy kämilleşdirendigi we munuň bilen baglanyşykda ýadro fizikasy we kosmos şöhlelenmeleri pudagyndaky açyşlary üçin
1949 ý.	Hideki Ýukawa (Ýaponiýa)	Ýadro güýçleri boýunça nazary işleriniň esasynda mezonlaryň bardygyny öňünden aýdandygy üçin
1950 ý.	Sesil Frenk Pauell (Beýik Britaniýa)	Ýadro proseslerini fotografik usuly bilen derňemekligi işläp düzendigi we bu usulyň kömegi bilen mezonlary açandygy üçin
1951 ý.	Jon Duglas Kokroft, Ernest Tomas Sinton Uolton (Beýik Britaniýa)	Emeli tizlendirilen atom bölejikleriniň kömegi bilen atom ýadrolarynyň öwürilmelerini (transmutasiýasyny) derňemek boýunça geçiren gözleg işleri üçin
1952 ý.	Feliks Bloh, Edward Mills Persel (ABŞ)	Takyk ýadro-magnit ölçegleri üçin täze usullary ösdürendikleri we munuň bilen baglanyşykly açyşlary üçin
1953 ý.	Fris Sernike (Niderlandiýa)	Fazakontrast usulyňy açandygy we fazakontrast mikroskopy oýlap tapandygy üçin
1954 ý.	Maks Born (Germaniýa, Beýik Britaniýa)	Kwant mehanikasynda fundamental derňewleri, hususan-da, tolkun funksiýasyny statistik düşündirendigi üçin
1954 ý.	Walter Bote (Germaniýa)	Gabat gelmeler usuly we şonuň bilen bagly açyşlary üçin
1955 ý.	Uillis Ýujin Lemb (ABŞ)	Wodorod spektriniň inçe gurluşy bilen baglanyşykly açyşlary üçin
1955 ý.	Polikarp Kuş (ABŞ)	Elektronyň magnit momentini takyk kesgitländigini üçin
1956 ý.	Uilýam Bredford Şokli, Jon Bardin, Uolter Hauzer Bratteýn (ABŞ)	Ýarymgeçirijilerde geçiren derňewleri we tranzistor effektini açandyklary üçin
1957 ý.	Ýang Çzennin, Li Çzendau (Hytaý, ABŞ)	Elementar bölejikleriň fizikasynda wajyp açyşlara getiren jübütlik kanunyny derňandikleri üçin

1	2	3
1958 ý.	Pawel Alekseýewiç Çerenkow, Ilýa Mihaýlowiç Frank, Igor Ýewgenýewiç Tamm (SSSR)	Wawilow - Çerenkow hadysasyny açandyklary we düşündirendikleri üçin
1959 ý.	Emilio Jino Segre, Ouen Çemberlen (ABŞ)	Antiprotony açandyklary üçin
1960 ý.	Donald Artur Glazer (ABŞ)	Köpürjikli kamerany oýlap tapandygy üçin
1961 ý.	Robert Hofştatder (ABŞ)	Elektronlaryň atom ýadrolarynda pytramagyny derňemekde fundamental derňewleri we şonuň bilen baglanyşykly bolan nuklonlaryň gurluşyna degişli açyşy üçin
1961 ý.	Rudolf Lýudwig Messbauer (Germaniýa)	Gamma-şöhlelenmäniň rezonans siňdirilmegini derňändigi we onuň adyny göterýän hadysa bilen baglanyşykly açyşy üçin
1962 ý.	Lew Dawidowicz Landau (SSSR)	Kondensirlenen gurşawlaryň nazaryýeti, aýratyn-da suwuk geliý boýunça geçiren işleri üçin
1963 ý.	Ýujin Wigner (ABŞ)	Atom ýadrosynyň we elementar bölejikleriň nazaryýetine goşandy, aýratyn-da simmetriýanyň fundamental prinsiplerini açandygy we ulanandygy üçin
1963 ý.	Mariýa Geppert-Maýer (ABŞ), Hans Ýensen (Germaniýa)	Ýadrolaryň gabyklaýyn gurluşyna degişli açyşlary üçin
1964 ý.	Çarlz Hard Tauns (ABŞ), Nikolaý Gennadiýewiç Basow, Aleksandr Mihaýlowiç Prohorow (SSSR)	Lazer - mazer prinsipine esaslanan şöhlelendirijileriň we güýçlendirijileriň döredilmegine getiren kwant elektronikasynyň fundamental işleri üçin
1965 ý.	Sinitiro Tomonaga (Ýaponiýa), Julian Şwinger, Riçard Fillips Feýnman (ABŞ)	Elementar bölejikleriň fizikasyna güýçli täsirini ýetiren, kwant elektrodinamikasy boýunça fundamental işleri üçin
1966 ý.	Alfred Kastler (Fransiýa)	Atomlarda Gers rezonanslaryny açandygy we ony optiki usul bilen öwrenmegi işläp düzendigi üçin
1967 ý.	Hans Albreht Bete (ABŞ)	Ýadro täsirleşmeleriň nazaryýetine goşandy, aýratyn-da ýyldyzlaryň energiýa çeşmelerine degişli açyşy üçin
1968 ý.	Luis Uolter Alwares (ABŞ)	Elementar bölejikleriň fizikasyna aýratyn goşandy, hususan-da, wodorodly köpürjikli kamerany ulanyp döreden usuly arkaly mümkin bolan köpsanly rezonanslary açandygy we maglumatlary derňändigi üçin

