

**Orazow G., Gurbanýazowa O.R.,
Gylyçmämmedowa A.O.**

FIZIKA WE GEOFIZIKANYŇ ESASLARY

Ýokary okuw mekdepleriniň talyplary üçin okuw gollanmasy

Türkmenistanyň Bilim ministrligi tarapyndan hödürlenildi

Aşgabat 2010

Giriş

Tebigat baradaky ylymlaryň maksady, tebigatyň kanunlaryny açmakdan, öwrenmekden we olary adamyň bähbidi üçin peýdalanmakdan ybaratdyr. Tebigat baradaky ylymlar hemişe ösýär. Adam tebigatyň kanunlaryny barha doly we çuňňur öwrenýär hem-de olary amalyýetde barha köp ulanýar.

Fizika esasy tebigy ylymlaryň biridir. Ol janly däl tebigatyň kanunlaryny öwrenýär. Fizika tebigaty öwrenýän ylymlaryň esasyalarynyň biri bolup, ol materiýanyň hereketleriniň iň bir ýönekeý we şol bir wagtyň özünde hem iň bir umumy görnüşleriniň kanunalaýyklyklaryny öwrenýär. Fizikany öwrenmeklik tebigy hadysalary ylmy esasyda düşündirmeklige mümkinçilik berýär. Fizika - ägirt köp tejribeleriň netijelerini özünde jemleýän fundamental kanunlara daýanýan ylmdyr.

“Fizika” sözi “fýuzis” diýen grek sözi bolup we ol tebigat diýmekligi aňladýar. Fizika geljegi önünden aýtmaga we bolup geçen hadysalary düşündirmäge ýardam edýär. Tebigatda bolup geçýän üýtgeşmeleriň hemmesine hadysa diýilýär. Bizi gurşap alan dünýäde her hili özgertmeler ýa-da dürli hili hadysalar bolup durýar. Fizikada şeýle hadysalardan mehaniki, ýylylyk, elektrik, ýagtylyk hadysalary öwrenilýär. Bu hadysalaryň hemmesine *fiziki hadysalar diýilýär*. Fiziki hadysalara mysal edip buzuň eremegini, suwuň gaýnamagyny, ýagşy damjalarynyň gaçmagyny, ýyldyrymyň çakmagyny görkezmek bolar.

Fizikanyň esasy meselesi tebigatda bolup geçýän dürli fiziki hadysalary baglanyşdyrýan kanunlary açmakdan, ýüze çykýan hadysalaryň sebäbini tapmakdan we olaryň arasyndaky baglanyşygy bilmekden ybaratdyr. Mysal üçin: dürli jisimleriň ýeriň üstüne gaçmagynyň sebäbi, şol jisimleri ýeriň özüne çekýänligindedir ýa-da ýeliň ýüze çykmagynyň bir sebäbi howanyň deň gyzdyrylmaýanlygyndadyr.

Fizika gaty jisimleriň, suwuklyklaryň, gazlaryň, aýratyn molekulalaryň we atamlaryň, atamlaryň ýadrolarynyň elementar bölejikleriniň häsiýetlerini ylmy barlaýar. Şeýle hem

elektromagnit, gravitasiýa we ýadro meýdanlaryny öwrenýär. Bulardan başga fizika materiýanyň hereketiniň dürli görnüşlerine (mekaniki herekete, dürli görnüşli yrgyldylara we tolkunlara, ýylylyk herekedine we meýdanlaryň ýaýramagyna) seredýär. Bulara esaslanyp fizika mehanika, molekulýar fizika we termodinamika, elektrik we magnit hadysalary, optika hem-de atom we ýadro fizikasy ýaly bölümlere bölünýär. Bu bölümleriň her biri köp sanly şahalara bölünýär we olaryň arasynda örän berk baglanyşyk bar.

Fizika biologiýa, geografiýa, himiýa, geometriýa, astronomiýa we ş.m. beýleki tebigaty öwrenýän ylymlar bilen hem berk baglanyşyklydyr. Häzirki wagtda ylmyň ösmegi zerarly bu ylymlar bilen fizikanyň arasynda täze ylymlar ýüze çykdy. Olardan biofizika, geofizika, fiziki himiýa we ş.m. görkezmek bolar. Tebigaty öwrenýän ylymlaryň her biriniň öz önünde goýýan maksady, tebigaty öwrenmegiň öz usuly bardyr.

Fizikany öwrenmek bilen bir ylmyň beýleki ylymlardan tapawudy, şeýle hem olaryň arasyndaky berk baglanyşyk öwrenilýär. *Mysal üçin:* geografiýada fizikanyň kanunlary ýeliň emele gelşini, derýalaryň akymlaryny düşündürmekde peýdalanylýar. Zoologiýada bolsa bu kanunlary peýdalanylýan jandarlaryň sesi göýberişini we kabul edişi, olaryň görüş organlarynyň gurluşy öwrenilýär, şeýle hem haýwanlaryň ýerdäki hereketiniň we balyklaryň suwdaky hereketiniň ýüze çykyşy düşündirilýär.

Tebigat baradaky ylymlar gadym döwürlerde döräpdir. Gadymy Gresiýanyň alymlary tebigatda bolup geçýän hadysalary düşündürmäge ilkinji synanyşan alymlar bolupdyr. Şeýle alymlaryň biri bolan filosof *Aristoteliň*- ýazan işlerinde “fizika” – sözi bar.

Fizikada açylan hem-de öwrenilen zatlaryň hemmesi dürli ýurtlaryň we halklaryň ençeme alymlarynyň tutanýerli zähmetiniň netijesidir. Häzirki wagtda hem tebigaty öwrenmeklik köp alymlaryň irginsiz zähmet çekmekligini talap edýär. Olaryň

bilelikdäki işleri adamzada bizi gurşap alan dünýäniň kanunlaryny we hadysalaryny ylmy barlamakda öňe gitmeklige ýardam edýär.

XX - asyryň ikinji ýarymyna ylmy-tehniki rewolýusiýanyň döwri diýilýär. Bu döwürde ylmyň we tehnikaýyň örän çalt ösmegi we gazanylan üstünlikleriň senagatda we adamynyň durmuşynda ornaşdyrylmagy bolup geçdi.

Fizika tehnikaýyň esasydyr. Munuň özi dürli tehnika gurluşlaryň fizikada açylan we öwrenilýän tebigatyň hadysalaryny we kanunlaryny ulanmaklyga esaslanandygyny aňladýar. Ylmy we tehnika öz aralarynda berk baglanyşyklydyr. Ylmyň ösmegi tehnikaýyň mundan hem beýläk ösmegine getirýär. Tehnikaýyň has ösmegi, kämilleşmegi bolsa ylmyň täze üstünlikler gazanmaklygyna getirýär. Häzirki döwürdäki gazanylan üstünlikler ylmyň we tehnikaýyň gazanan üstünligidir. Atom energiýasyny peýdalanylýan ilkinji gurlan elektrik stansiýalarynyň, ilkinji kosmiki hemranyň, ýagny ýeriň emeli hemrasyň uçurylmagynyň, radionyň, telewideniýäniň, EHM-yň oýlanylýp tapylmagynyň we olaryň şu günki ýeten derejeleriniň we ş.m. hemmesiniň esasynda fiziki kanunlar ýatýar.

Ýeriň fiziki häsiýetlerini we onuň düzümini, ýeriň gaty suwuk we gaz görnüşli gatlaklarynda olaryň özara täsirleri netijesinde bolup geçýän hadysalary öwrenýän ylmyň kompleksine *geofizika* diýilýär.

Geofizikada üç sany esasy geosfära degişli bolan üç bölüm tapawutlandyrylýar: Ýeriň gaty jisiminiň fizikasy (ýa-da gaty ýeriň fizikasy), gidrofizika we atmosfera fizikasy. Bu bölümleriň her biriniň özboluşly meseleleri bar we aýratyn ylmyň toplumyndan durýarlar. Ýeriň gaty jisiminiň fizikasy (Ýeriň fizikasy) Ýeriň gaty jisiminiň fiziki häsiýetlerini, düzümini, gurluşyny we onda bolup geçýän hadysalary barlaýar we öwrenýär. Gidrofizika Ýeriň suwly gatlaklarynyň fiziki hadysalaryny öwrenmek bilen meşgullanýar. Atmosferanyň fizikasy (meteorologiya) Ýeriň howa gatlagyndaky fizika hadysalary, olaryň ýer üsti we kosmos giňişligi bilen özara täsirini öwrenýär.

FIZIKA

I.Mehanika

1.1. Fiziki ululyklar we olaryň ölçenilişi

Tejribe - fiziki bilimleriň çeşmesidir. Tejribe fiziki hadysalar barada has takyk bilimleri berýär. Tejribe geçirilende fiziki ululyklar ölçenilýär.

Fiziki ululyk fiziki jisimiň ýa-da jisimler ulgamynyň, prosesleriň we hadysalaryň mukdar häsiýetnamasydyr. Uzynlyk, massa, wagt, tizlik, güýç, elektrik meýdanyň güýjenmesi, yrgyldy periody – bularyň hemmesi fiziki ululyklardyr.

Fiziki ululygy ölçemek diýip, şoňa meňzeş ölçeg deregine kabul edilen ululyk bilen eksperimental deňeşdirmeklige aýdylýar.

Fiziki ululyklar skalýar we wektor ululyklar bolup bilýärler.

Diňe san bahalary bilen häsiýetlendirilýän ululyklara skalýar ululyklar ýa-da ýöne skalýarlar diýilýär. Olara mysal edip wagty (t), massany (m), temperaturany (T), elektrik zaryadyny (q), potensialy(φ) we beýlekileri görkezmek bolar.

San bahalary we ugurlary bilen häsiýetlendirilýän fiziki ululyklara wektor ululyklar ýa-da ýöne wektorlar diýilýär. Mysal üçin, tizlik (\vec{v}), tizlenme (\vec{a}), güýç (\vec{F}), impuls (\vec{p}), elektrik meýdanyň güýjenmesi (\vec{E}), magnit induksiýasy (\vec{B}), magnit meýdanyň güýjenmesi (\vec{H}) we ş.m. wektor ululyklardyr.

Wektor ululyklar okuw kitaplarynda garaldylan harplar bilen ýa-da harplaryň üstünde peýkamjyk goýmak bilen belgilenýär, mysal üçin $\vec{v}, \vec{a}, \vec{F}$ we ş.m.

Skalýar ululyklar algebraik jemlenýärler. Wektor ululyklar bolsa diňe geometrik jemlenýärler. Wektorlaryň absolýut ululyklary ýa-da başgaça aýdylanda modullary edil şol öňki harplar bilen belgilenýär, ýöne üsti peýkamjyksyz ýa-da kitapda

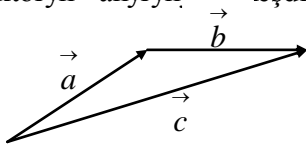
has gara harp bilen däl-de, tekstdäki beýleki harplar ýaly ýazylýar, ýagny v, a, F we ş.m.

Wektorlaryň modullary şeýle belgilenýär: $|\vec{v}|, |\vec{a}|, |\vec{F}|$ we ş.m.

Wektorlaryň üstünde geçirilýän käbir amallara seredip geçeliň:

a) *Wektorlary goşulyşy:*

Wektorlary goşmagyň parallelogram we üçburçlyk düzgüni bardyr. Eger-de \vec{a} we \vec{b} wektorlar berlen bolsa, \vec{a} wektoryň ahyrynda \vec{b} wektory ýerleşdirip, \vec{a} wektoryň başlangyjy bilen \vec{b} wektoryň ahyryn' 'leşdirip netijeleşýä \vec{c} wektory alarys:



$$\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$$

ýa-da kosinuslar teoremasy boýunça bu wektoryň uzynlygy:

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \beta$$

Köp wektorlaryň goşulyşy hem edil iki wektoryň üstündäki amallar ýalydyr:

$$\vec{L} = \vec{a} + \vec{b} + \vec{c} + \vec{d} + \vec{e}$$

b) *Wektorlaryň aýrylyşy:*

Wektorlaryň aýrylyşy hem edil goşulyşy ýaly ýerine ýetirilýär, ýöne birinji wektoryň üstüne oňa garşy bolan ikinji wektor goşulýar.

$$\vec{c} = \vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b})$$

ç) *Wektorlaryň köpeldişi:*

1. Iki wektoryň *skalýar köpeldilmegi* ýene-de skalýara deňdir we olaryň modullarynyň bu wektorlaryň aralaryndaky burçuň kosinusyna köpeldilmegine deňdir.

$$(\vec{a} \cdot \vec{b}) = a \cdot b \cdot \cos \alpha$$

Bu formuladan görnüşi ýaly iki wektoryň skalýar köpeldilmegi haýsy hem bolsa bir wektoryň modulynyň ikinji wektoryň birinjiniň ugruna proyeksiýasyna köpeldilmegine deňdir, ýagny

$$(\vec{a} \cdot \vec{b}) = a \cdot b_a = a_b \cdot b$$

Wektoryň berlen ugra proyeksiýasy diýip onuň uzynlygynyň wektor bilen ugruň arasyndaky burçuň kosinusyna köpeltmek hasylyna aýdylyar.

Görnüşi ýaly, wektorlaryň skalýar köpeltmek hasyly köpeldijileriň ornunyň üýtgemegine bagly däldir.

$$(\vec{a} \cdot \vec{b}) = (\vec{b} \cdot \vec{a})$$

Wektorlaryň skalýar köpeldilmegi algebraik ululygy berýär. Onuň alamaty köpeldijileriň arasyndaky burça baglydyr. Eger burç ýiti bolsa, köpeltmek hasyly položitelidir, eger-de burç kütäk bolsa otrisateldir, göni bolsa nola deňdir.

2. Iki wektoryň *wektor köpeltmek hasyly* \vec{c} - wektora deňdir, ol bolsa şol wektorlaryň modullarynyň olaryň arasyndaky burçuň sinusyna köpeldilmegine deňdir. Ol wektoryň ugry \vec{c} köpeldilýän wektorlaryň ýerleşen tekizligine perpendikulýar bolup, sag hyrly burawjygyň düzgüni boýunça kesgitlenýär.

Wektorlaryň wektor köpeltmek hasyly aşakdaky ýaly ýazylyar:

$$\vec{a} \times \vec{b} = [\vec{a} \cdot \vec{b}] = \vec{c}$$

bu ýerde $c = a \cdot b \sin \alpha$, $b \cdot \sin \alpha = h$, diýmek $c = a \cdot h$

Wektorlaryň wektor köpeltmek hasyly köpeldijileriň ornuna bagly, wektorlaryň orny üýtgedilse köpeltmek hasyly hem üýtgeýär:

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = -\vec{b} \cdot \vec{a} .$$

3. Wektory skalýara köpeltmek

\vec{a} wektoryň x skalýara köpeltmek hasyly aşakdaka deňdir:

$$\vec{c} = x \cdot \vec{a} \quad \text{ýa-da}$$

$$c = |x| \cdot a$$

Eger-de $x > 0$ bolsa, onda \vec{c} bilen \vec{a} ugry gabat gelyär. $x < 0$ bolsa tersine, ýagny $c = -|x| \cdot a$.

1.2. Mehaniki hereket . Hasaplama ulgamy

Mehanika fizikanyň bir bölümidir. Mehanika bizi gurşap alan materiýanyň mehaniki hereketini öwrenýär. Daş töweregimizi gurşap alan hemme zatlar üznüksiz hereketdedirler. Şol hereketleriň iň ýönekeýi mehaniki hereketdir.

Mehaniki hereket diýlip haýsy hem bolsa bir jisimiň giňişlikde wagtyň geçmegi bilen öz ýagdaýyny başga bir jisime görä üýtgetmegine aýdylýar .

Mehanikanyň esasy wezipesi wagtyň islendik pursatynda jisimiň giňişlikdäki ýagdaýyny kesgitlemek bolup durýar.

Mehanika öz gezeginde üç bölege bölünýär.

Kinematika - jisimleriň hereketlerini ony ýüze çykarýan sebäplere garamazdan öwrenýän bölümdir.

Dinamikada - jisimleriň hereket kanunlary we olaryň ýüze çykyş sebäpleri öwrenilýär.

Statikada - güýçler ulgamynyň täsirindäki jisimleriň deňagramlylyk şertleri öwrenilýär.

Kinematikada esasy hereketleriň *biri jisimiň öňe bolan hereketidir.*

Eger haýsy hem bir jisim hereket edende hereket wagtynda jisimi düzyän bölekleriň hemmesi birmeňzeş hereket edýän bolsa, onda oňa öňe bolan hereket diýilýär. Şeýle hereketde jisimiň islendik iki nokadyny birleşdirýän göni ornuny öz-özüne parallel üýtgedýär.

Oglanyň süýrüp barýan arabasyny ýa-da onuň göterip barýan torbasyny mysal hökmünde görkezmek bolar. Şeýle ýagdaýda jisimiň hemme nokadynyň edýän hereketi birmeňzeşdir.

Kähalatlarda jisimiň möçberi (ölçegleri) öz geçýän aralygyndan kiçi bolsa, onda onuň her nokadynyň hereketini aýratyn beýan etmegiň geregi ýokdur. Bu ýagdaýda jisimleriň ölçeglerini hasaba almasaň hem bolýar. Mysal üçin, Ýeriň Günüň töweregindäki hereketi öwrenilýän bolsa, onda Ýeriň öz ölçeglerini hasaba almasaň hem bolar, sebäbi ol Ýerden Güne çenli bolan aralykdan has kiçidir. Eger uçaryň hereketi öwrenilýän

bolsa, onda Ýeriň ölçeglerini hasaba alyp, uçaryň ölçeglerini hasaba almasaň hem bolýar, sebäbi uçaryň ölçegleri Ýeriňkiden köp esse kiçidir.