1	2	3
1969 ý.	Mýurreý Gell – Mann (ABŞ)	Elementar bölejikleriň toparlara bölünmegi we olaryň özara täsirleleri bilen bagly açyşlary üçin
1970 ý.	Hannes Alfwen (Şwesiýa)	Magnit gidrodinamikasynda fundamental işleri we açyşlary hem-de olaryň fizikanyň dürli pudagynda önjeýli ulanylandygy üçin
1970 ý.	Lui Ežen Feliks Neýel (Fransiýa)	Gaty jisimiň fizikasynda giňden ulanylýan, antiferromagnetizm we ferromagnetizm boýunça fundamental işleri we açyşlary üçin
1971 ý.	Deneş Gabor (Beýik Britaniýa)	Golografik usuly oýlap tapandygy we işläp düzendigi üçin
1972 ý.	Jon Bardin, Leon Nil Kuper, Jon Robert Şriffel (ABŞ)	BKŞ nazaryýeti diýip atlandyrylýan aşageçirijiligiň nazaryýetini döredendikleri üçin
1973 ý.	Braýan Dewid Jozefson (ABŞ)	Tunnel päsgelçiliginden geçýän toguň häsiýetlerini nazary, hususan-da, Jozefson hadysasy diýip atlandyrylýan hadysany öňünden aýdandygy üçin
1973 ý.	Leo Esaki (Ýaponiýa), Aýwor Jaýewer (ABŞ)	Ýarymgeçirijilerde we aşageçirijilerde tunnel hadysalaryny tejribede açandyklary üçin
1974 ý.	Martin Raýl (Beýik Britaniýa)	Ylmy gözegçilikleriň netijeleri we oýlap tapyşlary, aýratyn-da apertura sintez usulyny oýlap tapandygy üçin
1974 ý.	Entoni Hýuiş (Beýik Britaniýa)	Pulsarlary açmakda bitiren hyzmatlary üçin
1975 ý.	Ore Nils Bor, Ben Roý Mottelson (Daniýa), Leo Jeýms Reýnuoter (ABŞ)	Kollektiwleýin hereket bilen atom ýadrolarynda aýratyn bölejigiň hereketi arasyndaky özara baglanyşygy açandyklary we bu özara baglanyşyga esaslanýan atom ýadrosynyň gurluşy baradaky nazaryýeti ösdürendikleri üçin
1976 ý.	Berton Rihter, Semýuel Ting (ABŞ)	Täze görnüşli agyr elementar bölejigiň açylmagyna uly goşant goşandyklary üçin
1977 ý.	Filip Uorren Anderson (ABŞ), Newill Fransis Mott (Beýik Britaniýa), Jon Wan Flek (ABŞ)	Magnit we tertiplenmedik ulgamlaryň elektron gurluşyny fundamental nazary derňadıkları üçin
1978 ý.	Pýotr Leonidowič Kapisa (SSSR)	Fizikanyň pes temperaturalar çäginde geçirilen fundamental barlaglary we açyşlary üçin
1978 ý.	Arno Allan Penzias, Robert Wudro Wilson (ABŞ)	Mikrotolkunly relikt şöhlelenmesini açandyklary üçin



1	2	3
1979 ý.	Şeldon Li Gleşou (ABŞ), Abdus Salam (Päkistan), Stiwen Waýnberg (ABŞ).	Elementar bölejikleriň arasynda gowşak we elektromagnit özara täsirleriň umumy nazaryýetine goşan goşantlary, şol sanda gowşak bitarap toklaryň bardygyny öňünden aýdandyklary üçin
1980 ý.	Jeýms Uotson Kronin, Wal Logsden Fitç (ABŞ)	Bitarap $K^0$ – mezonlaryň dargamasynda simmetriýanyň fundamental prinsipleriniň bozulmalaryny açandyklary üçin
1981 ý.	Nikolos Blombergen, Artur Leonard Şawlow (ABŞ)	Lazer spektroskopiýasynyň ösüşine goşantlary üçin
1981 ý.	Kaý Sigban (Şwesiýa)	Ýokary çözüjilikli elektron spektroskopiýasynyň ösüşine goşandy üçin
1982 ý.	Kennet Wilson (ABŞ)	Faza geçişleri bilen baglanyşykly bolan kritiki hadysalaryň nazaryýetini döredendigi üçin
1983 ý.	Subramanyan Çandrasekar (Hindistan, ABŞ)	Ýyldyzlaryň gurluşynda we ewolýusiýasynda möhüm ähmiýete eýe bolan fiziki prosesleriň nazary derňewleri üçin
1983 ý.	Uilýam Alfred Fauler (ABŞ)	Älemde himiki elementleriň emele gelmeginde möhüm ähmiýeti bolan ýadro reaksiýalarynyň nazary we amaly derňewleri üçin
1984 ý.	Karlo Rubbia (Italiýa), Simon wan der Mer (Niderlandiýa)	Gowşak özara täsiri äkidijiler bolan $W$ we $Z$ bölekleriniň açylmagyna getiren uly taslama goşan goşantlary üçin
1985 ý.	Klaus fon Klitsing (Germaniýa)	Hollyň kwant hadysasyny açandygy üçin
1986 ý.	Ernst Ruska (Germaniýa)	Elektron optikasy boýunça fundamental işleri we ilkinji elektron mikroskopy döredendigi üçin
1986 ý.	Gerd Binnig (Germaniýa), Genrih Poper (Şweýsariýa)	Skanirleýiji tunnel mikroskopy oýlap tapandyklary üçin
1987 ý.	Georg Bednors (Germaniýa), Karl Mýuller (Şweýsariýa)	Keramik materiallarda aşageçirjiligiň açylmagy bilen baglanyşykly bolan fizikada möhüm öňegidişlik üçin
1988 ý.	Leon Lederman, Melwin Şwars, Jek Steýnberger (ABŞ)	Mýuon neýtrinosynyň açylmagy bilen leptonlaryň goşalaýn gurluşynyň subudy we neýtrin şöhle usulyny döredendikleri üçin

1	2	3
1989 ý.	Norman Ramzeý (ABŞ)	Bölekleýin yrgyldyly meýdanlar usulyny oýlap tapandygy we ony wodorod mazerinde hem-de beýleki atom sagatlarynda ulanandygy üçin
1989 ý.	Hans Demelt (ABŞ), Wolfgang Paul (Germaniýa)	Ýekeleýin ionlary saklamak usulyny işläp düzendikleri üçin
1990 ý.	Jerom Fridman, Genri Kendall (ABŞ), Riçard Teýlor (Kanada)	Bölejikleriň fizikasynda kwark modelini işläp döretmekde örän möhüm bolan, elektronlaryň protonlarda we baglanyşykly neýtronlarda maýyşgak däl pytramalaryny derňemekde täzelikleri ornaşdyrandyklary üçin
1991 ý.	Pýer Žil de Žen (Fransiýa)	Ýönekeý ulgamlarda tertipleşme hadysalaryny öwrenmek üçin ulanylýan usullary materiýanyň has çylşyrymly formalarynda, hususan-da, suwuk kristallara we polimerlere ulanmaklygy açandygy üçin
1992 ý.	Žorž Şarpak (Fransiýa)	Bölejikleri detektirlemegiň, hususan-da, köpgeçirijili proporsional kameralary oýlap tapandygy we işläp düzendigi üçin
1993 ý.	Rassel Hals, Jozef Teýlor kiçi (ABŞ)	Grawitasiýany öwrenmekde täze mümkinçilikleri döreden pulsarlaryň täze görnüşlerini açandyklary üçin
1994 ý.	Bertram Brokhauz (Kanada)	Neýtron spektroskopiýasyny döredendigi üçin
1994 ý.	Klifford Şall (ABŞ)	Neýtron difraksiýasy usulyny döredendigi üçin
1995 ý.	Martin Perl (ABŞ)	Tau – leptonlary açandygy üçin
1995 ý.	Frederik Paýnes (ABŞ)	Neýtrinony tejribede ýüze çykarandygy üçin
1996 ý.	Dewid Li, Duglas Oşerow, Robert Riçardson (ABŞ)	Geliý-3-iň aşa akyjylygyny açandyklary üçin
1997 ý.	Stiwen Çu (ABŞ), Klod Koen – Tannuji (Fransiýa), Uilýam Fillips (ABŞ)	Atomlary lazer şöhleleri bilen sowatmak we saklamak usullaryny döredendikleri üçin
1998 ý.	Robert Laflin (ABŞ), Horst Ştermer (Germaniýa), Deniel Sui (ABŞ)	Tolgundyrylan hallary drob elektrik zaryadyna eýe bolan kwant suwuklygynyň täze görnüşini açandyklary üçin
1999 ý.	Gerard't Hooft, Martinus Beltman (Niderlandiýa)	Elektrogowşak özara täsirleriň kwant gurluşyny aýdyňlaşdyrandyklary üçin

1	2	3
2000 ý.	Žores Iwanowiç Alferow (Russiýa), Gerbert Kremer (Germaniýa)	Ýokary tizlikli optoelektronika üçin ýarymgeçiriji heterogurluşlary döredendikleri üçin
2000 ý.	Jek Kilbi (ABŞ)	Integral shemalary döretmeklige goşandy üçin
2001 ý.	Erik Kornell (ABŞ), Wolfgang Ketterle (Germaniýa), Karl Wiman (ABŞ)	Aşgar metallaryň seýreklandirilen gazlarynda Boze-Eýnşteýn kondensasiýasyna ýetendigi we kondensatlaryň häsiýetleriniň başlangyç fundamental barlaglaryny geçirendikleri üçin
2002 ý.	Raýmond Dewis kiçi (ABŞ), Masatosi Kosiba (Ýaponiýa)	Astrofizika täzelikçi goşandy, hususan-da, kosmos neýtrinony ýüze çykarandyklary üçin
2002 ý.	Rikkardo Jakkoni (ABŞ)	Rentgen şöhlemenmäniň kosmos çeşmeleriniň açylmagyna getiren, astrofizkadaky gözlegleri üçin
2003 ý.	Alekseý Alekseýiwiç Abrikosow, Witaliý Lazarewiç Ginzburg (SSSR, Russiýa), Entoni Leggett (Beýik Britaniýa, ABŞ)	Aşageçirijiligiň we aşakyjylygyň nazaryýetine täzelikçi goşantlary üçin
2004 ý.	Dewid Gross, Dewid Politser, Frenk Wilçek (ABŞ)	Güýçli özara täsirleriň nazaryýetinde asimptotik erkinligi açandyklary üçin
2005 ý.	Roý Glauber (ABŞ)	Optiki kogerentligiň kwant nazaryýetine goşandy üçin
2005 ý.	Jon Holl (ABŞ), Teodor Hens (Germaniýa)	Ýokary takykly lazer spektroskopiýasynyň ösüşine, şol sanda ýygylgyň optiki standartlarynda ýygylk süýşmesini presizion usul bilen aýyrmakda goşantlary üçin (femtosekunt usuly)
2006 ý.	Jon Mazer, Jorj Smut (ABŞ)	Relikt şöhlemenmäniň energetik spektriniň anizotropiýasyny we garajisimli gurluşyny açandyklary üçin
2007 ý.	Albert Fert (Fransiýa), Peter Grýunberg (Germaniýa)	Ägirt uly magnitgarşylygy hadysasyny açandyklary üçin
2008 ý.	Ýoitiro Nambu (Ýaponiýa, ABŞ)	Elementar bölejikleriň fizikasynda simmetriýanyň spontan bozulma mehanizmini açandygy üçin
2008 ý.	Makoto Kobaýasi, Tosihide Maskawa (Ýaponiýa)	Tebigatda azyndan kwarklaryň üç nesliniň bardygyny aýtmaga mümkinçilik beren simmetriýanyň bozulmasynyň çeşmelerini açandyklary üçin