Berlen şertlerde hususy ölçeglerini hasaba almazlyk mümkin bolan jisime material nokat diýilýär. Material nokat hökmünde kabul edilen jisimleriň diňe bir nokadynyň hereketi beýan edilýär. Tebigatda hiç hili material nokat ýokdur, ol hereketi beýan etmek, öwrenmek üçin girizilen düşündir.

Gaty jisimleriň hereketi öwrenilende olaryň hereketiň dowamyndaky daşky görnüşiniň üýtgemesine üns berilmeýär, ýagny ol jisime absolýut gaty jisim hökmünde seredilýär.

Jisimi düzýän bölejekleriň (atomlaryň) aralygy üýtgemeyän bolsa, onda şeýle jisime absolýut gaty jisim diýilýär. Absolýut gaty jisim tebigatda ýokdur, ol jisimler diňe käbir ýakynlaşma bilen kabul edilýär.

Mehaniki hereket görälidir. Jisim hereket edýär diýilende onuň haýsy jisime görä hereket edýänligi belli bolmasa, ol hereketiň manysy ýokdur.

Jisimiň dynçlykda diýip şertli kabul edilen başga jisimlere görä hereketine göräli hereket diýilýär. Jisimiň ýagdaýyny diňe haýsy hem bolsa başga bir jisime görä kesgitläp bolýar.

Hereket etmeýär diýlip şertli kabul edilen jisime ýa-da jisimler ulgamyna hasaplama jisimi diýilýär. Eger-de şol jisim bilen koordinatalar ulgamy we wagt baglanyşdyrylsa, onda hasapalama ulgamy alnar.

Jisimiň hereket eden mahaly giňişlikde galdyryan çyzygyna treaktoriýa diýilýär. Traýektoriýa jisimiň hereketiniň hiline we hasaplama ulgamyna baglydyr. Mysal üçin, emeli hemranyň traýektoriýasy Aýa görä bir hili we Ýere görä başga bir hildir.

Jisimiň başlangyç hem-de ahyrky nokatlaryny birleşdirýän ugrukdyrylan kesime orun üýtgetme diýilýär. Orun üýtgetme wektor ululykdyr. Orun üýtgetme wektorynyň ugry hereketiň başlangyç nokadyndan soňky nokadyna bolan ugry görkezýär. Onuň san bahasy hereketiň başlangyç we soňky nokatlarynyň

aralygynyň uzaklygyna deňdir. Orun üýtgetmäni şekillendirýän kesimiň uýj strelka bilen belenilýär(3-nji surat).

Hereketiň başlangyç we ahyrky nokatlarynyň arasyndaky traýektorıýanyň uzynlygyna geçilen ýol diýilýär. Ýol skalýar ululykdyr.

Geçilen ýol we jisimiň orun üýtgetmesi şol bir zat dälär. Goý, jisim M_1 nokatdan M_2 nokada ornuny üýtgeden bolsun

Onuň orun üýtgetmesi M_1M_2 kesimdir. M_1 we M_2 nokatlaryň arasyndaky traýektorıýalaryň uzynlygy bolsa geçilen ýoldur. Taksidä traýektorıýa üçin hak tölenýär, uçarda bolsa orun üýtgetmä hak tölenýär.

Eger-de hereketiň traýektorıýasy göni çyzyk bolsa, onda oňa *göniçyzykly hereket*, galan ýagdaýlarynda *egriçyzykly hereket* diýilýär.

1.3. Göniçyzykly deňölçegli we deňölçegsiz hereketler. Tizlik we tizlenme

Eger-de jisim göniçyzykly hereket edip, deň wagt aralygynda deň ýollary geçýän bolsa, onda şeýle herekete göniçyzykly deňölçegli hereket diýilýär.

Göni çyzykly hereketde esasy ululyklaryň biri tizlik. Ol wektor ululykdyr.

$$\vec{v} = \frac{\vec{S}}{t} \quad (1) \quad S = \vec{v} \cdot t$$

Göniçyzykly deňölçegli hereketiň deňlemesi.

Deňölçegli göniçyzykly hereketde geçilen ýol hem-de orun üýtgetme biri-birine gabat gelýär.

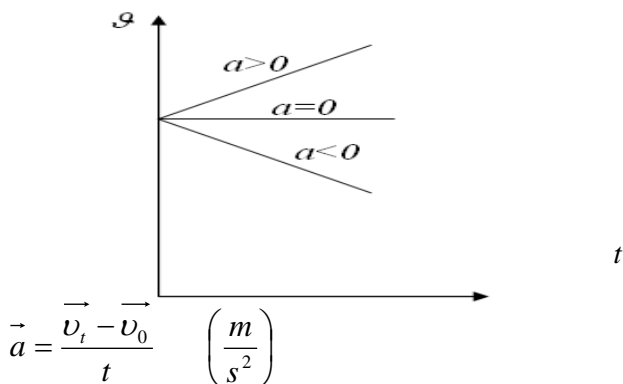
Tizlik diýlip wagt birliginde geçilen ýola aýdylýar. Ölçeg birlihi $\left(\frac{m}{s}\right)$

$$v_{or} = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad v_{nur} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{dS}{dt}$$

Göni çyzykly hereket edýän jisimiň tizligi deň wagt aralygynda deň ululyga üýtgeýän bolsa onda beýle herekete deňölçepli üýtgeýän göniçyzykly hereket diýilýär.

Tizlenme – tizligiň wagta baglylykda nähili çalt üýtgeýändigini häsiýetlendirýän ululyga tizlenme diýilýär. Ol hem wektor ululyk. Wagtyň başlangyç pursadynda tizlik \vec{v}_0 -bolsa ,t- wagt geçenden soňra tizlik \vec{v} -bolsa ,onda wagtyň her biç birliginde tizlik

$\frac{v - v_0}{t}$ ululyga üýtgeýär. Bu ululyga tizlenme diýilýär.



$$\left. \begin{aligned} S &= v_{0t} \pm \frac{at^2}{2} \\ v &= v_0 \pm at \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{deňtizlenýän – hereketiň} \\ \text{deňlemesi} \end{array}$$

$$\left. \begin{aligned} v &= v_0 \pm gt \\ h &= v_0 t \pm \frac{gt^2}{2} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{başlangyç tizligi bar bolup, aşak} \\ \text{gaçýan jisimiň hereket deňlemesi.} \end{array}$$

Dİne agyrlyk güýjüniň täsirinde başlangyç tizlikziz aşak gaçýan jisimiň hereketine *erkin gaçma* diýilýär.

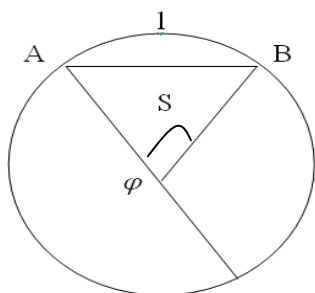
$$\left. \begin{aligned} v_0 &= 0 \\ v &= gt \\ h &= \frac{gt^2}{2} \end{aligned} \right\} \text{erkin gaçýan jisimiň hereket deňlemesi}$$

1.4. Egriçyzykly hereket. Töwerek boýunça hereketiň kinematikasy

Hereketlenýän jisimiň treaktoriýasy göniçyzykly bolman , egri çyzyk bolsa onda oňa *egriçyzykly trayektoriya* diýilýär.

Göniçyzykly hereketde tizlik wektorynyň ugry bilen orun üýtgetmäň ugry gabat gelýär.

Egriçyzykly herekete töwerek boýunça hereket hökmünde seretmek bolar. Töwerek boýunça hereketde hem, edil göniçyzykly hereketdäki ýaly orun üýtgetmeden peýdalanmak bolar. Onuň üçin has amatly ululyk öwrilme burçuny hem peýdalanmak bolar.



$$\overset{\frown}{AB} = l$$

$$AB = S$$

$$l = r \cdot \varphi$$

$$\vartheta = \frac{l}{t} \left[\frac{m}{sek} \right] - \text{çyzyk tizligi}$$

r

$$\omega = \frac{\varphi}{t} \quad [\text{rad}] - \text{burç tizligi}$$

Jisim käbir t wagtda A nokatdan B nokada ornuny üýtgedende A nokada geçirilen radius φ burça öwrülýär. Oňa öwrülme burçy diýilýär. Jisim töweregiň AB dugasy boýunça l ýoly geçýär, ol moduly AB hordanyň ululygyna deň bolan S ornuny üýtgetýär, radius φ burça öwrülýär.

Öwrülme burçy gradus hasabynda ($^{\circ}$) hemde radianlarda kesgitlenilýär.

Radiusyň töwerekden uzynlygy radiusa deň bolan dugany kesip alan iki radiusyň arasyndaky burça radian (rad) diýilýär.

$$2\pi \text{ rad} = 360^{\circ}$$

$$1 \text{ rad} = \frac{360^{\circ}}{2\pi} = \frac{180^{\circ}}{\pi} = \frac{180^{\circ}}{3,14} = 57^{\circ}18'$$

$$1^{\circ} = \frac{2\pi}{360^{\circ}} = \frac{\pi}{180^{\circ}} \text{ rad}$$

Onda φ burçuň r – radiusly töwerekden kesip alan dugasynyň l uzynkygy aşakdaka deňdir.

$$l = r \cdot \varphi$$

Çzyk tizligi bilen burç tizliginiň arasyndaky baglanyşyk:

$$v = \frac{l}{t} = \frac{r \cdot \varphi}{t} = r \cdot \omega$$

Jisimiň töwerek boýunça herekediniň tizligini köplenç wagt birligindäki aýlaw sany bilen aňladýarlar. Bir aýlawda radius $2\pi \text{ rad}$ burça öwrülýär. Şoňa görä-de burç tizligi ω we wagt birligindäki aýlaw sany n aşakdaky ýaly baglanyşýarlar:

$$\omega = 2\pi n$$

Wagt birligindäki aýlaw sanyna aýlaw ýygylgy hem diýilýär. Ýygylgy ters bolan ululyk jisimiň bir aýlaw edýän wagtny kesgitleýär. Bu wagta aýlanam peridy diýilýär. Ol T harpy bilen belgilenýär:

$$T = \frac{1}{n} = \frac{2\pi}{\omega}$$

Jisim töwerek boýunça hereket edende ol r-radius boýunça töweregiň merkezine ugrukdyrylan tizlenmeli hereket edýär.

$$v = \frac{\ell}{t} = \frac{r \cdot \varphi}{t} = r \cdot \omega$$

$$v = r \cdot \omega$$

$$\omega = \frac{\varphi}{t}$$

$$a = g \cdot \omega = r \cdot \omega \cdot \omega = r \cdot \omega^2$$

$$a = r \cdot \omega^2$$

$$a = g \cdot \omega = g \cdot \frac{g}{r} = \frac{g^2}{r}$$

$$a = \frac{g^2}{r}$$

1.5. Dinamikanyň esasy kanunlary

Dinamika-mehanikanyň esasy bölegidir. Onuň esasyňy Nýutonyň 3 kanuny düzýär. Dinamikada jisimleri tizlenmeli herekete getirýän olaryň arasyndaky her hili özara täsirler öwrenilýär.

Dinamikada jisimiň hereket kanunlaryna güýç bilen baglanyşyklylykda seredilýär.

Hereket we jisimiň dynçlyk ýagdaýy dürli hasaplanýş ulgamyna görä dürlüdür. Jisimiň bir hasaplanýş ulgamyna görä dynçlykda bolup beýlekisine görä otnositellikde hereket etmegi mümkindir. (parahotdaky ýolagça kenardan we parahotdan syn etmek).

Bar bolan dürli hasaplanýş ulgamlarynyň arasynda jisimiň hereketi örän ýönekeý bolýan ulgamlar bar. Şol ulgamlarda jisim daşdan täsir bolmasa tizlenmesiz ýagny deň ölçegli göni çyzykly

hereket edýärler ýa-da dynçlykda durýarlar. Şeýle üýtgeşik hasaplanýş ulgamlaryna inersial hasaplanýş ulgamy diýilýär. Bu ulgamlaryň barlygy tejribeleriň üsti bilen tassyklanandyr we olara tebigatyň kanuny diýilýär.

Jisimiň dynçlyk ýagdaýyny saklamagyna ýa-da göni çyzykly deň ölçegli hereket etmek häsiýetine inersiýa diýilýär.

Eger-de jisim haýsy hem bolsa bir hasaplanýş ulgamyna otnositellikde göni çyzykly deň ölçegli hereket etse ýa-da dynçlykda bolsa onda şol ulgama inersial ulgam diýilýär.

Ýeriň üstünde, golaýynda bolup geýýän köp hereketler üçin ýer inersial ulgamdyr. Käbir hadysalar ýagny gündiz bilen gijäniň çalyşmagy ýer şarynyň öz okunyň töwereginde aýlanmagy bilen düşündirilýär. Bu hadysa öwrenilende ýer şary bilen baglanyşykly hasaplanýş ulgamy inersial ulgam däldir. Ýöne ýeterlik derejede takyklyk bilen inersial ulgam bolup “gelyosentrik” ulgam hyzmat edip biler.

Nýuton 1887-nji ýylda öz kitabynda klassiki mehanikany düzýän dinamikanyň 3 kanuny formulirledi. *Nýutonyň 1 kanunyna inersiýa kanuny diýilýär*. Ol kanun inersial hasaplanýş ulgamynyň barlygyny tassyklaýar.

Islendik jisime daşky güýçleriň täsiri bolmasa, ol özüniň dynçlyk ýagdaýyny ýa-da deňölçegli göni çyzykly hereketini saklap bilýär. Bu kanun diňe inersial ulgamda dogrudyr. Diýmek, jisimiň hereketiniň döremeginiň sebäbi şol jisime başga bir jisimleriň täsiriniň bolmagydyr.

Berlen jisime daşda başga jisimleriň täsiri bilen häsiýetlendirilýän wektor ululyga güýç diýilýär.

Jisimleriň özara täsiri netijesinde ýüze çykyan fiziki ululyga güýç diýilýär. Güýjüň san bahasy bolýan täsiriň intensiwligini Kesgitlemegitleýär, onuň ugry bolsa täsir netijesinde onuň alyan tizlenmesiniň ugry bilen gabat gelýär.

Massa – jisim inertliginiň ölçegidir. Jisimiň alyan tizlenmesiniň ululygynyň we ugrunyň nämä baglydygyny görmek üçin tejribä ýüzleneliň.

Iki sany arabajyk alyarys. Olaryň biri polatdan beýlekisi alyuminden. Olaryň çaknyşmadan soňky tizlenmeleriniň gatnaşygy hemişe 3 deňdir. Ugurlary bolsa garşydyr.

$$\left| \frac{\vec{a}_1}{\vec{a}_2} \right| = 3$$

Inertliligi mukdar taýdan häsiýetlendirmek üçin massa diýlen fiziki ululyk girizilýär.

Jisimlerin tizlenmä täsir etmek ukybyna olaryň inertliligi diýilýär.

Güýçlerin tizlenmesi näçe kiçi bolsa, onuň tizligi (t) wagty içinde şonçada az üýtgeýändir. Tizligi az üýtgeýän jisime beýleki jisime göre inertlidir diýilýär.

Inertlilik diýmek-jisimlerin tizligini üýtgetmek üçin oňa başga bir jisimiň käbir wagtlap täsir etmeginiň gerekdigi.

Meselem: jisimlerin giňişligiň käbir bölegini tutmak häsiýeti onuň göwrümi bilen aňladylar.

Özara täsir edýän iki jisimiň tizlenmeleriniň absolýut bahalaryny, gatnaşygy, olaryň massalarynyň ters gatnaşygyna deňdir.

$$\frac{\left| \begin{matrix} \vec{a}_1 \\ \vec{a}_2 \end{matrix} \right|}{\left| \begin{matrix} \vec{a}_2 \\ \vec{a}_1 \end{matrix} \right|} = \frac{m_2}{m_1} ; \quad \frac{\left| \begin{matrix} \vec{a}_1 \\ \vec{a}_2 \end{matrix} \right|}{\left| \begin{matrix} \vec{a}_2 \\ \vec{a}_1 \end{matrix} \right|} = 3$$

ýagny Al silindriň massasynyň, polat silindriň massasynda üç esse kiçidigini aňladýar.

Islandik jisimiň massasyny ölçemek gerek bolsa, ony çekmek arkaly kesgitlenilýär. Ýeriň, planetalaryň, atomlaryň, molekulalaryň, massalaryny çekmek arkaly ölçäp bolýar. Olaryň massalaryny diňe tizlenmeleriniň gatnaşygy arkaly kesgitläp bolýar. *Massanyň tizlige köpeltmek hasylyna jisimiň impulsy (hereket mukdary) diýilýär* we ol aşakdaky ýaly ýazylýar:

$$p = m \cdot v$$

bu deňleme arkaly material nokadyň impulsy kesgitlenilýär.