1	2	3
2009 ý.	Çarlz Kuen Kao (Hytaý, ABŞ)	Optiki-süýümli ulgamlarda ýagtylyk signallaryny geçirmekde täze üstünlikleri üçin
2009 ý.	Uillard Boýl, Jorj Smit (ABŞ)	Optiki ýarymgeçiriji sensorlary – ПЗС – matrisalary işläp düzendikleri üçin
2010 ý.	Andreý Konstantinowiç Geým (SSSR, Niderlandiýa), Konstantin Sergeýewiç Nowoselow (Russiýa, Beýik Britaniýa)	Iki ölçegli grafen materialy bilen täze tejribeleri geçi-rendikleri üçin
2011 ý.	Sol Perlmutter (ABŞ), Braýan Şmidt (ABŞ, Awstraliýa), Adam Riss (ABŞ)	Uzakda ýerleşen aşatäze ýyldyzlara gözegçilik etmek bilen Älemiň tizlenmeli giňelmesini açandyklary üçin
2012 ý.	Serž Aroş (Franisiýa), Dewid Waýnlend (ABŞ)	Kwant ulgamlaryny ölçemeklige we olary dolandyrmaga mümkinçilik berýän tejribe usullaryny işläp düzendikleri üçin
2013 ý.	Piter Higgs (Beýik Britaniýa), Fransua Engler (Belgiýa)	Subatom bölejikleriniň massalarynyň döreýşine düşünmäge mümkinçilik berýän we <i>CERN-de Uly Adron kollaýderinde ATLAS we CMS-däki</i> tejribelerde önünden aýdylan fundamental bölejikleriň açylmagy bilen tassyklanan mehanizmi nazary açandyklary üçin
2014 ý.	Isamu Akasaki, Hiroshi Amano, Sýuji Nakamura (Ýaponiýa)	Energiýa tygşytlaýjy ýagtylyk çeşmelerini döretmäge mümkinçilik beren mawy optiki diodlary işläp taýýarlandyklary üçin
2015 ý.	Artur Makdonald (Kanada), Takaaki Kajita (Ýaponiýa)	Neýtrinonyň massasynyň bardygyny görkezýän, neýtrinonyň ossilýasiýasyny açandyklary üçin
2016 ý.	Maýkl Kosterlis, Dewid Taules, Dunkan Haldeýn (ABŞ)	Topologik faza geçişlerini we materiýanyň topologik fazalaryny nazary açandyklary üçin
2017 ý.	Raýner Waýss, Barri Bariş, Kip Torn (ABŞ)	<i>LIGO</i> detektorynda grawitasiýa tolkunlaryny açmaklyga goşan goşantlary üçin
2018 ý.	Artur Eşkin (ABŞ)	Optiki müçenegi (pinseti) oýlap tapandygy we ony biologik ulgamlarda ulanandygy üçin
	Žerar Muru (Fransiýa), Donna Striklend (Kanada)	Ýokary depginli (intensiwli) ultragysga optiki impulsly öndürmek usulyny döredendikleri üçin