Bölejigiň impulsynyň üýtgame tizligi şol bölejige täsir edýän (F) güýje deňdir diýip tassyklanylýar. Bu ýerde bölejik diýlende material nokat göz önünde tutulýar we ol kanun aşakdaky ýaly ýazylýar, ýagny:

$$\frac{dp}{dt} = F$$

bu deňlemä hem bölejigiň hereket deňlemesi diýilýär. Şu deňlemede impulsyň bahasyny goýup alarys.

$$\frac{d}{dt}(mv) = F$$

hem-de $m=const$ diýip we $\frac{dv}{dt} = a$ - bölejigiň tizlenmesi

diýip, aşakdaky baglanyşygy alarys.

$$m \cdot \vec{a} = \vec{F}$$

Jisime täsir edýän güýç şol jisimiň massasynyň, güýjüň oňa berýän tizlenmesine köpeldilmegine deňdir.

Eger jisime başga birnäçe güýç täsir edýän bolsa, onda olary parallelogram düzgüni boýunça jemleşdirip almaly. Jisimleriň güýjüň we jisime täsir edýän güýçler bir-birine baglanyşyksyz diýip göz önüne getirmeli.

Güýjüň ölçeg birligi Nýutonyň II kanunyň formulasyndan alynýar. Güýji ölçemek üçin dinamometr diýlen abzal niýetlenendir.

Maýyşgaklyk güýji puržiniň süýnmegine proporsionaldyr.

$$F_{may} = -kx$$

x – puržiniň süýnmeği k – puržiniň gatylygy

Jisimler biri- birine görä hereket etseler, onda olaryň arasynda elektrik güýjünden başga magnit güýçleri hem ýüze çykýar. Ol güýçler bir-biri bilen şeýle bir berk baglanyşykly olary hatda bilelikde täsir edýärler, şol sebäpli hem ol güýçlere elektromagnit güýçleri diýilýär.

Biz häzir grawitasiýa güýçlere seredeliň. Inlis alymy I. Nýuton 1667-ýylda diňe Ýer özüne ähli jisimleri dartman eýsem , hemme jisimleriň arasynda hem dartyş güýji bardyr diýen pikiri

orta atýar.. Jisimleriň nähili güýç bilen dartýşýandygyny gözümiz bilen göreminizok, sebäbi ol güýç örän kiçidir. Ol güýçleriň duýarlyk bolmagy üçin jisimleriň massalary, ýeterlik uly bolmalydyr. Nýuton ýeriň berlen nokadynda erkin gaçmasynyň tizlenmesiniň jisimleriň massalaryna bagly dældigine Ýeriň jisimi özüne dartýan F -güýjüniň onuň (m) massasyna proporsional bolmagy bilen düşündirýär, ýagny jisimiň massasy 2 esse artsa F güýç hem iki esse artýar. Emma $\frac{F}{m} = g$ gatnaşyk hemişelik bolup galýar.

Bütindünýä dartylma kanunynyň formulasy aşakdaky ýaly bolup:

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$$

islendik iki sany material nokadyň arasyndaky dartýş güýji olaryň massalarynyň köpeltmek hasylyna göni proporsionaldyr we arasyndaky uzaklygyň kwadratyna ters proporsionaldyr.

Bu ýerde G koeffisiýente bütindünýä dartylma hemişeligi ýa-da grawitasiýa hemişeligi diýilýär; R -nokatlaryň arasyndaky uzaklyk; m_1 we m_2 - nokatlaryň massalary.

G hemişeligiň fiziki manysy: eger-de $m_1=m_2=1 \text{ kg}$ we $R=1 \text{ m}$ bolsa onda $F=G$ bolar.

Grawitasiýa hemişeligi aralyklary 1m we her biriniň massasy 1 kg bolan iki jisimiň, arasyndaky dartylma güýjüne san taýdan deňdir. Onuň ölçeg birligi

$$[G] = \left[\frac{F \cdot R^2}{m_1 \cdot m_2} \right] = \left[\frac{N \cdot m^2}{kg^2} \right]$$

G -ny eksperimental ýol bilen kesgitläp bolýar. Onuň san bahasy aşakdaka deňdir:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$$

Bütindünýä dartylma güýjüniň ýüze çykmaklarynyň biri hem agyrylyk güýjüdür. Ýagny jisimleriň ýere dartylma güýjüdür. Ýeriň massasy M radiusy R , jisimiň massasy m bolsa, onda ýeriň

üstünde ýakyn duran jisime täsir edýän güýç bütindünýä dartylma kanuna laýyklykda aşakdaky deňdir.

$$F = G \frac{M \cdot m}{R^2}$$

Eger jisime diňe şol güýç täsir edýän bolsa onda ol ýokardan erkin aşak gaçar. Nýutonyň II kanuny peýdalanylýan deňlemäni tapmak bolar.

$$F = ma; \quad P = mg$$

$$g = \frac{F}{m} = G \frac{M \cdot m}{R^2 \cdot m} = G \frac{M}{R^2}$$

Bu ýerden erkin gaçmanyň g-tizlenmesiniň jisimiň massasyna bagly däldegi we hemme jisimler üçin birmeňzeşdigi gelip çykýar. Onda ýer bilen bagly bolan hasaplaýyş ulgamynda her bir jisime aşakdaky ýaly güýç täsir edýär, ýagny

$$P = mg$$

m -jisimiň massasy.

Bu güýje agyrlýk güýji diýilýär. Bu güýç takmynan jisimleriniň ýere grawitasiýa dartylma güýjüne deňdir. Erkin gaçmanyň tizlenmesi dürli giňişlikde dürli bolýar.

Ýer şarynyň emele geliş döwründe, heniz onuň üstki gatlagy doly gatap ýetişmänkä agyrlýk güýjüniň täsiri aslynda ýeriň massasynyň bir bölegi polýuslardan ekwatora tarap süýşüpdir, ýagny polýuslaryň ýakynynda Ýer şary birneme süýnmegräkdir. Şu ýagdaý hem az mukdarda erkin gaçmanyň tizlenmesine täsir edýär. Ýöne Ýer şarynyň öz okunyň daşynda haýal aýlanýanlygy sebäpli dartylma güýji $|F|$ bilen agyrlýk güýjüniň $|P|$ tapawudyny hasaba almasaň bolýar.

g -niň bahasy polýusda $g = 9,83 \frac{m}{s^2}$, ekwator

$g = 9,78 \frac{m}{s^2}$; 45° giňişlikde $g = 9,8 \frac{m}{s^2}$ deňdigi bellidir.

1.6. Mehaniki iş, energiýa, kuwwat

Energiýa we iş diýilen düşüňjeler gündelik durmuşda giňden ulanylýar. Bu düşüňjeler bir-biri bilen berk baglaşyklydyr. Mysal üçin energiýasy köp ýa-da işeňňir adam diýýäris. “Energiýa” grek sözi bolup “işjeňlik” diýilmegi aňladýar. Belli bolşy ýaly energiýanyň zapasyny köpeldýäris. Meselem sagada tow bermek bilen iş edilýär. Ýagny pružiniň energiýasyny döredýäris. Şonuň üçin sagat durman işleýär.

Energiýa hereketiniň we matariýanyň özara täsiriniň umumy mukdar ölçegidir. Energiýa ýitip gitmeýär hiç zat ýok ýerden döremeyär. Ol diňe bir görnüşden beşga bir görnüşe geçýär. Energiýanyň köp dürli görnüşleri bar. Yagny mehaniki, içki, elektromagnit energiýalary.

Mehaniki energiýa iki görnüşde bolup bilýär. Ilki bilen mehaniki işe seredip geçeliň. Mysal üçin traktor ulagy sürände, awtrokran ýüki ýokary galdylanda ýa-da adam haýsy hem bolsa bir zady süşürse olar iş edýär diýilýär. Şu ýagdaýlaryň hemmesinde hem umumy zat haýsy hem bolsa bir güýjiň täsiri netijesinde jisim belli bir aralyga süşürilýär. Şonuň üçin hem güýç iş edýär diýilýär.

Iş näme? Hemişelik \vec{F} -güýjiň täsiri astynda jisim şol güýjiň ugruna \vec{S} ornuny üýtgetse, onda güýç bilen orun üýtgemäniň absolyut bahalarynyň köpeltmek hasylyna iş diýilýär:

$$A = |\vec{F}| \cdot |\vec{S}| \quad (1)$$

Mehanikadaky iş düşüňjesi durmuşdaky iş bilen käbir ýagdaýlarda gabat gelmeýär. Mysal üçin: adam agyr ýüki elinde saklap ýadasa ol iş etdim diýýär. Emma ol mehaniki iş etmeýär. Ýagny $|\vec{F}|$ -güýç, m-massaly jisimiň $|\vec{P}|$ agyrlık güýjini deňagaramalaşdyryň, ony aşak gaçmakdan saklaýar. Diýmek \vec{F} -güýç iş etmeýär. Eger-de jisim gorizonta ugur boýunça \vec{S} ornuny üýtgetse, \vec{F} -şonda-da iş etmeýär. Sebäbi ol ene-de jisimi aşak gaçmakdan saklaýar.

Güýjiň iş, etmegi üçin onuň güýjiniň ugruna orun üýtgemegi hökmandyr. Onuň üýtgemä \vec{S} perpendikulýar bolan güýç hem şol ýolda iş etmeýär.

Eger hereket edýän jisime täsir edýän güýç, jisimiň hereket ugruna käbir α burç bilen ugrukdyrylan bolsa, şol güýjiň edýän işini hasaplalyň.

Sanilere täsir edýän \vec{F} -güýç gorizonta α burç bilen ugrukdyrylandyr. Onuň üçin \vec{F} güýji iki iş \vec{F}_1 we \vec{F}_2 güýçlerini eden işleriniň jemine deňdir. Ýöne \vec{F}_2 güýç sanileriň hereket ugruna perpendikulýandyr we ol iş etmeýär. Şol sebäpli \vec{F}_1 güýjiň işine deňdir. Çyzgydan görmüşi ýaly: $A = |\vec{F}| \cdot |\vec{S}|$

$$\vec{F}_1 = |\vec{F}| \cos \alpha$$

$$A = |\vec{F}| \cdot |\vec{S}| \cos \alpha$$

Iş we orun üýtgetme wektor ululyk bolsa hem işiň skalyar ululykdygy formuladan görünýär.

Güýç we orun üýtgetme wektor ululyk bolsa hem işiň skalyar ululykdygyny soňky formuladan görünýär. Iş haýsy hem ugra ugrukddyrylandyr diýip aýtmak bolmaz. Eger \vec{F} güýjiň ugry S orun üýtgemäniň ugryna gabat gelyän bolsa onda burç $\alpha = 0, \cos \alpha = 1$. Ýagny F bilen S ugry gabat gelse iş položitelidir.

Ýagny: $A = |\vec{F}| \cdot |\vec{S}|$

Eger α kütäk burç bolsa, onda $\cos \alpha$ otrisatel bahany alýar. Ýagny $\alpha = 180^\circ$ bolsa onda $\cos \alpha = -1$ we iş:

$$A = -|\vec{F}| \cdot |\vec{S}|$$

ýa-da $\alpha > 90^\circ$ ($\cos \alpha < 0$) $\cos \alpha$ otrisatel bolyar.

Üçünji ýagdaýda güýjiň ogrunyň hereket edýän jisimiň orun üýtgetmesine perpendikulýar bolmagy mümkindir. Onda

$\alpha = 90^0, \cos \alpha = 0, A = 0$. umumy ýagdaýda güýç üýtgemeyän bolsa, orun üýtgetme egriçyzykly we burç hem erkin üýtgeýän bolsa iş nähili hasaplamalydygyny görelň.

Onuň üçin orun üýtgetmäni örän kiçjik bölejiklere böleliň. Ýagny şol aralykda güýji we burçy üýtgemeyär diýip kabul edip bolar ýaly aralyga çenli. Elementar iş aşakdaka deň bolar:

$$dA = |\vec{F}| \cdot |d\vec{S}| \cos \alpha = (\vec{F} \cdot d\vec{S})(a)$$

ýagny iki sany wektor skalýar ululygy berýär we ol wektorlaryň modullarynyň olaryň arasyndaky kosinus burçuna köpeldilmegine deňdir:

$$(\vec{a} \cdot \vec{b}) = ab \cos \alpha$$

$$(\vec{a} \cdot \vec{b}) = a_b \cdot b = b_a \cdot a$$

$$(\vec{a} \cdot \vec{b}) = (\vec{b} \cdot \vec{a})$$

umumy iş elementar işleriň jemine deňdir:

$$A = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n (\vec{F}_i \cdot \Delta \vec{S}_i) = \int_S (\vec{F} \cdot d\vec{S})(b)$$

Hereket edýän jisime birnäçe güýç goýlan bolsa, onda şol güýçleriň her biri iş edýändir, güýçleriň hemmesiniň umumy işi bolsa aýry-aýry güýçleriň eden işleriniň algbraik jemine deňdir.

Eger güýç üýtgemeyär diýilip kabul edilse, onda \vec{F} integralyň daşyna çykararys we $\alpha = 0$ bolar, onda: $A = |\vec{F}| \cdot |\vec{S}|$. Şunlukda

başdaky formulamyza geldik. Eger-de güýç orun üýtgetmä islendik görnüşi ýaly bolsa onda elementar iş (a) formuladan görnüşi ýaly ştrihlenen bölejikleriň meýdanyna deňdir. Umumy S_1 we S_2 çenli orun üýtgetmedäki iş şol egri çyzyk bilen çäklendirilen figuranyň meýdanyna deňdir (b) formula.

Edilýän iş orun üýtgetmäniň formasyna bagly bolan, diňe onuň başlangyç we ahyrky ýagdaýlaryna bagly bolýan güýçlere *konserwatiw* güýçler diýilýär. Nokat I ýagdaýdan II ýagdaýa A_1 we A_2 boýunça geçende olar $A_1 = A_2$. E gerde nokady II ýagdaýdan I ýagdaýa ikinji ýol bilen geçirsek ol A_2 deň bolar. Ýa-da başgaça

nokady I-II-I ýapyk kontur boýunça geçirsek iş $A=0$ bolar: $A_1+(-A_2)=0$ diýmek, konserwatiw güýçleriň ýapyk kontur boýunça edýän işleri nola deňdir.

Mehanakda maýyşgaklyk we gravitasion güýçler konserwatiw güýçlere degişlidir. Şu güýçleriň edýän işleri soňky paragraflarda hasaplarys. Öň aýdyp geçişimiz ýaly gorizonta ugurda hereket edýän jisime täsir edýän agyrylyk güýjiniň işi nola deňdir. Sebäbi \vec{P}_1 orun üýtgetmä perpendikulýardyr. Jisimi töwerek boýunça deňölçegli hereket etmäge mejbur edýän güýç hem hiç hili iş edýän däldir. Sebäbi ol güýç töweregiň merkezine ugrukdyrylandyr, ýagny islendik nokatda jisimiň orun üýtgetmesiniň ugruna perpendikulýardyr. Meselem, töwerek boýunça deňölçegli hereket edýän jisimiň daňylan sapagynyň dartylş güýji iş etmeýär. Bütindünýä dartylma güýjiniň täsiri astynda Ýeriň emeli hemralary tegelek orbita boýunça hereket etseler hem, ol güýç iş etmeýär. Jisime goýlan edil şol bir güýç hem položitel hem otrisasel iş edip biler. Pružine berkidilen we aşak gaçýan jisime pružiniň ýokary ugrukdyrylan agyrylyk güýji täsir edýär. Bu ýagdaýda ýüküň orun üýtgetmesi aşak ugrukdyrylandyr. Onda agyrylyk güýjiniň edýän işi položitel we pružiniň maýyşgaklyk güýjiniň işi otrisaseldir. Sebäbi ugry gabat gelse položitel we tersine bolsa otrisaseldir.

Haçan-da jisim iň aşakdaky ýagdaýyna baryp, ýokary hereket edip başlasa, F-maýyşgaklyk güýjiniň işi položitel we agyrylyk güýjiniň işi otrisasel bolýar. Ýagny şol bir işleriň güýçleriň hem položitel hem otrisasel bolup bilýändigini gelip çykýar. Emma süetülme güýji barada gürrün açylanda bu taglymatyň manysy gaçýar. Şol halda sürtülme güýjiniň garşysyna ugrukdyrylandyr. Şeýlelikde şol güýjiň işi hemişe otrisaseldir. Haýsy bolsa bir güýjiň işi otrisasel bolanda şol güýjiň garşysyna iş edilýär diýilýändigini belläliň. Meselem ýük ýokary göterilenden göteriji kranyň tonusynyň dartylş güýji agyrylyk güýjiniň garşysyna iş edýär. Lokamatiwiň demir ýol sostawyna täsir edýän güýjiň tigirleriniň garşylyk güýjiniň garşysyna iş edýär, we ş. m. diýilip aýdyp bolýar.

Iş ulgamda güýjiň birligi 1N we orun üýtgemäniň birligi 1m. Şol sebäpli iş birligi deregine 1N güýjiň öz goýlan nokadynyň ornuny 1m üýtgedendäki eden işi kabul edilyär. Oňa Joule diýilýär: $A = FS / 1j = 1N1m /$

SGS ulgamda iş birligi deregine Erg kabul edilyär. 1 Erg-1 dina güýjiň goýlan nokadynyň ornuny 1 sm üýtgedendäki işigir. $1\text{Erg} = 1 \text{ din } 1\text{cm}; 1\text{N} = 10^5 \text{ din}; 1\text{J} = 10^5 \text{ din } 10^2 \text{ cm} = 10^7 \text{ Erg}.$

Agyrlyk güýjiniň işi. Agyrlyk güýjine täsir edýän jisimiň potensial energiýasy. Biz häzir agyrluk güýjiniň edýän işini hasaplaýň. Jisim wertikal aşaklygyna hereket edende agyrluk güýjiniň ugry orun üýtgetmä gabat gelýär. Jisim h_1 beýiklikden h_2 beýiklige ornuny üýgedende ol iş edýär. İş položitelidir. Sebäbi agyrluk güýjiniň ugry orun üýtgetmä gabat gelýär. Ol iş $A = mg(h_1 - h_2).$

Şu ýerde beýikleriň tapawudy girýär. Şonuň üçin eger B nokady nol derejeli diýip bellesek, onda iş $A = mgh$ deň bolar.

Eger jisim wertikal ýokarlygyna hereket edýän bolsa ,onda onuň işi otrisateldir. Sebäbi agyrluk güýjiniň ugry orun üýtgetmä garşylyklydyr: $A = -mgh$. Eger jisim ýapgyt tekizlik boýunça hereket etse onda onuň eden işi: $A = mg \cos \alpha \cdot S$ bu ýerde $S \cdot \cos \alpha = h$ bolany üçin S-orun üýtgetme. Onda

$$A = mgh.$$

Agyrluk güýjiniň işi ýapgyt tekizlik üçin hem şol bir aňlatma bilen kesgitlenýändigig gelip çykdy.

Girişde belläp geçişimiz ýaly fizika predmaty materiýanyň hereketiniň dürli görnüşlerini öwrenýär. Ýöne materiýa hereketiniň bir görnüşinden başga görnüşlerine hem geçip bilýär. Onda herket üýgände hem öz manysyny saklap bilmeýän hereketi häsiýetlendirýän mazmuny giň bolan ölçegi bolmalydyr. Materiýanyň hereketiniň ölçegi bolup hem energiýa hyzmat edýär.

Sistemanyň energiýasy iş prosesiniň dowamynda üýgeýär. ýagny iş-munuň özi prosesdir. İş etmezden ön sistemanyň belli bir energiýasy bardyr. İş edilenden soň sistemasynyň haýsy hem bolsa energiýasy galýar. Emma işi “zapas” üçin ýygnap bolmaýar. Şu ýerden işiň täze bir önüm wajyp

kesgitlemesi hem gelip çykýar. Ýagny güýjiň täsiri astynda energiýanyň üýtgemek prosesine we şol üýtgemäniň mukdar ölçegine-iş diýilýär.

Diýmek energiýany hem işiň ölçeg birliginde öçeýärler. Mehanikada kinetik we potensial energiýa diýip, energiýany iki bölege bölýärler. *Jisimler ulgamynyň hereketi esasynda ýüze çykýan energiýa-kinetik energiýa diýilýär.* eger ulgamyň hemme jisimleri dynçlykda bolsa, onda onuň kinetik energiýasy nula deňdir. jisime täsir edýän güýç oňa tizlenme berýär, ýagny onuň tizligi üýtgeýär. Diýmek kinetik energiýasy hem üýtgeýär. Şol bir wagtda ol güýç käbir iş edýär. Onad kinetik energiýanyň üýtgemegi bilen edilen işiň arasynda baglansyk bardyr. Şol baglansygy hem tapalyň. Goý jisim \vec{g}_1 tizlik bilen herket edýän bolsun. Ol käbir t wagtdan soň \vec{g}_2 tizlige eýe bolar. Bu ýagdaýda güýjiň edýän mehaniki işi $A = F \cdot S$ (1) deňdir.

Nýutonyň ikinji kanuny boýunça $F = ma$ (2). Başga bir tarapdan deňtizlenýän herketiň orun üýtgetmesiniň formulasyndan alyrs:

$$S = \frac{g_2^2 - g_1^2}{2a} \quad (3)$$

bu ýerde \vec{g}_1 we \vec{g}_2 S ýolunyň başdaky we ahyrdaky tizligi. (2) we (3) deňlemeden peýdalanyň:

$$A = F \cdot S = \frac{m(g_2^2 - g_1^2)}{2} = \frac{m g_2^2}{2} - \frac{m g_1^2}{2}; \quad A = E_{k2} - E_{k1}$$

Jisime goýlan güýçleriň täsir edijisiniň jisimiň kinetik energiýasynyň üýtgemesine deňdir. Bu tassyklama *kinetik energiýa baradaky* teorema diýilýär. Eger iş položitel bolsa, onda

$$\frac{m g_2^2}{2} - \frac{m g_1^2}{2} > 0 \text{ bolýan bolsa, onda}$$

$$\frac{m g_2^2}{2} > \frac{m g_1^2}{2}.$$

Jisimiň tizlikleriniň dürli hasaplanýş ulgamlarynda dürli baglanşyklary üçin onuň kinetik energiýasy tapawutlydyr. Diýmek kinetik energiýa otnasiteldir.

Jisimler ulgamyň kinetik energiýasy şol ulgamlardaky jisimleriň aýry-aýry kinetik energiýalarynyň jemine deňdir.

$$E_k = \sum_{i=1}^n E_{ki}$$

Ulgamyň kinetik energiýasynyň üýtgemesi ulgamyň aýry-aýry jisimleriniň kinetik energiýalarynyň üýtgemekleriniň jemine

deňdir:

$$dE_k = d \sum_{i=1}^n E_{ki} = \sum_{i=1}^n dE_{ki}$$

Indi bir jisimiň kinetik energiýasynyň üýtgemegi şol jisimi düzyän material nokatlaryň kinetik energiýalarynyň üýtgemegine deňdir.

Häzir bir material nokadyň kinetik energiýasynyň üýtgemesine seredeliň. Onuň massasy m , \vec{g} täsir edýän güýç \vec{F} bolsun. Şol nokada täsir edýän güýçleriň elementar işi aşakdaky formula bilen kesgitlenilýär.

$$\begin{aligned} dA &= (\vec{F} \cdot d\vec{S}) = \left(\frac{d\vec{P}}{dt} \cdot d\vec{S} \right) = \left(d\vec{P} \frac{d\vec{S}}{dt} \right) = (d\vec{P} \cdot \vec{g}) = \vec{g} \cdot d(m\vec{g}) = \\ &= m \cdot \vec{g} (d\vec{g}_\tau + d\vec{g}_n) = m(\vec{g} d\vec{g}_\tau) + m(\vec{g} \cdot d\vec{g}_n) = m\vec{g} d\vartheta \end{aligned}$$

Haçanda $\delta \ll c$ bolsa, klassiki mehanika boýunça m -i memişelik diýip kabul edip differensialyň önüne çykaryp bileris.

Güýjiň potensial düzüjisi iş edýär. Normal düzüji bolsa, perpendikulýar bolany sebäpli hiç hili iş edilmeyär. Şol güýçlere täsir edýän güýçleriň edýän işleri:

$$A = \int_S (\vec{F} d\vec{S}) = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} m \vec{g} d\vartheta = m \frac{\vartheta^2}{2} \Big|_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} = \frac{m \vartheta_2^2}{2} - \frac{m \vartheta_1^2}{2} = E_{k2} - E_{k1}$$

Bu iş nokadyň kinetik energiýasynyň üýtgemesiniň ölçegi bolup durýar. Sistemanyň kinetik energiýasy material nokatlaryň kinetik energiýasynyň jemine deňdir.

$$E_k = \sum_{i=1}^n E_{ki} = \sum_{i=1}^n \frac{m_i g_i^2}{2}$$

m_i - massa, g_i - material nokatlaryň tizlikleri, n - ulgama girýän ähli material nokatlaryň sany. Gatnaşyga girýän obsolyut gaty jisim üçin kinetik energiýa

$$E_k = \sum_{i=1}^k \frac{m_i g_i}{2} = \frac{g^2}{2} \sum_{i=1}^k m_i = \frac{m g^2}{2}$$

k - obsolyut jisimiň material nokady.

Ýagny jisimiň kinetik energiýasynyň artýandygyny aňladýar. Iş otresasel bolsa, onda kinetik energiýa kemelýär. Ýagny güýç tizliginiň ugruna bolup ony azaldýar:

$$\frac{m g_2^2}{2} - \frac{m g_1^2}{2} > 0; \quad \frac{m g_2^2}{2} > \frac{m g_1^2}{2}$$

Kinetik energiýanyň fiziki manysy näme? Dynçlykda duran m -massaly jisime g tizlik bermeli, meselem topuň nilindäki duran snaryada. Onuň üçin belli bir A iş etmeli, ýagny:

$$A = \frac{m g^2}{2} - \frac{m g_0^2}{2} = \frac{m g^2}{2} - 0 = \frac{m g^2}{2}$$

Şeýlelikde g - tizlik bilen hereket edýän m -massaly jisimiň kinetik energiýasy, dynçlykda duran jisime şol tizligi beren güýjiň etmeli işine deňdir

Kuwwat

Her bir maşynyň mehanizmiň iş edip bilijilik ukyby kuwwat diýen ululyk bilen häsiýetlendirilýär.

Maşynlaryň ýa-da mehanizmleriň kuwwaty edilen işiň ýerine ýetirilen wagtyň pursadyna bolan gatnaşygyna deňdir.

Ýagny: $N = \frac{A}{t}$ bu ýerde: N - kuwwat, onuň ölçeg birligi Halkara - ulgamda Waatdyr. $1 \text{ Wt} = 1 \text{ J/S}$, başga-da $1 \text{ kWt} = 1000 \text{ Wt}$ we $1 \text{ MWt} = 10^6 \text{ Wt}$. Eger formuladan A tapsak: $A = Nt$. Işiň ölçeg birligidir. Şol sebäpli kWt/sag we MWt/sag peýdalanylýar.

$$1kWt \cdot sag = 100Wt \cdot 3600sek = 3,6 \cdot 10^6 Wt \cdot s = 3.6 \cdot 10^6 J$$

Potensial energiýa özara täsir energiýasydyr. Biz kinetik we potensial energiýa barada gürrün edenimizde aýry-aýry jisimleriniň energiýasy barada gürrün edipdik. Ýöne welin munuň özi gaty dogry däl. Eger gürrün $\frac{m\vartheta^2}{2}$ -kinetik energiýa hakda

barýan bolsa, onda ony dogrudan hem belli bir ϑ -tizlik bilen (saýlanyp alnan hasaplanylş sistemasyna otnasitellikde) hereket edýän jisime degişli etmek bolar. Potensial energiýany bolsa jisim öz-özünden edinip bilmez.

Potensial energiýa jimine başga bir jisimiň täsir edýän güýji bilen kesgitlenilýär. Emma özara täsir edişýän jisimler deňhukuklydyrlar. Şoňa görä-de diňe özara täsir edişýän jisimler deňhukuklydyrlar. Şoňa görä-de diňe özara täsir edişýän edişýän jisimleriniň potensial energiýasy bardyr. Potensial energiýa jisimleriniň özara täsir energiýasydyr.

Mysal üçin: jisim Ýeriň üstünde bolup oňa $m\bar{g}$ agyrylyk güýji edýärkä, ol jisimiň özi hem Ýere- $m\bar{g}$ güýç bilen täsir edýär. Şoňa görä-de diňe bir jisimiň ýa-da diňe bir Ýeriň potensial energiýasy boman, eýsem Ýer bilen jisimden ybarat bolan jisimler sistemasynyň potensial energiýasy bardyr. Eger hasaplanylş ulgamyny potensial energiýasy bardyr. Eger hasalanylş ulgamyny we nulunjy derejäni Ýeriň üsti bilen baglanşdyrsalar, onda gysgalyk üçin Ýeriň üstüne golaý duran jisimiň potensial energiýasy bar diýip aýdýarlar. Biz ýokarda şeýle hem etdik.

Maýyşgak deformirlenen mysal üçin pružin bolan halda, jisimiň her bir nokadynyň potensial energiýasy bolaman, eýsem bir-biri bilen özara täsir edilýän nokatlardan ybarat bolan tutuş jisimiň potensial energiýasy bardyr.

Özara täsir güýjiň jisimleriniň koordinatalaryna baglydygy özara potensial energiýa hem olaryň koordinatalaryna baglydyr. Potensial energiýasy şu häsiýeti bilen kinetik energiýadan tapawutlanýar.

Şeýlelik bilen, jisimiň sistemasynyň potensial energiýasy jisimler ulgamy nulunjy derejä geçende ediljek ähli işine deňdir.

Kinetik energiýa bolan halda nulunjy dereje jisimiň tiziliginiň nula deň bolan ýagdaýdyr.

Umuman jisimiň ýa-da jisimler ulgamynyň energiýasy jisim ýa-da jisimler ulgamynyň nulunjy derejä geçende ediljek ähli işine deňdir.

Biz agyrlyk güýjiniň we maýyşgaklyk güýjiniň edýän işlerini hasapladyk. Indi bolsa sürtülme güýjiniň edýän işini hasaplaýalyň. Bilşimiz ýaly sürtülme güýji galataşyk duran jisimler biri-birine görä hereket edende ýüze çykar. Sürtülme güýji elmydama hereketiň garşysyna ugrukdyrylandyr we jisimleriň koordinatalaryna özara ýerleşişlerine bagly dälendir.

Şol sebäpli sürtülme güýjiniň işini potensial energiýanyň üýtgemesi görnüşinde görkezmek bolmaz. Ýöne welin kinetik energiýa baradaky teoremadan peýdalanyň, ony hasaplap bolar:

$$A = \frac{m g_2^2}{2} - \frac{g_1^2}{2}$$

Sürtülme güýjiniň tizlik wektorynyň garşysyna ugrukdyrylandygy üçin $|\vec{g}_2| < |\vec{g}_1|$ we şoňa görä-de A-işiň otrisasel alamaty bardyr.

Sürtülme güýjiniň hereketiniň garşysyna ugrukdyrylandygy sebäpli, jisim ýapyk traýektoriya boýunça hem hereket etse, sürtülme güýjiniň işi nula deň dälendir.

Ýokary zyňlan jisimiň hereketinde jisim ýokary galdygyça onuň kinetik energiýasy ýuwaş-ýuwaşdan kemelip, potensial energiýa artýar. Jisim aşak gaçanda onuň potensial energiýasy kinetik energiýa öwrülýär.

Emma gorizontal üstden barýan jisim käbir aralygy geçende onuň kinetik energiýasy azalýar we ol potensial energiýa öwürülenok. Emma bu diňe şeýle ýaly bolup görünýär. Hakykatda bolsa sürtülme prosesinde jisimleriň ikisi hem gyzýar. Olaryň temperaturasy ýokarlanýar. Jisimleriň temperaturasy

ýokarlandygyça olary düzyňan molekulalaryň tizligi artýar. Onda jisimiň kinetik energiýasy hem şonça artýandyr.

Şeýleleikde mehaniki energiýa energiýanyň mehaniki däl formasyna - jisimi düzyňan bölejikleriň hereketiniň içki energiýasyna öwürülip bilýär.

Energiýanyň saklanma kanuny ýapyk sistemadaky energiýanyň hemme görnüşleriniň jisiminiň saklanýandygyny aňladýar.

1.7. Hidrostatikanyň elementleri

Gidrostatikada praktiki taýdan gysylmaýan göwrümi barda öz formasy bolman, guýulan gabynyn formasyny alyan suwuklyklaryň deňagramlylyk şerti öwrenilýär.

Aerostatikada gazlaryň deňagramlylyk şerti öwrenilýär. Suwuklyklaryň we gazlaryň esasy hasiýetnamalarynyň biri basyşdyr.

Birlik üste normal boýunça täsir edýän güýç bilen ölçenilýan fiziki ululyga basyş diýilýär.

Basyş skalýar ululykdyr. Basyşyň ölçeg birligi Paskaldyr.

$$P = F / S$$

Basyş güýji bilen basyşy garyşdyrmaly däldir. Mysal üçin massasy 40 tonna bolan tank adamyň geçip bilmejek batgalygyndan geçip biler, sebabi onuň basyş güýji adamyňkydan uludyr, ýöne basyşy kiçidir.

Suwuklyk bilen gaty jisim galtaşanda oňa üste perpendikulýar bolan güýçler täsir edýar.

Goý, suwuklyga diňe basyş güýji tasir etsin. Bu ýagdaý diňe suwuklyk uly basyş atynda gabýň içinde ýerleşende bolýar. Bu ýerde basyş güýji bilen deňeşdireniňde suwuklygyň öz agramyny hasaba almasaň hem bolýar.

Şeýle mysala seredeliň. Silindrik göwrimli kiçijik suwuklyk göwrümini bölüp alalyň. Şol göwrüme tasir edýan güýçleriň deňtasiredijisi O deň bolsa, onda ol suwuklyk göwrümi deňagramlylykda bolar. Silindriň gapdal üstüne tasir edýan

güýçler onuň okuna perpendikulýardyr. Diýmek, silindriň okunyň ugry boýunça diňe F_1 we F_2 güýçler tasir edýarler we olar biri-biri bilen deň agramlaşýarlar. Ýagny $F_2 - F_1 = 0$ $P_2 \cdot S = P_1 \cdot S$

$$F_2 = F_1$$

Diýmek, suwuklyga diňe basyş güýji tasir edýan bolsa onda onuň hemme nokatlarda basyşy birmeňzeşdir. Eger-de suwuklyga dasyndan F güýç täsir etse, onda P_1 we P_2 basyşlar F güýjuň ululygyna görä üýtgarler. Ýöne $P_1 = P_2$ deňlik saklanýar. Paskalyn kanuny: Suwuklyk ýa-da gaz daşky güýçler tarapyndan edilýan basyşy hemme ugurlar boýunça üýtgetmän geçirýar. Paskalyň kanunyny tassyklaýan tejribe.