## PEÝDALANYLAN EDEBIÝATLAR

1. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Ösüşňň täze belentliklerine tarap. IX tom – A.: TDNG, 2016.
2. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Bilim – bagtyýarlyk, ruhubelentlik, rowaçlyk. – A.: TDNG, 2014.
3. «Bilim hakynda» Türkmenistanyň Kanuny. Türkmenistanyň Mejlisiniň maglumatlary, 2013. – №2.
4. Türkmenistanda ýaşlar baradaky döwlet syýasatynyň 2015-2020-nji ýyllar üçin döwlet Maksatnamasy. – A.: TDNG, 2015.
5. Paýhas çeşmesi. – A.: TDNG, 2016.
6. *Илин В.А., Кудрявцев В.В.* История и методология физики. – М.: ЮРАЙТ, 2014.
7. *Кессельман В.С.* Удивительная история физики. – М.: ЭНАС-КНИГА, 2013.
8. *Баиладчев Ю.А., Богданов Д.Л.* Фундаментальные эксперименты физики. – М.: ЛЕНАНД, 2012.
9. *Гиндикин С.Г.* Рассказы о физиках и математиках/ С. Г. Гиндикин. – М.: МЦНМО, 2006.
10. *Григорьев В.И.* О физиках и физике/ В. И. Григорьев. – М.: Физматлит, 2004.
11. *Милантьев В.П.* История и методология физики. – М.: «ЛИБРОКОМ», 2007.
12. Всемирная история физики, с древнейших времён до конца XVIII века/ Я.Г. Дорфман. – М.: КомКнига, 2007.
13. Всемирная история физики, С начала XIX до середины XX века, Я.Г. Дорфман. – М.: Издательство ЛКИ, 2008.
14. *Милантьев В.П.* История возникновения квантовой механики и развитие представлений об атоме. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009.
15. *Абрамов А.* История ядерной физики. – М.: URSS, 2013.
16. *Илин В.А.* История физики. – М.: Академия, 2003.
17. *Хокинг С.* Короткое историческое время: От большого взрыва до чёрных дыр. – Санкт-Петербург, 2001.
18. Выдающие учёные XX века. Составитель Г.А.Булука и др., – М.: 2001.
19. Türkmenistanyň Kosmos ulgamy: «Türkmen Älem 52<sup>0</sup> E» milli aragatnaşygy ösdürmekde täze eýýam» – A.: TDNG, 2015 ý.
20. «История Физики через Интернет» <http://phys.by.ru>.
21. «Великие физики» <http://markbook.chat.ru/fiz/>.
22. «Физика в Интернет» <http://fim.samara.ws/section>
23. «Изобретатели веков» <http://scientists.narod.ru/franklin.htm>.
24. «Физика.ru» <http://home.sovtest.ru/~kiv/istor/03Galil.htm>
25. Великие открытия в физике /interesnik. Velikie-otkrytiya-v-fizike



26. Великие физики и их открытия /forum. vorf.net\ .
27. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/experiment/accelerators/collider.htm>
28. [https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Телевидение & oldid=72603427](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Телевидение&oldid=72603427)
29. [https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Сотовая связь & oldid=73528601](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Сотовая_связь&oldid=73528601)
30. <http://psbatishev.narod.ru/internet/>
31. *Дягилев Ф.М.* Из истории физики и жизни ее творцов. – М.: Просвещение, 1986.
32. *Анселм А.И.* Очерки развития физической теории в первой трети XX века. – М.: Наука, 1986.
33. Физика XX века. Развитие и перспективы. – М.: Наука, 1984.
34. *Храмов Ю.В.* Физики: Биографический справочник. – М.: Наука, 1983.
35. *Кудрявцев П.С.* Курс истории физики. – М. Просвещение, 1982.
36. *Тригг Дж.* Физика XX века. Ключевые эксперименты. – М.: Мир, 1978.
37. *Спасский Б.И.* Физика и ее развитие. – М.: Просвещение, 1979.
38. *Спасский Б.И.* История физики. Ч. 1. – М.: Просвещение, 1977.
39. *Спасский Б.И.* История физики. Ч. 2. – М.: Просвещение, 1977.
40. *Урвалов В.А.* Развитие телевидения и роль российских учёных (рус.) // «Физика»: журнал – 2003. – N4.
41. *Меркулов Д.* Телевидению – 80 лет (рус.) //«Наука и жизнь»: журнал. – 2006. – №1.
42. *Карнан Р.* Философские основания физики. – М., 1971.
43. *Кохановский В.П.* Философия и методология науки: Учебник для высших учебных заведений. – Ростов н/Д.: Феникс, 1999.
44. Туркменская советская энциклопедия. - А.: 1984.