Suwuklykdan ýa-da gazdan doldurylan aşagy şar şekilli gaba porşen iterilende suwuklyk ýa-da tüsse onuň hemme deşiklerinden birmeňzeş tizlik bilen çykar. Suwuklyklaryň we gazlaryň özlerini alyp basyşlarynda birnäçe meňzeşlikler bardyr. Olaryň ikisine hem akyjylyk mahsusdyr. Ýagny, olaryň öz formasy bolman olar özleriniň ýerleşen gaplarynyň formasyny alyarlar.

Suwuklyk we gaz hemişe kabir derejede gysylan ýagdaýda bolýarlar. Eger-de gazyň kabir mukdaryny tükeniksiz baş giňşirdilende ýerleşdiran onda ol giňelip başlar we gaz deňagramlylyk ýagdaýyna hiç wagt gelip bilmez. Wagtyň geçmegiň bilen giňçiligiň her ýerinde biri-biri bilen daş agralykda ýerleşen molekulalar gabat gelmeli bolar. Diýmek gazy tukuniksiz giňeltmekden saklamak üçin ony gaba salmak gerekdir ýa-da haýsy hem bolsa bir güýç meýdanynda saklanmalydyr. Bu ýagdaýlaryň ikisinde hem gaz basyş zerarly gysylan halda bolýar, şoňa mysal edip ýeriň dartýş güýjüni görkezmek bolar, ýagny ol güýç ýeriň töweregindäki atmosfëra howasyny tukeniksiz giňeltmekden saklaýar. Diýmek, gazda hem, suwuklykda hem hemişe kabir basyş bardyr. Şol basyşa hem gidrostatik basyş diýilýar. *Suwuklygyň agramy zerarly edýan basyşyna gidrostatiki basyş diýilýar.* Suwuklygyň üstündäki gidrostatiki basyş nola deňdir.

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

Gidrostatiki basyşyň bardygyny subut edýan tejribe. Agzy ýuka rezin bilen ýapylan guýgujy suwly gaba çümdürsek manometriň gözkezmesi üýtgär. Näçe çuňlaşdyrsak onuň gorkezmesi şonça hem ulalar. Ýöne belli bir çuňlukda guýgujy gorizonta ugurda süýşürsek, onda basyş üýtgemez

Suwuklyga çümdürilen ýokary itekleýji güýjüň bardygyny ilkinji gezek grek alymy Arhimed açypdyr. Şeýle mysala seredeliň Goý, suwuklyga çümdürilen jisim esaslarynyň meýdany S , taraplarynyň uzynlygy H deň bolan kub bolsun. Ol suwuklygyň üst tekizliginden h -çuňluga çümdürilen bolsun. Onuň garşylykly gapdal üstlerine täsir edýän suwuklygyň basyş güýçleri özara deňagramlaşýarlar. Sebabi olar suwuklykda deň şertlerdedir. Emma kubuň ýokarky we aşakly esaslary suwuklygyň üst tekizliginden dürli daşlykda ýerleşenligi üçin şol esaslara tasir edýän güýçler ozara deňagramlaşyp bilmezler, onde suwuklygyň gabyň jisime tasir edýän güýjünden peýdalanyň alarys.

$$F_1 = \rho s g h; \quad F_2 = \rho S g (h+H)$$

F_1 we F_2 – güýçleriň ugurlarynyň garşylykly bolany üçin kuba aşakdan ýokarlygyna itekleýji güýç täsir edýär.

$$F_{itek} = F_2 - F_1$$

Itekleýji güýç tasir edýän, çünki $F_2 > F_1$ onda

$$F_{itek} = \rho \cdot g \cdot H \cdot S$$

Bu ýerde : $HS = V$ -suwuklyga çümdürilen jisimiň göwrümi, onda

$$F_{itek} = \rho g V$$

ýazyp bileris.

Bu fomuladan görnüşine göre suwuklygyň oňa çümdürilen jisime bolan basyş güýçleriniň deňtasiredijisi ululygy boýunça jisimiň göwrümündäki suwuklygyň agramyna deňdir we ugry boýunça ýokarlygyna ugrykdyrylandyr. Şuňa hem Arhimediň kanuny diýilýär.

Arhimediň kanunyňa göre suwuklyklara çümdürilen jisim öz göwrümündäki suwuklygy gysyp çykarýar we oňa şol göwrümdäki suwuklygyň agramyna deň bolan itekleýji güýç bilen aşakdan ýokarlygyna tasir edýar. Bu güýje Arhimed güýji diýilýar.

1. Eger suwuklyga atylan jisimiň agramy Arhimeriň güýjünden kiçi bolsa ($P < F_{\text{itek}}$) onda ol suwuklygyň ýüzünde ýüzer.
2. Eger suwuklyga atylan jisimiň agramy Arhimeriň güýjünden uly bolsa $P > F_{\text{itek}}$ onda ol suwuň düýbüne çümer.
3. Eger suwuklyga atylan jisimiň agramy Arhimeriň güýjüne deň bolsa, ýagny $P = F_{\text{itek}}$ bolsa onda ol jisim suwuklygyň islendik ýerinde deňagramlylyk ýagdaýynda galar.

Ýeriň üstündäki ähli janly organizimler üçin howa okeanyň düýbünde ýaşayar we atmosfera basyşyna serewar bolýar. Suwuň çuň gatlaklarynda ýaşayan balyklaryň örän uly gidrostatik basyşy duýmaýşlary ýaly, adamlar hem daşky atmosfera basyşy duýanoklar.

Atmosfera basyşyny kesgitlemek maksady bilen 1643ý. italyan alymy Toriçelli şeýle tejribe geçiripdir. Ol bir ujy kebşirlenip ýapylan 1 metre golaý aýna turbajygy simapdan doldurýar. Soňra turbajygyň açyk ujuny simap dökülmez ýaly barmak bilen ýapyp simaply gaba çumdurýar we barmagy aýyrýar. Şonda turbasyndaky simabyn bir bölegi gaba dökülýär. Turbajygyň ýokarsynda «Toriçelliniň boşlugy» diýip atlandyrylýan howa giňişligi emele gelýär. Tejribeden görnüşine görä turbajykdaky simabyň hemesi gaba dökülmeýär. Turbajykdaky simap sütüniň agramyny haýsy hem bolsa başga bir güýç deňagramlaşdyrýandyr. Ol güýç gapdaky simabyň üstünden basýan Ýer atmosferanyndaky howa sütüniň agyrylyk güýjüdür. Atmosfera tarapyndan hemme jisimlere edilýan aerostatik basyşa atmosfera basyşy diýilýär.

Normal atmosfera basyşy $P_0 = 760 \text{ mm.sim.süt. deň.}$ Bu birliги HU aşakdaky ýaly geçilýär: $P = \rho gh$ formuladan peýdalanyň $1 \text{ mm.sim.süt.} = [\rho gh] = 13,6 \text{ g/m} \cdot 9,81 \text{ m/sek} \cdot 10 \text{ m} = 133,322 \text{ Pa}$ Atmosfera basyşyny ölçemek üçin barometr ulanylýar.

II. Molekulyar fizika we termodinamika

2.1. Molekulyar-kinetik nazaryýetiň esaslary. Ideal gaz kanunlary

Fizikanyň jisimiň gurluşynyň we fiziki hasiyetleriniň ony duzýan bölejikleriň hereketlerine we özara täsirlerine baglylygyny öwrenýän bölümine molekulýar fizika diýilýar.

Hemme jisimleriň atamlardan ýagny örän kiçik aýry-aýry bölejiklerden ybaratdygyny biziň eramyzdan öň dört asyrdan gadymy gresiyada belli bolupdyr. Ol tagzymatyň esaslandyryjy filosof demokratdyr.

Mehanikada jisimleriň hereketine seredilip geçendir. Fizika örän köp sanly atamlardan ýa-da molekulalardan ybarat bolan jisime makroskopik jisim diýilýar. Mehanika bölümünde jisimleriň gurluşy bilen gyzyklandyrmayar. Molekulýar fizikada mikroskopiki obýektleri öwrenýar. Gadymy grek filosoflary dünýäni düzýän kerpiç atamlardan diýip belläpdirler. Grekçe atomas düşmek bölünmýändigini manyny berýar.

Maddanyň gurluşynyň molekulýar kinetiki nazaryýetiniň esasynda 3 sany tejribe arkaly subut edilen düzgün ýatyr:

1. Madda bölejiklerden ybaratdyr;
2. Ol bölejikler haotik (bitertip) hereket edýärler;
3. Bölejikler biri-biri bilen özara täsir edýärler.

Şu 3-düzgüne aýry aýrylykda seredeliň; 1. Molekulýar kinetik nazaryýetiň esasy düzgünleriň biri jisimleriň molekulalardan ybaratdygyny ykrar etmegidir. Molekula latyn sözi bolup kiçik massa diýen manyny berýär. Molekula bu jisimiň käbir hasiyetini saklayan onuň örän owunjak bölejigidir. Molekulalaryň düzümine atomlar girýär. Atom himiki elementiň himiki hasiyetlerini özünde saklaýan örän kiçik bölejigidir; 2. Maddany düzýän bölejikler üznüksiz bitertip hereket edýärler. Molekulalaryň şeýle hereket edýändigini subut edýän tejribeler diffuziýa, ereme, ysň yayramagy, suwuklyklaryň bugarmagy we ş.m. Kiçik bölejikler

hemişe üzüksiz hereket edýärler. Olaryň hereketi hiç wagt togtamaýandyr we temperaturanyň ulalmagy bilen çaltlanýandyr. Broun hereketi - bu bölejikleriň suwuklykdaky ya-da gazdaky ýylylyk hereketidir we ol hiç haçan togtap bilmez; 3. Bu düzgün molekulalaryň arasyndaky özara täsir güýçleridir. Ol güýçlere molekulýar dartýşma güýçleri diýilýär, bu güýçler molekulalary biri-biriniň yanynda saklaýarlar we suwuk hem-de gaty jisimleri emele getirýärler. Örän golaý aralyklarda molekulalaryň arasynda itekleyji güýçler hem bardyr.

Atom-elektrondan we yadrodan ybarat bolan çylşyrymly sistemadyr.

Molekulalar bitewilikde elektrik taýdan neýtral bolsalar hem golaý aralyklarda olaryň arasynda elektrik güýçleri täsir edýändir. Olaryň arasyndaky çekişme we itekleşme güýçleri örän güýçli derejede molekulalaryň arasyndaky uzaklyga baglydyr.

Maddalaryň hasiýetini öwrenmeklik şol bir maddanyň dürli hilli halda gabat gelyändigini, yagny gaty, suwuk we gaz görnüşde bolup biýändigini görkezdi. Maddanyň şeýle hallaryna onuň agregat hallary diýilýär. Mysal üçin: buz, suw we suw bugy.

Maddalaryň bölejikleriniň ýylylyk hereketleri dürli agregat hallarda bir meňzeş däldir. Bu hereketler atomlaryň we molekulalaryň arasyndaky dartýş we itekleşme güýçlere baglydyr. Aşakda gaz we suwuk we gaty jisimleriň gurluşyna seredeliň. Olaryň hemmesi hem mallekullardan hem atomlardan duryalar. Yöne olaryň arasyndaky dartýş we itekleşme güýçleri dürlidir:

1. Gazlarda atomlaryň we molekulalaryň arasyndaky uzaklyk orta hasap bilen molekulalaryň öz ölçeglerinden kop esse uludyr. Şol sebapli hem gazlar aňsat gysylýarlar. Molekulalar örän uly tizlik bilen hereket edýärler. Olar çaknyşyp edil biýard şarlary yaly biri-birlerinden dürli tarapa serpigip gidýärler. Dartuw guýjüniň gowşak bolany üçin gazlar formasyny hem göwürimini hem saklap bilmeýärler. Molekulalaryň gabyň diwarynda edýän köp sanly urgylary gazyň basyşyny döredýär.

2. Suwuklyklarda molekulalar biri-birine degişip diýen yaly yerleşendirler. Şol sebäpli ol goňşy molekulalar bilen çaknaşyp deňagramlylyk töwereginde yrgyldaýar. Suwuklygyň molekulalarynyň golaý ýerleşendigi üçin onuň göwrümini üýtgetmek üçin molekulalarynyň özlerini deformirmek gerekdir. Onuň üçin bolsa örän uly güýç goýmalydyr. Suwuklygyň az gysyjylygy şonuň bilen düşündirilýär. Suwuklygyň akyjylygy hem-de gabyň formasyny alyşy daşky güýjuň täsiri astynda molekulalaryň bir oturymly ýerden beýlekisine böküp geçmesi bilen düşündirilýär.

3. Gaty jisimleriň atomlary suwuklyklaryňkydan tapawutlylykda kesgitli deňagramlylyk ýagdaýynyň töwereginde yrgyldaýarlar. Gaty jisimiň diňe göwrümini däl eýsem formasyny saklaýandygy şunuň üçindir. Eger-de gaty jisimiň atomlarynyň deňagramlylyk ýagdaýlaryň merkezlerini birikdirsek kristal gözenegi alarys.

Diffuziya hadysasyna seredeliň. İçine mis kuporosy guýulan gaba ýuwaşlyk bilen arassa suw guýsak, olar bir bada garyşman kesgitli wagtdan soň garyşýarlar, yagny diffuziýa hadysasy bolup geçýär. Diffuziýa ýanaşdyrylan durli jisimleriň özara biri-biriniň içine aralasmak prosesidir. Gazlarda diffuziýa hadysasy aňsat görünýär. Atyryň ysynyň ýaýraýşy muňa mysal bolup biler. Gaty jisimlerde hem diffuziýa bolýar, ýöne ol diýseň haýal geçýär.

Temperaturanyň Selsiý ($^{\circ}S$), Reomýur ($^{\circ}R$), Farengeýt ($^{\circ}F$), Kelwin ($^{\circ}K$) şkalasy bar. Absolýut temperatura bilen Selsiý temperaturasynyň arasyndaky baglanyşyk $T = t + 273^{\circ}$ - deňdir.

$$P = n \frac{m g_{or}^2}{3} \quad (1)$$

(1) formula Klauiziusyň deňlemesi,

bu ýerde g_{or}^2 - orta tizlik $g_{or}^2 = \frac{3RT}{\mu} \quad (2)$

(2) – formulada R - iniwersal gaz hemişeligi.

$$R = 8,31 \frac{J}{K} \cdot mol \quad (3)$$

$$n = \frac{N}{V};$$

bu ýerde: n - molekularyň konsentrasiýasy,

V - göwrüm birligindäki molekularyň sany

N - molekularyň sany.

Gazyň basyşynyň onuň molekularynyň orta kinetik energiýasynyň üsti bilen aňladylýar. Ol şu bilen berilýär.

$$P = \frac{2}{3} \cdot n W_{or} \quad (4)$$

Klauizusyň-Bolsmanyň deňlemesi:

$$P = nkT \quad (5)$$

k - Bolsmanyň hemişeligi

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} J/K;$$

$$R = 8,31 \frac{J}{K \cdot mol}$$

Bolsmanyň deňlemesi

$$W_{or} = \frac{3}{2} kT \quad (6)$$

Ideal gaz halynyň deňlemesi, onuň esasy parametrleri T, P, V baglanyşdyrýan formuladyr. (5)-de konsentrasiýanyň formulasyny

ýerine goýsak $P = \frac{N}{V} kT$ alarys. Onda $PV = NkT$ (7) emele

geler. Gazyň 1 moly üçin $N = N_A$ bolar, onda $PV = N_A kT$ emele gelir we şu formulany alarys

$$PV = RT \quad (8)$$

Islendik ν mol üçin ν (nýu) $PV = \nu RT$ (9) formula alynýar.

$$\nu = \frac{m}{\mu}; \text{ ýa-da } PV = \frac{m}{M} \cdot RT \quad (10)$$

(8), (9), (10) – formulalar Mendeleýewiň, Kláýperonyň deňlemesi.