## MAZMUNY

<b>Sözbaşy</b> .....	7
<b>I bölüm. Fizikanyň taryhy ylmyň taryhynyň aýrylmaz bölegidir</b> .....	9
<b>1-nji bap. Fizikanyň taryhy dersi, maksatlary we prinsipleri</b> .....	9
<b>2-nji bap. Fizika ylmynyň ösüşiniň taryhy döwürleri</b> .....	15
<b>II bölüm. Fizikanyň döremeginiň öň ýany</b> .....	17
<b>3-nji bap. Antik ylmy</b> .....	17
3.1. Ilkinji ylmy düşüňjeleriň döreýşi .....	17
3.2. Antik döwletleri üçin häsiýetli aýratynlyklar. Antik ylmynyň aýratynlyklary .....	19
3.3. Gadymy grek alymlarynyň atomistik we beýleki ylmy garaýyşlary .....	22
3.4. Gadymy Gündogarda ylmyň ösüşi .....	36
<b>4-nji bap. Orta asyr fizika ylmy</b> .....	39
4.1. Taryhy bellikler .....	39
4.2. Orta asyr Gündogarynda astronomiýa we optika ylmynyň ösüşi .....	40
4.3. Orta asyr Gündogarynda udel agram baradaky ylmyň ösüşi .....	49
4.4. Orta asyr Ýewropa ylmy .....	52
<b>5-nji bap. XVI–XVII asyrlarda ylmy rewolýusiýa</b> .....	58
5.1. XVI–XVII asyrlarda jemgyýetçilik-syýasy ýagdaý .....	58
5.2. N.Kopernigiň ylmy rewolýusiýasy .....	59
5.3. Täze ylmy dünýägaraýyş (geliosentrik ulgam) ugrunda göreş .....	61
5.4. XVI–XVII asyrlarda akyl ýetirişiň ylmy-usulyýet garaýyşlary .....	64
5.5. XVI–XVII asyrlar ylmynyň umumy häsiýetnamasy .....	68
<b>III bölüm. Nusgawy fizika</b> .....	71
<b>6-njy bap. Galileo Galileý we onuň döwürdeşleri.</b> <b>Ylmy bilimiň esaslarynyň döremegi</b> .....	71
6.1. G.Galileý we onuň «Dünýäniň Ptolemeý we Kopernik iki ulgamynyň dialogy» atly kitabynyň ähmiýeti .....	71
6.2. Galileýiň astronomiýada, mehanikada we optikada eden açyşlary .....	74
6.3. Galileýiň döwürdeşleriniň ylmy garaýyşlary .....	78
<b>7-nji bap. Nýutonyň we onuň ylmy usuly</b> .....	84
7.1. Nýutonyň terjimehalynyň esasy döwürleri .....	84
7.2. Nýutonyň «Ýagtylygyň we reňkleriň täze nazaryýeti» atly ylmy işiniň ähmiýeti .....	86
7.3. Nýutonyň «Natural filosofiýanyň matematiki başlangyçlary» atly ylmy işiniň ähmiýeti .....	89
7.4. Nýutonyň matematika degişli derňewleri .....	95
7.5. Nýutonyň täze derňew usuly .....	96
<b>8-nji bap. Nusgawy mehanikanyň ösüşi</b> .....	98
8.1. Mehanikanyň analitik usul bilen beýan edilişi .....	98
8.2. Mehanikanyň prinsipleri .....	100
8.3. Saklanma kanunlarynyň ulanylyşy .....	104
8.4. Mehanikanyň soňky ösüşleri .....	106
8.5. XX asyrdaky mehanikanyň ösüşi .....	108
<b>9-njy bap. Elektromagnetizmniň kanunlarynyň açylmagy</b> .....	110
9.1. Jisimlerin magnit we elektrik häsiýetleri barada ilkinji maglumatlar .....	110

9.2. Amerikan ylmyňy esaslandyryjy B.Frankliniň ylmy işleri . . . . .	113
9.3. Maddanyň elektrik we magnit häsiýetleriniň öwrenilmeginiň soňky ösüşleri . . . . .	115
9.4. Elektrostatikanyň esasy kanunynyň açylyş taryhy . . . . .	117
9.5. Elektromagnetizmiň kanunlarynyň açylmagy . . . . .	121
9.6. Omuň kanuny. Elektrik zynjyrlary . . . . .	124
9.7. Faradeýiň ylmy ýeňşi . . . . .	126
<b>10-njy bap. Makswell tarapyndan elektromagnit meýdanynyň nazaryýetiniň</b>	
<b>döredilmegi we onuň tejribede tassyklanmagy . . . . .</b>	<b>132</b>
10.1. Makswell we onuň elektromagnit meýdanynyň nazaryýeti . . . . .	132
10.2. Diragyň monopoly meselesi . . . . .	145
10.3. G. Gers tarapyndan elektromagnit tolkunlarynyň açylmagy . . . . .	153
10.4. Ýagtylygyň basyşy barada P. M.Lebedewiň tejribeleri. . . . .	158
<b>11-nji bap. XVII–XX asyrlarda optikanyň ösüşi . . . . .</b>	<b>165</b>
11.1. XVII–XVIII asyrlarda optikanyň ösüşi. . . . .	165
11.2. XIX asyrdaky optikanyň ösüşi . . . . .	167
11.3. XX asyrdaky optikanyň ösüşi . . . . .	173
<b>12-nji bap. Ideal gazynyň molekulýar-kinetik nazaryýetiniň döremegi . . . . .</b>	<b>175</b>
12.1. Ýylylyk hadysalarynda atomizm garaýşy. Teplorod düşünjesi. M.W.Lomonosow we onuň ýylylyk nazaryýetine goşan goşandy . . . . .	175
12.2. Termometriýanyň ösüşi. Ýylylyk geçirijilik nazaryýetiniň döremegi. S.Karnonyň ýylylyk baradaky taglymatyň ösüşine goşan goşandy . . . . .	179
<b>13-nji bap. Termodinamikanyň kanunlarynyň açylyş taryhy . . . . .</b>	<b>185</b>
13.1. Termodinamikanyň birinji başlangyjy . . . . .	185
13.2. Termodinamikanyň ikinji başlangyjy . . . . .	194
<b>14-nji bap. Statistik fizikanyň we deňagramsyz termodinamikanyň döreýiş taryhy . . . . .</b>	<b>199</b>
<b>IV bölüm. Nusgawy däl fizika . . . . .</b>	<b>209</b>
<b>15-nji bap. XIX asyryň ahýryndaky we XX asyryň başlaryndaky ylmy rewolýusiýa . . . . .</b>	<b>209</b>
15.1. Nusgawy däl fizikanyň häsiýetli aýratynlyklary . . . . .	209
15.2. Şöhlelenme nazaryýetiniň ösüşi we ýagtylyk kwantlary baradaky garaýşyň döremekligi . . . . .	212
15.3. Kwant fizikasynyň esaslarynyň tassyklanmagy . . . . .	226
<b>16-njy bap. Hereket edýän gurşawlaryň elektrodinamikasynyň we elektron</b>	
<b>nazaryýetiniň döredilmegi we ösüşi . . . . .</b>	<b>235</b>
16.1. Ýagtylygyň tizligi . . . . .	235
16.2. Efiriň gözleginde . . . . .	237
16.3. Elektron nazaryýetiniň döredilmegi we ösüşi. . . . .	241
<b>17-nji bap. Eýnşteýn – ýörite we umumy görälik (otnositellik)</b>	
<b>nazaryýetlerini dörediji . . . . .</b>	<b>245</b>
<b>18-nji bap. Atom we ýadro fizikasynyň döremegi we ösüşi. . . . .</b>	<b>253</b>
18.1. Rentgen şöhleleriniň we radioaktiwligiň açylmagy . . . . .	253
18.2. Elektronyň açylmagy . . . . .	256
18.3. Pýer Kýuriniň we Mariýa Sklodowskaýa-Kýuriniň ylmy üstünlikleri . . . . .	264
18.4. Radioaktiw öwürmeleriniň açylmagy . . . . .	267
18.5. Atomyň gurluş nazaryýetiniň ösüş taryhy. . . . .	273
18.6. Boruň atom nazaryýeti . . . . .	281
18.7. Kwant mehanikasynyň döremegi. Boruň nazaryýetiniň ösdürilmegi . . . . .	285
18.8. Kwant mehanikasynyň ösüşi. . . . .	291

<b>19-njy bap. Ylym we jemgyýet. Fizika boýunça Nobel baýraklary</b>	306
<b>20-nji bap. Rus we öňki sowet fizikasy</b>	313
20.1. Rewolýusiýadan öňki Russiýada ylmyň ösüşi	313
20.2. Öňki sowet fizikasynyň taryhy	314
<b>21-nji bap. Türkmenistanda fizika we astronomiýa ylmlarynyň ösüşi</b>	327
<b>V bölüm. Radiofizikanyň taryhy</b>	349
<b>22-nji bap. Radioteknikanyň we gaty jisimleriniň elektronikasynyň ösüşiniň taryhy döwürleri</b>	349
<b>22.1. Fizikada aýratyn ugur hökmünde radiofizikanyň ýüze çykmagy üçin nazary we tejribe bilimleriniň toplanýş döwri (XIX asyryň ortalary – XX asyryň 30-njy ýyllary)</b>	350
22.1.1. A.S. Popow ilkinji radiony oýlap tapan rus alymydyr	352
22.1.2. Simsiz telegrafyň soňky ösüşi	354
<b>22.2. Radiofizikanyň döreme we emele gelme döwri (XX asyryň 30-40-njy ýyllary)</b>	358
22.2.1. Amaly radiofizikanyň esasy bolan çyzykly däl yrgyldylar nazaryýetiniň döremegi	358
22.2.2. Wakuumly we gaty jisimleriniň elektronikasynyň döremegi	360
22.2.3. Integral mikroshemalaryň (çipleriň) we mikroelektronikanyň döremegi	366
22.2.4. Geterogurluşlaryň fizikasy we onuň esasyndaky abzallar	368
<b>22.3. Radiofizikanyň ylym hökmünde differensasiýa we integrasiýa döwri (1950-nji ýyldan häzirki döwre çenli)</b>	372
<b>23-nji bap. Radioastronomiýanyň ösüşiniň esasy döwürleri we onuň gural esasy</b>	373
23.1. Radioteleskoplar	373
23.2. Radiointerferometrler we apertura sintez usulynyň döremegi	380
23.3. Relikt şöhlelenmäniň açylmagy	382
23.4. Relikt şöhlelenmäniň anizotropiýasy	388
23.5. Pulsarlaryň açylmagy	390
<b>VI bölüm. Aragatnaşyk serişdeleriniň ösüş taryhy</b>	392
<b>24-nji bap. Aragatnaşyk serişdeleriniň ösüşiniň başlangyç döwri</b>	392
24.1. Habarlaryň ýönekeý geçiriliş usullary	392
24.2. Elektrik aragatnaşygynyň döremegi	394
<b>25-nji bap. Telewideniýäniň ösüş taryhy</b>	398
25.1. Telewideniýäniň durmuşdaky orny	398
25.2. Telewideniýäniň ösüşiniň başlangyç döwri we soňky ösüşleri	399
25.3. Reňkli telewideniýäniň döremegi we ösüşi	408
25.4. Sanly telewideniýäniň ösüş döwürleri	411
<b>26-njy bap. Internet ulgamy</b>	414
<b>27-nji bap. Öýjükli aragatnaşygyň ösüş taryhy</b>	416
27.1. Öýjükli aragatnaşyk we onuň işleýiş prinsipi	416
27.2. Öýjükli telefon	419
<b>28-nji bap. Hemra aragatnaşygy</b>	421
28.1. Hemra aragatnaşygynyň ösüş taryhy	421
28.2. Türkmenistanda hemra aragatnaşyk ulgamynyň döremegi	425
28.3. Türkmen aragatnaşyk hemrasynyň gurluşy	428
28.4. Türkmen aragatnaşyk hemrasyny uçurmak we ony dolandyrmak	430
28.5. Türkmen hemra aragatnaşyk ulgamynyň hyzmatlary	433
28.6. Türkmenistanyň kosmos pudagynyň ösüşiniň geljegi	436