Käbir h beýiklikdäki gazyň basyşy, gazyň ondan ýokarky gatlaglarynyň agramy bilen kesgitlenýär, h beýiklikdäki basyş P bolsun, onda $h+dh$ beýiklikdäki basyş $P+dP$ basyş bolar $dh>0$ bolsa $dP>0$ bolar. Atmosferanyň ýokarky gatlaglarynyň agramy, şonuň bilen bir hatarda basyşy hem ýokary gididigiçe peselýär. Gazyň P we $P+dP$ basyşlarynyň tapawudy esasyň meýdanynyň bir-birligi beýikligi dh silindiriň göwrümünde jemlenen gazyň agramyna deňdir.

$$P - (P + dP) = \rho g dh \quad (11)$$

ρ - gazyň dykzlygy.

$$dP = \rho g dh \quad (12)$$

$$(10)\text{-dan} \quad \frac{m}{V} = \frac{P \cdot \mu}{RT} \quad (13)$$

alarys.

$$(13)\text{-i } (12)\text{-de ýerine goýsak } dP = -\frac{P\mu}{RT} g dh \quad (14)$$

$$\frac{dP}{P} = -\frac{\mu g}{RT} dh \quad (15)$$

Eger atmosferanyň temperaturasy üýtgemese (15)-i integrirläp

alarys, onda $\int \frac{dP}{P} = -\int \frac{\mu g}{RT} dh$ bolar.

$$\ln P = -\frac{\mu g}{RT} h + \ln C \quad (16)$$

(16)-ny potensirläp alarys.

$$P = C e^{-\frac{\mu g h}{RT}}$$

$$h=0, C=P_0, \text{ onda } P=P_0 e^{-\frac{\mu g h}{RT}} \quad (17)$$

(17)-i barometrik formula. (17)-den görnüşine görä h beýikligiň artmagy bilen gaz näçe agyr (μ - uly) we temperatura T - näçe pes boldugyça P basyş şonça-da çal kemelýär.

$$\text{Paýlaşyk funksiýasy } \frac{dN}{N} = F(g) dg \quad (18)$$

dN gataşan N tizlikleri ϑ -den $\vartheta + d\vartheta$ çenli bolan bölejikleriniň sany $f(\vartheta)$ paýlanşyk funksiýasy $N \cdot f(\vartheta)$ - nokatlaryň dykzlygy $dN = Nf(\vartheta)d\vartheta_x d\vartheta_y d\vartheta_z$

Ululyklary ϑ -den $d + d\vartheta$ çäklerdäki tizlikleri aňladýan nokatlar ϑ we $d + d\vartheta$ radiusly sferalarynyň arasyndaky oblastda ýerleşýär bu oblastyň göwrümi $4\pi\vartheta^2 d\vartheta$. Şeýlelikde bu oblastdaky nokatlaryň sany

$$dN_{\vartheta} = Nf(\vartheta)4\pi\vartheta^2 d\vartheta \quad (19)$$

(19)-y N -e bölüp molekulalarynyň tizlikleriniň ϑ -den $\vartheta + d\vartheta$ çäklerde boljakdygynyň ähtimallygyny alarys, ähtimallyk

$$dP_{\vartheta} = f(\vartheta)4\pi\vartheta^2 d\vartheta.$$

Paýlanşyk funksiýasy tizligiň birlik interwallygyna degişli bolan göwrüm birligindäki berlen tizlik bilen hereket edýän gaz molekulalaryny kesgitleýän ululykdyr.

$$F(\vartheta) = \left(\frac{m}{2\pi RT} \right)^{3/2} \cdot e^{-\frac{m\vartheta^2}{2RT}} \cdot 4\pi\vartheta^2 \quad (20)$$

Formuladan görnüşi ýaly e -iň derejesinde molekulanyň garaýan ϑ tizlige degişli kinetik energiýasynyň molekulanyň orta energiýasynyň häsiýetlendirýän RT ululuga gatnaşygynyň “-” alamat bilen alhan ulugy bar. Maksweliň molekulalaryň tizlikleri boýunça paýlanşyk kanuny:

$$\frac{dN_{\vartheta}}{N} = \left(\frac{m}{2\pi RT} \right)^{3/2} \cdot \exp\left(-\frac{m\vartheta^2}{2RT}\right) \cdot 4\pi\vartheta^2 d\vartheta \quad (21)$$

$\frac{dN_{\vartheta}}{N}$ - göwrüm birligindäki molekulalardan tizlikleri ϑ -den $\vartheta + d\vartheta$ interwala degişli bolan molekulalaryň sany $F(\vartheta)$ paýlanşyk funksiýasynyň maksimumyna degişli bolan tizlige molekulalaryň iň ähtimal tizligi diýilýär

$$\vartheta_a = \sqrt{\frac{2RT}{m}}$$

Molekulalaryň öňe bolan hereketiniň kinetik energiýasy boýunça paýlanma kanuny almak üçin \mathcal{G} üýtgeýän ululykdan

$$E = \frac{m\mathcal{G}^2}{2} \quad \text{üýtgeýän ululyga geçmeli. Bu ýerden } \mathcal{G} = \sqrt{\frac{2E}{m}}$$

$d\mathcal{G} = \frac{dE}{\sqrt{2mE}}$ ululyklary (21)-de ýerine goýup alarys.

$$\frac{dN_E}{N} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} (RT)^{-3/2} \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \sqrt{E} dE \quad (22)$$

2.2. Termodinamikanyň birinji we ikinji kanunlary

Termodinamika – energiýanyň özgertmekligiň umumy kanunalaýyklaryny öwrenýän fizikanyň bir bölümidir.

Islendik makroskopik jisimleriň içki energiýasy bardyr. Mysal üçin: şaýba buzň üstünde typyp sürtülme güýjüň esasynda durýar we şonda onuň kinetik energiýasy ýitip gidýän ýaly bolýar, ýagny ol potensial energiýa öwrülenok. Ýöne biziň bilşimize görä energiýa ýetip gitmeýär, ol diňe bir görnüşden başga bir görnüşe geçip bilýär.

Molekulýar kinetik nazaryýetiň nukdaý nazaryndan makroskopik jisimleriň içki energiýasy molekulalaryň bitertip hereket edýän kinetik energiýalaryň jemine we ähli molekulalaryň biri-biri bilen özara täsirleriniň potensial energiýasyna deňdir. Şonuň üçin içki energiýa kesgitlemek üçin gös-göni ölçäp bolýan makroskopik parametrlerden peýdalanmak mümkindir.

Eger bir atomly gazlaryň içki energiýasy hasaplansa (geliý, neon, argon-bir atomly gazlardyr) onda olaryň potensial energisi nola deňdir, sebäbi ideal gazyň molekulalary biri-biri bilen özara täsir edişmeýärler.

Ideal gazyň içki energiýasy onuň molekulalarynyň ýylylk hereketiniň orta kinetik energiýasynyň jemi bahasyna baglydyr.

$$U = \sum E_i$$

Gaz molekulalarynyň orta kinetik energiýasy:

$$\bar{E} = \frac{3}{2}kT$$

\bar{E} -ni ähli molekulalaryň sanyna köpeldip alarys.

$$N = \nu N_A = \frac{m}{\mu} N_A$$

$$\bar{E}N = U = \frac{3}{2}kTN = \frac{3m}{2\mu}kN_A T = \frac{3m}{2\mu}RT$$

İdeal gazyň içki energiýasy onuň absolýut temperaturasyna göni proporsionaldyr.

$$U = \frac{3m}{2\mu}RT$$

$$R = kN_A$$

bu ýerde R –uniwersal gaz hemişeligi.

Termodinamikada makroskopik jisimlerin bölejikleriniň biri-birine görä süýşmekleri barada aýdylýar. Diýmek, termodinamikda iş mehanikadaky ýaly jisimiň kinetik energiýasynyň üýtgemegine dälde, onuň içki energiýasynyň üýtgemegine deňdir.

Gaz giňelende molekulalar daşlaşýan porýen bilen çaknysyp öz tizliklerini peseldýär we gaz sowayär.

Porşeniň aşagyndaky gazyň gysylanda we giňelende edýän işini hasaplalyň

$$\vec{F} = -\vec{F}'$$

bu ýerde \vec{F} - porşeniň gaza täsir güýji; \vec{F}' -gazyň porşene täsir güýji.

$$F' = PS ; P\text{-gazyň basyşy, } S\text{-porşeniň meýdany.}$$

Gaz porşeni Δh aralyga giňelip süýşüräpdir diýeliň onda gazyň eden işi

$$A' = F'\Delta h = PS(h_2 - h_1) = P(S h_2 - S h_1) = P(V_2 - V_1)$$

$$A' = P\Delta V$$

Gaz giňelende položitel iş edýär sebäbi güýjün ugry porşeniň süýşýän ugry bilen gabat gelýr.

Termodinamikanyň ikinji kanuny yylylyk hadysalarynyň ugruny görkezýan kanundyr. Bu kanun kop tejribeleri umumylaşdyrmak bilen takyklandy. Energiyanyň saklanma kanuny boýunça onuň islendik öwürmelerinde energiýanyň mukdary hemişelik galyar, Emma energiýanyň nahili energetiki öwürmeleriniň bolup biljekdigi barada hiç zat aýdylmayar. Bilşimiz yaly gyzgyn jisim öz energiýasyny sowuk jisime beryar. Emma energiýanyň saklanma kanuny boýunça ters prosese yagny sowuk jisimden gyzgyn jisime hem energiýanyň berilmegi mümkindir, yone ol praktikada gabat gelmeyer. *Şeýlelikde ýylylygyň gyzgyn jisimden sowuk jisime berilmegi we mehaniki energiýanyň içki energiýa öwrülmeği –bular yzyna gaytaryp bolmajak proseslerdir.*

Tebigatda ähli makroskopiki prosesler diňe bir kesgitli ugry boýunça bolup geçyar. Olar ters ugurda öz özünden geçip bilmez. Tebigatdaky ähli prosesler öwrulişiksizdir, olaryň has howuplusy bolsa organizmleriň garramagy we ölmegidir. Energetiki öwürmeleri ugru mümkin bolan ugruny görkezýan we tebigatdaky gaytaryp bolmajak prosesleri öwrenýan kanuna termodinamikaň 2-nji kanuny diýýlar. Nemes alymy Klauzy 2-nji kanunyna beren kesgitlemesi: *Eger-de jisimlerde ya-da ony gurşap alan sredada hiç hili uytgeşmeler bolmasa onda yylylyk mukdary temperaturasy kiçi jisimden temperaturasy uly jisime öz özünden geçip bilmez.*

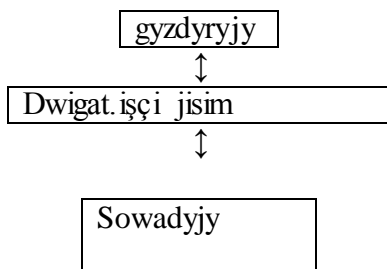
Sowadyjy desgalarda yylylyk sowuk jisimlerden gyzgyn jisime geçirilyar. Emma bu yerde ol proses iş etmegiň uytgeşmeleriň hasabyna bolup geçyar. Eger-de şu yerde yylylyk sowuk jisimden gyzgyn jisime öz- özünden geçip bilýan bolsady onda içki energiýany öwürýan hereketlendiriji döretmek bolardy.

Ýer gabygyndaky we okeanlardaky içki energiýanyň gory örän köpdur . Emma içki energiýa zapasyny peydaalanmaklyga termodinamikanyň 2-nji kanuny çäk goyyar. Adamlara iş edip bilýan gurluşlar yagny dwigateller gerekdir. *Adamlaryň esasy ulanyan dwigatelleri yylylyk dwigatelleridir. Olar yangyjyň içki energiýasyny mehaniki energiýa öwürýan gurluşlardyr.*

Ýylylyk dwigatelleriň isleyiş prinsipi olarda yangyç yananda işçi jisimiň yagny gazyň temperaturasynyň dasky sredanyň temperaturasyndan 100-çe we 1000-çgradus yokarlanmagyna diýmek onuň yylylygynyň hem yokarlanmagyna esaslanandyr. İşçi jisim öz içki energiýasynyň hasabyna iş edilyar.

Eger-de yylylyk dwigatelleriniň işçi jisimleriniň temperaturasy bilen daşky sredanyň temperaturasy bir meñzeş bolsa hiç bir yylylyk dwigateli işläp bilmez. Ýylylyk gyzygyn jisimden sowuk jisime geçende yylylyk dwigateli içki energiýanyň hasabyna iş edyar. Şeýlelikde edilen iş dwigateliň gyzygyn jisimden gyzdyryjydan alan yylylyk mukdaryndan hemişe kiçidir.

Ýylylygyň 1-bölegi sowuk jisime sowadyja berilýär. Ýylylyk dwigateliň prinsipial shemasy aşakdaky yalydyr:



Dwigateliň işçi jisimi gyzygyryjydan Q_1 yylylyk mukdaryny alyar "A" iş edyar, we sowadyjy Q_2 kiçidir Q_1 yylylyk beryar.

Ýylylyk dwigatelleriň isleyiş prinsipinden termodinamikanyň 2 kanunynyň taze bir kesgitlemesi gelip çykyar. Ol kesgitlemani iňlis alymy Kelvin formulirledi.

Bir çeşmeden alynan yylylygyň hasabyna alynan işiň yeketäk netijesi bilen şeýle periodik prosesi amala aşyrmak mümkin däl. Energiýanyň saklanma kanunyna laýyklykda dwigateliň edyan işi asakdaka deňdir:

$$A = Q_1 - Q_2$$

Bu yerde Q_1 gyzygyryjydan alynan yylylyk; Q_2 sowadyjydan berilen yylylyk. Dwigateliň edyan A işiniň gyzygyryjydan alan Q_1

yylylyk mukdaryna bolan gatnaşyga yylylyk dwigateliň peydaly täsir koefisiyenti diýilýär.

Hemme dwigatellerde sowadyjy kabir Q_2 yylylyk mukdarynyň bililyandigi üçin ahli hallarda $\eta < 1$. Fransuz alymy Karno 1824yylda öz içinde yylylyk dwigatelleriň PTK-haysy şertlere maksimum baha eye boljakdygyna seredyar.

Karno bu formulany termodinamikanyň ikinji kanuna esaslanyp çykarypdyr. Diňe T_2 absolýut nola deň bolanda $\eta = 1$ Diýmek gyzdryjynyň temperaturasyny tukeniksiz ulanylyp bolmaz,sebäbi islendik materialyň belli bir çydaýan gyzgynlyk derejesi bardyr.

Mysal: $T_1=800^\circ$, $T_2=300^\circ$ bolanda $\eta_{maks}=62\%$

Emma hakykatda PTK-nyň bahasy $\eta=40\%$ deň. Sebäbi durli energetiki uytgemeler bolany üçin $\eta_{maks} > 40\%$.

Bilşimize görä ýylylyk dwigatelleriň özara kop ulanylýandygy sebapli daşardaky sreda hem ep-esli ýylylyk berýär. Eger-de temperatura galyberse, onda ebedi buzluklar eräp okeanlaryň suwlary köpelig adamzadyň ýaşayyş şertine howp doremegi mümkindir.

Termodinamiki öwrelişikli proses diýlip şeýle prosese düşünilýär, yagny işçi jisimiň halynyň üýtgame prosesi ters ugurda şeýle bir geçmeli, ýagny işçi jisimiň özi hem, ony gurşap alan sreda hem goni ugurdaky yaly bölup geçmeli.

Häzir biz energiýanyň öwrülmegine we maşynlaryň peýdalanşyna seredip geçeliň. Şol maşynlar haýsy hem bolsa bir çeşmeden energiýa alyan dwigateller tarapyndan herekete getirilýär. Ýagny haýsy hem bolsa bir güýçler iş edýärler. Diýmek şol işe deň bolan energiýa harçlanmalydyr. Häzirki wagtda hasabyna iş edýän energiýanyň esasy görmüşleri ýangyç ýananda emele gelýän energiýadyr, ýokardan inýän suwuň energiýasy we ýadro reaktorlaryndan bölünip çykýan ýadro energiýalarydyr.

Energiýa iş edýän maşynalara göni barman oňa çenli ençeme gezek bir formadan beýleki forma geçýär. Mysal üçin ýngyç bilen kislorodyň bölekleriniň özara täsir

energiýasy (potensial energiýa) ilki bilen ýanmakda emele gelyän bölejikleriň içki energiýasyna öwürülýär. Soňra şol energiýa ýylylyk görnüşinde suw bugyna geçýär. Ondan bolsa elektrik generatoryny herekete getirýän bug turbasyna barýar. Şonda aýlanmanyň mehaniki energiýasy elektrik togunyň energiýasyna öwürülýär. Ýylylyk elektrik stansiýasynyň generatoryndan sim bilen örän köp stanoklardaky dwigatellere berilýär. Biz ýylylyk elektrik stansiýanyň peçinden başlap maşyna barýança nähili öwürümlere duçar bolýandygyny gördük.

Diýmek sürtülýän jisimleriň gyzmagy bilen olaryň molekularynyň tizligi artýar. Ýa-da başgaça olaryň jisimleriň içki energiýasy artýar. Onda jisimleriň kinetik energiýasy näçe kemelen bolsa, onda onuň içki energiýasy hem şonça artýandyr.

Şeýlelikde mehaniki energiýa energiýanyň mehaniki däl görnüşine-jisimi düzýän bölejikleriň hereketiniň içki energiýasyna öwürülip bilýär.

Energiýanyň saklanma kanuny ýapyk sistemadaky energiýanyň hemme görnüşleriniň jeminiň saklanýandygyny aňladýar. Ýangynyň özi hem energiýasynyň birnäçe öwürülmeleriniň netijesinde emele gelyär. Şolaryň hemmesiniň başlangyjy gündir.

Şu ýerde bellemeli zat sarp edilen elektrik ýa-da içki energiýadan köp mehaniki energiýany hiç bir dwigatelden alyp bolmaz, ýagny bu energiýalaryň hemmesi energiýanyň saklanma kanunyna boýun egýändir.

Emma sürtülme güýji sebäpli dwigatellerde energiýanyň bir bölegi ýitýär. Diýmek, maşyndaky güýçleriň edýän işi hemişe sarp edilýän energiýadan ep-esli azdyr.

Şu aýdylan zatlar diňe XIX asyryň ortasynda energiýanyň saklanma kanuny açylandan soň belli bolupdyr. Şoňa çenli, ýüzlerçe ýyllaryň dowamynda, sarp edilen energiýadan köp iş edip biljek maşyny oýlap tapjak bolupdyrlar. Olary hemişelik dwigateller perpetuum modeli diýp atlandyryrlar. Emme şeýle mäslyn oýlanyp tapylandyrr we tapylanda-da bilinmez.

Şeýle projéktleriň biri bilen tanyş bolalyň. Içi suwdan doldurylan beýik minaranyň aşaky we ýokarky böleginde iki sany işgir bar. Oňa bolsa içi boş köp sanly çelekler daňylan. Suwa giren ýaşklere Arhimed güýji täsir edip, tigrileri aýlaýar we ýokary galan ýaşıklar girer diýip awtor tassyklaýar. Ýagny tigriler hiç hili energiýa saro etmezden aýlanyp durmaly. Emma bu projéktde ýalňyşlyk bar. Ýagny howadan suwa girýän boş ýaşklere Arhimed güýji täsie edýär. Ýöne onuň ugry garşylyklydyr. diýmek bu shema işlemez.