<b>VII bölüm. Häzirki zaman fizikasy</b> .....	438
<b>29-njy bap. Häzirki zaman fizikasynyň baş ugurlaryny kesgitleýän</b>	
<b>ölçeşler (kriteriýalar)</b> .....	438
<b>30-njy bap. XX asyryň ahyrynda – XXI asyryň başlarynda fizikada edilen</b>	
<b>ajaýyp açyşlaryň taryhy</b> .....	440
<b>30.1. Makrofizika</b> .....	440
30.1.1. Dolandyrylýan termoýadro sintez reaksiýasy .....	440
30.1.2. Ýokary temperaturaly we otag temperaturaly aşageçirijilik .....	448
30.1.3. Täsin maddalar (suwuk kristallar, metal wodorod, fullerenler).	
Aşaagy elementler .....	450
30.1.4. Üst fizikasy. Iki ölçegli elektron suwuklyk .....	452
30.1.5. Kwant elektronikasynyň käbir ugurlary (aşageçirijilikli elektronika,	
birelektronika, spintronika, kwant maglumaty) .....	454
30.1.6. Ikinji jynsly faza geçişleri we gazlardaky	
Boze-Eýnşteýn kondensasiýasy .....	458
30.1.7. Maddanyň aşagüýçli magnit meýdanlardaky häsiýetleri .....	459
30.1.8. Çyzykly däl fizika. Solitonlar. Haos. Täsin attraktorlar .....	460
30.1.9. Lazer spektroskopíýasy. Razerler, grazerler, aşakuwwatly lazerler.	
Lazer fizikasynyň we tehnikasynyň ösüş ugurlary .....	461
30.1.10. Nanotehnologiýanyň döremegi .....	464
<b>30.2. Mikrofizika</b> .....	471
30.2.1. Elementar bölejikleriň häsiýetleri .....	472
30.2.2. Kwarklar we glýuonlar .....	476
30.2.3. Higgs bozony .....	484
30.2.4. Fundamental fiziki özara täsirleriň aýratynlyklary .....	488
30.2.5. Fundamental fiziki özara täsirleriň bütewiligi baradaky	
häzirki zaman konsepsiýalar .....	491
30.2.6. Supersimmetrik bölejikler meselesi. Birölçeşli tarlar nazaryýeti .....	500
30.2.7. CP inwariantlygyň bozulmagy .....	503
30.2.8. Uly Adron kollaýderi ( <i>LHC</i> ) .....	506
<b>30.3. Megafizika</b> .....	511
30.3.1. Kosmologiýa meselesi .....	511
30.3.2. Magnetarlar. Gara we ak girdaplar. Kwazalar. Kosmos tarlary .....	522
30.3.3. Umumy görälik nazaryýetiniň tejribede barlanylyşy.	
Grawitasiýa tolkunlary we olaryň detektirlenmegi .....	526
30.3.4. Garaňky materiýa (gizlin massa) we Garaňky energiýa meselesi.	
Älemiň tizlenmeli giňelmegi. Älemiň geljegi .....	527
30.3.5. Ählitolkunlaýyn astronomiýa. Neýtrin we rentgen astronomiýasy .....	532
<b>30.4. Ylmy abzal öndürişiniň käbir üstünlikleri</b> .....	534
30.4.1. Skanirleýji elektron mikroskopy ( <i>SEM</i> ). Skanirleýji tunnel mikroskopy	
( <i>STM</i> ) we atom güýçlendiriji mikroskop ( <i>AGM</i> ) .....	534
30.4.2. Tomografiýa .....	538
30.4.3. Furýe-spektroskopíýa .....	539
30.4.4. Käbir häzirki zaman superteleskoplary .....	539
<b>JEMLEME</b> .....	542
<b>1-nji GOŞMAÇA. Fizikanyň taryhynda möhüm ylmy wakalaryň Senenamasy</b> .....	551
<b>2-nji GOŞMAÇA. 1901-nji ýyldan – 2018-nji ýyla çenli fizika boýunça</b>	
<b>Nobel baýragyna mynasyp bolanlar</b> .....	575



*Ýoldaş Jepbarow*

FIZIKANYŇ TARYHY  
WE YLMY USULYÝETI

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Redaktor	<i>E. Berdiýewa</i>
Surat redaktory	<i>O. Çerkezowa</i>
Teh. redaktor	<i>O. Nurýagdyýewa</i>
Kompýuter bezegi	<i>S. Ýarmakowa, H. Welmämmadow, B. Mämmetgurbanow</i>
Neşir üçin jogapkär	<i>A. Çaryýew</i>

Çap etmäge rugsat edildi 17.12.2018. Ölçeği 70x100<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Edebi garniturasy. Şertli çap listi 47,73. Şertli reňkli ottiski 145,98.  
Hasap-neşir listi 47,97. Çap listi 37,0. Sargyt № 3279. Sany 900.

Türkmen döwlet neşirýat gullugy.  
744000. Aşgabat, Garaşsyzlyk şaýoly, 100.

Türkmen döwlet neşirýat gullugynyň Metbugat merkezi.  
744015. Aşgabat, 2127 (G. Gullyýew) köçe, 51/1.