Tehnikanyň önünde duran mesele energiýanyň saklanma kanunyndan gutulmak däl-de eýsem maşynlardaky, dwigatellerdäki, generatorlardaky energiýa ýitgisini azaltmaktan ybaratdyr.

Islendik maşyn sarp edilyän energiýanyň hasabyna iş eden-de, doly iş bilen peýdaly işi tapawutlandyrmak gerek.

Peýdaly iş munuň özi ýerine ýetirilmegi üçin maşyn döredilen we peýdalanylyan işdir. Emma peýdaly iş elmydama doly işden kiçidir. Sebäbi işiň bir bölegi elmydama maşynyň we dwigateliň dürli bölekleriniň gyzmagyna sebäp bolýan sürtülme güýjine sarp bolýar. Gyzmaklyk diýmek dwiagtele eltilen energiýanyň bir böleginiň mehaniki energiýa öwrülmän, içki energiýa öwrülýär, ony bolsa, iş etmek üçin ulanyp bolýamaýar.

Islendik dwigatel maşyn ýa-da mehanizm özüne eltilen energiýany nähili netijeli peýdalanýandygyny görkezýän aýratyn ululyk bar. Şoňa hem peýadaly täsir koeffisiýenti (P.T.K.) diýilýär.

Peýdaly işiň doly işe bolan gatnaşygyna maşynyň ýa-da dwigateliň peýdaly täsir koeffisiýenti diýilýär.

Mehaniki energiýany elektrik togunyň işine öwürýän dinamo-maşyn generator bolup hyzmat edýär. Alnan elektrik energiýasynyň mukdary, sürtülme güýjiniň işi we käbir başga sebäpler zerarly hemişe turbasynyň sary edýän energiýasyndan kiçindir.

Alnan peýdaly işiň sarp edilen energiýa bolan gatnaşygyna generatoryň P.T.K diýilýär.

P.T.K. hiç wagt birden uly bolup bilmez. Ol sürtülme güýjiniň erarly elmydama birden kiçidir. “Ýitgi” diýen söz energiýanyň ýitip gidendigini aňlatman, diňe onuň gerek zada öwrülmän peýdasyz gidýändigini aňladýar.

P.T.K prosent hasabynda aňladylýar. $\eta = \frac{A_n}{A_g} \%$ bu ýerde

A_n -peýdaly iş, A_g -doly iş.

Saklanma kanunlaryny öwrenmrk bilen biz mehanika kursuny jemleýäris. Bilşimiz ýaly mehanikanyň esaslaryny düzýän Nýutonyň kanunlarydyr.

XIX asyryň ahyryna çenli Nýutonyň kanunlarynyň absolýut dogrudygyna hiç-hili şübhelenmändir. Dogudanam adamlar ol kanunlary köp tonnalyk turbinalardan raketalardan başlap, tä massasy gramyň ülüşinden artmaýan örän takyk abzallaryň konstruksiýalary üçin öňem ulanylypdyr, häzirem ulanylýar.

Emma XX asyrda jisimleriň tizligine ýakyn bolanda Nýutonyň kanunlarynyň nätakyklygy ýüzeçykdy. Eýnşteýn (oňa XX asyryň Nýutony diýýärler) ýagtylygyň tizilikler üçin hem dogry bolan hereketiň (deňlemelerini) kanunlaryny tapmagy başardy. Bu kanunlar relýatwistik mehanikanyň ýa-da otnositellik teoriýasynyň esaslaryny düzýär. Nýutonyň kanunlary bolsa onuň hususy ýagdaýdyr.

Atomlaryň içindäki bölejikleriň hereketlerine garalanda hem Nýutonyň kanunlary doly ýerine ýetýärler. Ol hereketleri öwrenýän bölüme kwant mehanikasy diýilýär. Klassiki mehanika hem onuň hususy ýagdaýdyr.

Nýutonyň kanunlaryndan alynýan impulsyň we energiýanyň saklanma kanunlarynyň kwant mehanikasynda hem, otnositellik toeriýada hem dogrulygy örän ajaýypdyr.

2.3. Real gazlar

Gaty seýreklendirilmedik gazlaryň hasiýetleri Mendeleyew-Klapeýronyň denlemesine, yagny $PV=RT$ deňlemä boýun egýän ideal gazlaryň häsiýetinden üýtgeşikdir.

Seýreklendirilen real gazlara ideal gaz diýýlar. Tejribeleriň görkezişine görä real gazlaryň şepbeşiklik koeffisiýenti yylyk sygymy we beyleki fiziki ululyklary ideal gazlaryň şol ululyklarynyň bahasyndan üýtgeşikdir.

Molekulalarynyň hususy ölçegleri we olaryň arasyndaky molekulýarara özara tasir guýji hasaba alynýan gazlara real gazlar diýilýär.

Kondensirlenmä golaý halda duran real gaza bug diýýlar. Kondensirlenmä golay buga doýgun bug diýýlar.

Eger-de molekulalaryň jemi göwrümi gazyň yerleşen gabynyň göwrüminden hasaba alardan has kiçi bolsa onda neon, argon ýaly gazlaryň hasiýetleri üçin ideal gaz halynyň deňlemesini ulanmak bolar: ýagny $PV=RT$

Bu şertler adaty şertlerde yagny normal atmosfera basyşynda we otag temperaturada ulanylyar. Eger-de basyş ulalsa onda gazyňdykzlygy ulalyar we gazlar yokarky deňlemä boýu egmeyar.

Real gazlaryň tertibini häsiýetlendirmek üçin bir näçe köp durli deňlemeler hodurlendi. Şolardan iş ýönekeyi we gowy netije berýani Wan-der-Waalsyň deňlemesidir.

Bu deňleme 1873-nji ýylda Mendeleyew-Klapeýronyň deňlemesine (ideal gaz denlemesine) düzediş girizmek netijesinde alyndy:

$$(P+a/V^2) \cdot (V-b)=RT$$

Bu deňlemä Wan-der-Waalsyň deňlemesi diýilýär, bu ýerde P - gaza daşdan täsir edilyan basyş; a we b koeffisiýentler Wan-der Waalsyň himişelikleri.

Bu ululyklar durli gaz üçin dürlidir we olar tejribe üsti bilen kegitlenýär.

Eger-de molekulalaryň arasyndaky uzaklyk ulalsa, özara tasir edişyan molekulýar ara güýçler örän çalt peselýär. Eger-de uzaklyk 10^{-9} m uly bolsa, onda özara tasir edişýän molekulýar ara güýçleri hasaba almasaň hem bolyar. Molekulalaryň arasyndaky özara täsir güýçler dartysma we itekleşme güýje bölünýärlar. Bu güýçleriň ikisi hem şol bir wagtda täsir edişýärlar. Eger-de şeýle tasir bolmadyk bolsa onda suwuklyklaryň we gaty jisimleriň kesgitli göwrümleri bolmazdy. Ýagny olary düzyän böljekler ya durli tarapa dargap giderdiler ya-da birleşip kiçi göwrümi emele getirerdiler.

Eger-de real gazlaryň içki energiýasyny tapsak, onda ol özünde molekulalaryň (E_k) kinetik energiýasyndan başga molekulalaryň arasyndaky (E_p) potensial energiýany hem saklayandyr. Real gazlaryň içki energiýasy şu formula bilen hasaplanyp bilner.

Gazyň suwuk hala we tersine suwuklygyň gaz halyna öwürülmek şertlerini kesgitlemek üçin suwuklygyň bugarmasyna ya gaynamasyna syn etmek yeterlik däl. Onuň üçin gazyn durli tenep-daky basyjynyň we göwrüminiň üýtgeýşine syn etmek gerek.

Goý silindrde porseniň arasyndaky gaz yuwaş-yuwaşdan gysylyan bolsun mysal ucin CO_2 alalyň. Haçan-da gaz gysylanda onuň ustunde iş edilyar. We netijede gazyň içki energiýasy ulalyar. Eger-de proses hemişelik T-temperaturada geçirilyan bolsa onda silindr bilen daşky sredaň arasynda yylylyk alyş çalşygy oňat bolar yaly yagday döretmeli.

Onuň üçin silindri hemişelik temperaturaly suwuklyk, bilen doldurlan uly gaba salmaly we gazy öran hayal gysmaly. Ýagny gazyň yylylygy daşky sreda berlip ýetişer ýaly gysmaly.

Netijede şeýle tejribäni geçirip aşakdaky hala seredilyar. Başga uly göwrümdäki basyş göwrümiň geçilmegi bilen ulalyar, bu hala 1-2 kesim degişli. Bu yerde Boyle-Mariottanyň kanunyna görä. Soň basyşyň ulalmagynda kabir uytgeşmeler bolup geçyar. Ýagny göwrüm kiçeldilse hem basyş kabir bahadan başlap ulalmaýar (üýtgemeyär). Eger-de şol halda silindre seredilse onda

silindriň belli bir göwrumi suwuklygyň eyeländigine gormek bolyar. Bu proses gazyň kondensirleşip başlandygyny yagny suwuň hala geçyandigini aňladyar. Diýmek 2-3 kesimde göwrum kiçeldilse hem basyş uytgemeyar. Bu şertler –de gaz doygun bug diýlip hasaplanyar. Eger-de 2-3 kesimde gowrumiň uytgemesi saklanylsa onda bugarma we kondensasiya prosesleri dinamiki deňagramlylyk halda bolarlar. Madda 2-3 kesimde iki fazaly yerleşyar. Yagny başdaky goz gornuşli maddanyň bir bolegi suwuklyga öwruldi, bir bölegi bolsa gaz görnuşinde galdy.

2-3 kesime gabat gelyan basyşa doygunlyk basyşy diýilyar. Sebabi buguň suwuklyga öwrulmesi bolup geçyar. Doygunlyk Pd basyş durli temperaturalar üçin durli bahalara eyedir we olaryň kesgitli bahalary bardyr. 3 nokatda gazyň hemmesiniň suwuklyga owrulyan yagdayynda gabat gelyar. Suwuklygyň gysylmanylygy sebapli, 3-4 kesimde göwrum sahelçe uytgedilse basyşyň uytgemesiniň uly baha eye bolyandygy gormek bolyar.

Dürli temperaturada gazyň basyşynyň göwrume görä baglanyşygyny tejribäniň üsti bilen gurup, birnäçe izotermalary gurmak bolyar.

III. ELEKTRIK WE MAGNIT HADYSALARY

3.1. Elektrostatik hadysalar we olaryň kanunlary

Tebigatda bar bolan materiýalaryň hemmesi diýen ýaly özara täsir edişýärler: olar ýa-ha özara çekişýärler ýa-da itekleşýärler. Ylmy barlaglaryň görkezişi ýaly bu özara täsirleri döredýän güýçleriň tebigaty boýunça olar umumylaşdyrylyp, esasan dört (grawitasiýa, elektromagnit, gowşak we güýçli) toparlara getirilýär.

Grawitasiýa özara täsiri uzaklygnyň kwadratyna ters baglylykda azalýan özara täsir bolup, ol бүтүн dünýä dartuw güýji hökmünde ýüze çykýar. Iki elektronyň arasyndaky grawitasiýa özara täsiri olaryň arasynda döredýän elektromagnit özara täsirden 10^{45} esse kiçidir.

Güýçli özara täsiriň energiýasy elektromagnit özara täsiriň energiýasy bilen deňeşdirilende 10^6 esse uludyr. Bu özara täsir ýadronyň ölçeglerindäki 10^{-15} metrlikde ýüze çykýar. Güýçli özara täsiriň netijesinde ýadrolar dargaman saklanýarlar, ýadro iki sada (elementar) bölejiklerden protondan we neýtrondan ybarat bolup, güýçli özara täsir netijesinde bir-birine “elmenen” ýaly bolup saklanýarlar. Ýadronyň düzümine girýän zaryadlanan bölejikleriň diňe proton bolany sebäpli, olar bir-birleri bilen itekleşýärler. Şol sebäbe görä-de protonlaryň sanynyň artmagy bilen ýadrolar özlerriniň durnuklylygyny ýitirýärler. Muňa mysal edip, tebigy görnüşde 92 himiki elementin bar bolmagyny, ýagny uranyň ýadrosyndan agyr ýadrolar diňe emeli şertde alynýandygyny getirip bolar. Güýçli özara täsiriň intensiwligi elektromagnit özara täsirine garanyňda takmynan 100 esse ulydyr. Güýçli özara täsir gysga (ýakyn), ýagny ýadro özara täsirdir.

Elektromagnit özara täsirini oňyn (položitel) we oňýndäl (otrisatel) zaryadlar döredýärler. Bir atly zaryadlar özara itekleşýärler, dürli atlylary bolsa özara çekişýärler. Şol sebäbe görä-de uly maddalar köelenç elektrik taýdan neýtraldyrlar. Yagtylyk, radiýotolkunlar, rentgen, ultramelewşe şöhleleriniň

elektromagnit tebigaty bar. Adamzadyň ömri we döredijiligi elmydama elektromagnit güýçleriniň täsiri astynda bolup geçýär. Bu babatdan seredilende elektromagnit täsiriniň roly örän ulydyr.

Gowşak özara täsir ownujak bölejikleriň käbir toparlarynyň dargamagynda ýuze çykýar. Gowşak özara täsir ýadronyň β - dargamagyna alyp barýar we netijede başga elementar bölejikler emele gelýärler.

Umuman aýdylanda tebigatda agzalan dört fundamental özara täsiriň bir-biri bilen gabat gelmeýän hadysalaryň giň mukdary bar we olaryň her birisi bir-birine baglanyşyksyz ýuze çykyp biýär.

Elektromagnit meýdany elektrik we magnit meýdanlarynyň topluny bolup, eger olar ululyklary boýunça wagt birliginde üýtgeýän bolsalar onda olar bir birini döredip daşky howasyz gurşawda $3 \cdot 10^8$ m/s tizlik bilen ýarýar.

Sada bölejikleriň köpüsi bütündünýä dartuw güýjünden daşga aralygyň kwadratyna ters proporsionallykda azalýan güýç bilen bir-birine täsir etmek ukybyna hem eýedir. Eger bölejikler şeýle özara täsire ukyply bolsalar, onda olaryň elektrik zarýady bir diýip aýdýarlar, bölejikleriň özlerine bolsa zarýadlanan diýýärler. Zarýadsyz bölejik bolýar. Emma bölejiksiz zarýad bolmaýar. Ýagny zarýad materiýanyň bir görnüşidir. Zarýadlanan bölejikleriň arasyndaky özara elektromagnit täsir güýji grawitasiýa täsir güýçden örän ulydyr.

Tejribelerden görnüşi, ýaly bir atly zarýadlar bir-birini itekleýärler, dürli atly zarýadlar bolsa çekişýärler.

Zarýadlanan bölejik diýip, grawitasiýa özara çekişme güýjinden tapawutlylykda çekişme we itekleşme häsiýetine eýe bolan bölejiklere düşüniliýär.

Elektron – iň ýönekeý otrisatel zarýatdyr. Proton bolsa, položitel zarýadlanan we atomyň massasyny özünde jemleýär, onyň massasy elektronyň massasyndan takmyn 2000 esse diýen ýaly ulydyr. Protionyň we elektronyň zarýatlarynyň absolyt ululygy san taýdan deňdir.

Proton we elektron sada zaryadlaryň mysaly bolup, olar erkin halda islendik uzak wagtlap bolup bilerler. Başga-da birnäçe sada bölejikler bolup, olar sekundyň millionlarça ülüşiniň dowamynda ýaşaýarlar. Olar çalt hereket edýän sada bölejikler bolup özara çakyşma netijesinde emele gelýärler we ujypsyz az wagt ýaşap hem-de beýleki bölejiklere öwrülüp dargaýarlar.

Ýönekeý sada bölejikleriň ene-de birisi neýtrondyr. Neýtron, elektrik taýdan zaryadsyz bolup, onuň massasy protonyň massasyndan sähelçe ulydyr. Ol proton bilen bilelikde atomyň yadrosynyň düzümine girýändir.

Diýmek, sada bölejik hökman zaryadlanan bolmaly däldir.

Sada bölejikleriň zaryadyny azaldyp ýa-da köpeldip bolmaýar. Eger onuň zaryady üýtgedilse, onda biz başga bölejigi alarys. *Zaryadlanan sada bölejikleriň hemmesiniň zaryadynyň ululygynyň absolýut bahasy bir meňzeşdir we $1,6 \cdot 10^{-19}$ Kl deňdir ($4,8 \cdot 10^{-19}$ SGSE zaryad birligine).*

Daşky täsir esasynda atomyň düzümindäki elektronlaryň belli bir mukdaryny goparyp aýrylsa, onda bu atomdaky protonlaryň sany elektronlaryň sanyndan artykmaç bolar we atom položitel zaryada eýe bolar. Bu elekttronlaryň geçen ýagny birigen maddasynda bolsa elektronlaryň sany onuň protonlarynyň sanyndan artyk bolar we ol madda bolsa otrisatel zaryatlanır. Şeýlelikde maddalary zaryartlandyrmak üçin onuň düzümie girýän zaryatlarynyň kesgitli ,bir alamatlylarynyň sanyny beýlekisiniňkiden tapawutly bolmalydyr.

Maddalary täsir arkaly hem zaryatlandyryp bolýar.

Goralan gurşawda (izolirlanan sistemada) islendik bolup geçýän hadysalarda zaryadlaryň jemi üýtgemän galýar. Diňe elektrik zaryadlary, äkidiji bölejikler ulgamayň dürli ýerlerinde paylanýarlar.

$$\Sigma q_{k,i} = \text{const}$$

Bu deňleme izolirlenen sistemada zaryatlaryň saklanma kanunydyr. Bu ýerde

k we i izolirlenen sistemadaky kesgitli alamatly zaryatlaryň sany.

Elektik zaryadlary bölejigiň tizliklerine baglanyşyksyzdyrlar. Ýagny zaryadly bölejik islendik uly tizlik bilen hereket etse-de onuň zaryady hereketsiz halyndakysyndan üýtgänok. Bu häsiýete zaryadlaryň tizlige bagsyzlygy ýagny inwariantlylygy diýilýär.. Adaty şertlerde islendik himiki maddanyň atomlarynyň düzümine girýän elektronlaryň we protonlaryň sanlary özara deňdir. Atomyň elektron gabyklarynyň sanynyň artmagy bilen daşky gabyklardaky elektronlaryň tizlikleri içki gabykdaky elektronlaryňka garanynda has ulalýarlar. Diýmek, elektronlaryň zaryadlary olaryň tizliklerine bagly bolsalar ,onda atomyň daşky gabygyndaky elektronlaryň zaryadlary içki gabykdakylaryňkydan tapawutly bolup, atomyň elektrik taýdan zaryadly bolmagyna getirerdi. Hakykatda bolsa hemme atomlar adaty şertlerde elektrik taýdan neýtraldyrlar. Diýmek, zaryadlar tizlige bagly däldirler.

Elektrik zaryadlarynyň üzňe-üzňeligi diskritliligi häzirki zaman ylmynyň görkezişine görä hemme zaryadlanan maddalar elektronyň zaryadynyň ($e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Kl) *bitin sanyna deňdir. Tebigatda elektronyň zaryadynyň üliüşleri ýaly zaryadlanan bölejikler ýokdyr. Maddalaryň zaryadlaryny Q bilen bellesek, zaryadlaryň üzňelik diskritlik kanuny essasynda*

$$Q = \pm n|e| \quad (1)$$

ýazyp bolar. Bu ýerde $n=1,2,3,\dots$ natural san; $|e|$ - elektronyň zaryadynyň absolyut ululygy. (1 –nji) deňleme zaryadlaryň üzňelik diskritlik kanuny.

Elektromagnit meýdany maddanyň obyektiv hakyky görnüşini bolup, onuň çeşmesi elektrik zaryatlarydyr . Eger zaryad hereketsiz bolsa elektrik hereketde bolanda bolsa magnit meýdany emele gelýär. Eger elektrik meýdany wagt birliginde üýtgeýän bolsa onda şol giňişlikde üýtgeýän magnit meýdany we tersine üýtgeýän magnit meýdany üýtgeýän elektik meýdanyny döredýär. Mahlasy aýdylanda bu iki meýdan özara öwrülişiklidir. Elektrik we magnit meýdanlary adamzadyň

durmuşynda ,tehnik gazanylan sepgitlerde iň wajyp orun tutýar. Ýagtylyk şohleleriniň, radio, telewidenýa we beýleki tolkunlarynyň elektromagnit tolkunlarydygynyň tebigatynyň elektromagnitdigini ýatlamak onuň durmuşda wajyplygyny aňladýar.

Älemiň bize mälim bölegi elektron, proton, pozitron, neýtron, foton, we ş.m. elementar bölejiklerden ybaratdyr. Häzirki wagtda bir näçe ýüzlerçe sada (elementar) bölejikler bellidir. Olar özleriniň häsietleri boýunça dürli dürlidirler.

1785 ýylda Kulon tejribe üsti bilen nokatlanç zarýadlaryň özara täsir güýjüni kesgitledi. Bu kanuna görä wakuumda iki nokatlanç zarýadlaryň arasyndaky özara täsir ölçegleriň SGSE ulgamynda:

$$F_0 = \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} ; \quad (1)$$

görnüşde aňladylýar. Bu güýç özara täsiriň bolup geçýän gurşawyna baglydyr. Eger wakuumdaky özara täsir güýji F_0 , gurşawyndakyny bolsa F bilen bellesek , waku-umdaky özara täsir güýç gurşawdakýdan $(F_0 = \varepsilon F)$, ε esse uly bolar. Ýagny ulgamda nokatlanç zarýadlaryň özara täsirini geçirmäge kömek bermän, eýsem ol oňa päsgel berýär ekeni. Bu ýerde ε -gurşawyň dielektrik syzyjylygy diýip atlandyrylýar. Ol zarýadlaryň özara täsiriniň wakuuma görä berlen gurşawda näçe esse azalandygyny görkezýän ölçegsiz ululykdyr. Elmydama $\varepsilon > 1$ -dyr.

Hasaplamanyň SGS ulgamynda q –zarýad birligi hökmünde özi ýaly ululykdaky 1sm uzaklykda ýerleşdirilen zarýada 1dina güç bilen täsir edip bilýän zarýad kabul edilen. Bu ýerden SGS (ýa-da başgaça bu hasaplaýyş ulgamy Gauss ulgamy hem diýilýär) hasaplaýyş ulgamynda zarýadyň ölçegi Kulonyň kanunýndan tapylýar. Ýagny: $[q] = [F]^{\frac{1}{2}} [r] = r^{\frac{1}{2}} sm^{\frac{3}{2}} s^{-1}$;

sebäbi: $[F] = g \frac{sm}{s^2}$; hasaplamanyň ölçegleriň halkara ulgamynda (ÖHU) zarýad Kulonlarda (Kl) kesgitenilýär. Ol geçirijiden 1A

tok geçəndə onun kəsə kəsindən 1sekundyň dowamynda akyp geçýän zarýadlaryň mukdarydyr. $1\text{Kf}=1\text{A}\cdot 1\text{s}=3\cdot 10^9$ SGSÝE zar.bir.

Kulonyň kanunyny HU-da ýazmak üçin (1-nji)deňligi $\frac{k_0}{\varepsilon_0}$ köpeldijä (koeffisente)köpeltmeli, ýagny:

$$F = \frac{k_0}{\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{\varepsilon r^2}; \quad (2)$$

ÖHU-da $k_0 = \frac{1}{4\pi}$ deňdir. $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{\varepsilon r^2}; \quad \varepsilon_0 \varepsilon = \varepsilon_a$ bilen

belläliň. ε_0 –absolýut dielektrik syzyjylygydyr. ε_0 ÖHU-nda ölçegli birlikdir.(2-nji) deňlikden

$$[\varepsilon_a] = [\varepsilon_0] = \frac{[q]^2}{[F][r]^2} = \left[\frac{Kl^2}{N \cdot m^2} \right] = \left[\frac{F}{m} \right]$$

Biri beýlekisinden $1m$ uzaklykda ýerleşen her biri $1Kl$ zarýady bolan iki bölejigiň özara täsir güýjini ölçegleriň Gauss ulgamynda hasaplaýň.

$$F = \frac{(3 \cdot 10^9 \text{SGSEzar.bir.})^2}{(100sm)^2} = \frac{9 \cdot 10^{18}}{10^4} = 9 \cdot 10^{14} \text{din} = 9 \cdot 10^9 \text{N}$$

Diýmek, $1m$ aralykda ýerleşen iki zarýad $9 \cdot 10^9 \text{N}$ güýç bilen täsir edişýän bolsa, onda $1Kl$ örän uly zarýaddyr. 2-nji deňlemäniň esasynda

$$9 \cdot 10^9 \text{N} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Kl^2}{m^2} \quad \text{bu ýerden bolsa,} \quad \varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi 9 \cdot 10^9};$$

$$\varepsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12} \frac{Kl^2}{N \cdot m^2} = 8,86 \cdot 10^{-12} \text{F/m}; \quad \frac{k_0}{\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{m}{F}$$

Şeýlelikde ölçegleriň Gauss ulgamynda $k_0 = \varepsilon_0 = 1$ ÖHU bolsa,

$$k_0 = \frac{1}{4\pi}; \quad \varepsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$$

Kulonyň kanuny örän ýokary takyklykda birnäçe millimetrdən onlarça santi-metrlere çenli aralykda ýaraine

ýetýändir. Tejribeleýin barlalara gö-rä Kulonyň kanuny $10^7 m$ uzaklykda ondan hem uzagrak aralykda berjaý bolar. Rezerfordyň α – bölejikler bilen geçiren tejribesi Kulonyň kanunynyň ýadronyň ölçeginde hatda $10^{-17} m$ aralykda hem erine etirýändigini subut etdi. Diýmek bu kanun ýeterlik daş we örän ýakyn aralyklarda hem ýeterlik derejede takyk berjaý bolar.

Iki zaryadyň özara täsir güýjüne seretmek üçin q_1 zaryad tarapyndan q_2 zaryada täsir güýjüni F_{12} , q_2 zaryad tarapyndan q_1 zaryada täsiri bolsa F_{21} bilen, \vec{r}_{12} we \vec{r}_{21} bilen bolsa, birinji zaryadyň ýerleşen nokadyndan ikinji zaryadyň ýerleşen nokadyna çenli we tersine ugrukdyrylan wektorlary belläp, Kulonyň kanunyny ýazalyň:

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1}{r_{12}^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}} \cdot q_2 \quad \text{a)} \quad \vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_2}{r_{21}^2} \cdot \frac{\vec{r}_{21}}{r_{21}} \cdot q_1 \quad \text{b)} \quad (3)$$

Özüniň fiziki gurluşy boýunça bu deňlemelar giňişligiň dürli nokatlaryndaky dürli zaryadlara täsir güýji aňladýarlar. Diýmek olar birmeňzeş däldirler. Emma olaryň döremek mehanizmi meňzeşdir. Zaryadlar öz töweregindäki giňişlikde E güýjenme bilen häsiýetlendirilýän elektrik meýdany döredýärler. Güýjenme lokal ulylyk bolup, giňişligiň her bir nokady üçin onuň kesgitli bahasy bardyr. Meýdanyň berlen nokadyndaky güýjenmesi diýilip, meýdanyň şol nokadyna getirilen polojitel zaryada meýdan tarapyndan täsir edýän güýjüň şol getirilen zaryadyň ululygyna bolan gatnaşygyna aýdylýar. Meýdana getirilen zaryada synag zaryady diýip atlandyrylýar. Güýjenmesi hasaplanylýan elektrik meýdanyň ululygyny üýtgetmez ýaly synag zaryady kiçi saýlanmalydyr.

Aýdylanlary göz önünde tutup, q_1 zaryadyň 2-nji nokatda ýagny q_2 zaryadyň ýerleşdirilen nokadynda döredýän meýdanyň E_2 güýjenmesini we tersine 1-nji nokatda q_2 zaryadyň döredýän E_1 güýjenmesini 3-nj deňlemeni ulanyp alarys.

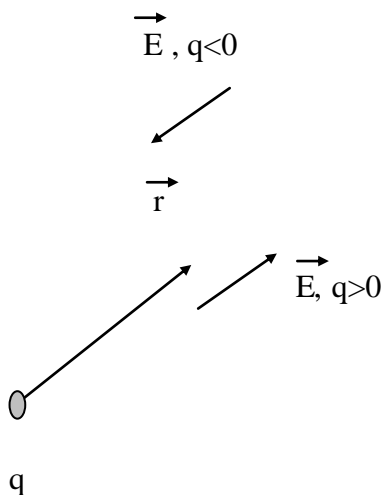
$$\vec{E}_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1}{r_{12}^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}} \quad \text{a)} ; \quad F_{12} = F_2 = q_2 \cdot E_2 \quad \text{b)} \quad (4)$$

$$\vec{E}_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_2}{r_{21}^2} \cdot \frac{\vec{r}_{21}}{r_{21}} \quad \text{a);} \quad F_{21} = F_1 = q_1 \cdot E_1 \quad \text{b).} \quad (5)$$

Nokatlanç q zaryad özüniñ töweregindäki ginişliginde

$$\vec{E}(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}, \quad (6)$$

añlatma bilen kesgitlenilýän güýjenmeli elektrik meýdanyny döredýär. Bu ýerde \vec{r} zaryadyň ýerleşen nokadyndan güýjenmesi kesgitlenýän nokada çenli geçirilen radius wektor. \vec{E} – niň ugry 1-nji suratda $q > 0$ we $q < 0$ zaryadlar üçin görkezilen. E güýjenmeli meýdanyň berlen nokadynda ýerleşdirilen q zaryad



1-nji surat. Nokatlanç zaryadyň elektrostatiki meýdanynyň güýç çyzyklary

meýdan tarapyndan F täsire sezewar bolar.

$$F = qE \quad (7)$$

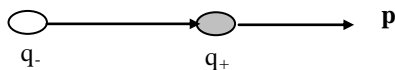
Elektrik meýdanyny hereketsiz zaryadlar döredýär. Meýdany onuň E güýjenmesi häsietlendirýär. Elektrik meýdanyň güýjenmesi diýip, bu meýdana getirilen oňyn (položitel) birlik zaryada meýdan tarapyndan täsir edilýän Kulon güýjüne

düşünilýär. Elektrik meýdanyň güýjenmesi wektor ululykdyr. Eger $q > 0$ zaryad meýdany döredýän bolsa, E -niň güýç çyzyklarynyň ugry zaryaddan daşyna, $q < 0$ bolsa, tersine zaryada tarap ugrykdyrylandyr (1-nji surat).

Elektrik dipoly. Ululyklary boýunça özara deň, alamatlary boýunça garşylykly we özara jebs baglanyşykly bolan iki zarýadyň toplumyna elektrik dipol diýilýär (2-nji surat). Ululygy boýunça dipolyň zarýadlarynyň arasyndaky uzaklyga deň onuň oňyndäl zarýadyndan oňyn zarýadyna tarap ugrukdyrylan wektora dopolyň egni diýilýär. Elektrik taýdan dipol özüniň dipol momenti \mathbf{p} bilen häsiýetlendirilýär

$$\mathbf{p} = q \cdot \mathbf{l} , \quad (9)$$

Bu ýerde \mathbf{p} - dipolyň elektrik momenti; q - dipolyň oňyn zarýadynyň ululygy; \mathbf{l} -dipolyň egni (ol wektordyr).



2-nji surat. Elektrik dipol

Dipolyň elektrik momentiniň ugry onuň egniniň ugry bilen gabat gelýär. Meýdanyň superpozisiýa çemeleşmesi boýunça dipolyň döredýän elektrik meýdany onuň oňyn we oňyndäl zarýadlarynyň döredýän meýdanlarynyň jemine deňdir. Ýagny:

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_+ + \mathbf{E}_- . \quad (10)$$

3.2. Elektrostatik meýdanynyň potensialy

Potensial meýdanlar üçin potensial ,has takygy potensiallar tapawudy düşşünjesini girizeliň. Seredilýän iki nokadyň arasyndaky potensiallaryň $\varphi_1 - \varphi_2$ tapawudy diýip, bu nokatlaryň arasyndaky islendik erkin ýol bilen položitel birlik zarýat göçürilende ýerine ýetirilýän işe deň bolan ululyga düşünilýär. Elektrik meýdanyň islendik iki nokadynyň arasynda zarýat göçürilende edilýän işi önki seredilen işiň (1.39)-njy deňleme bilen bir hatarda $A_{12} = q(\varphi_1 - \varphi_2) , \quad (28)$

deňleme bilen hem aňladylýar. Ölçeğleriň halkara ulgamynda (ÖHU) potentsiallaryň tapawudy $[J/Kl]$ –larda hasaplanylýar. Bu ululyk wolt (W) diýilip atlandyrylýar. Diýmek, (28)-njy deňlemäniň esasynda $[(\varphi_1 - \varphi_2) = A/q]$, bolany üçin $1W = 1J/Kl$. $1J = 10^7$ erg; $1Kl = 3 \cdot 10^{-9}$ SGSE zarýat bbirl diýmek, $1W = 1/300$ SGSE pot. birl. ; Ölçeğleriň Gaus ulgamynda işiň ölçeğ birlihi erg, zarýadyň ölçeğ birlihi bolsa $1SGSE_{zar. birl.}$, diýmek bu ulgamda potentsiallaryň ölçeğ birlihi elektrostatika meýdanyň dürli iki nokatlary arasynda agzalan öçeğdäki zarýady göçürmek üçin 1erg iş edýän nokatlaryň arasyndaky potentsiallaryň tapawudy kabul edilýar. Potensial bilen elektrik meýdanyň \vec{E} - güýjenmesi arasyndaky baglanyşygy tapalyň, goý 1-nji we 2-nji nokatlar X okunda $x_2 - x_1 = dx$ bolar ýaly örän ýakyn ýerleşen bolsunlar.

Agzalan nokatlaryň arasynda $q = +1$ SGSE_{zar.bir} deň bolan zarýad göçürilende ýerine ýetirilen iş $E_x dx$ deňdir. Sebäbi $dA = qE_x dx$ şerte görä $q = +1SGSE_q$ görnüşde hem aňladyp bolar. Bu deňliklerden

$$d\varphi = -E_x dx \quad (29)$$

Edil şunuň ýaly edip beýleki y, z oklar boýunça hem soňky deňlemä meňzeş netijeler alyp bolar. Netijede üç aňlatma alynýar:

$$E_x = -\frac{\partial \varphi}{\partial x} \quad E_y = -\frac{\partial \varphi}{\partial y} \quad E_z = -\frac{\partial \varphi}{\partial z}$$

Bu aňlatmalary birikdirip wektor görnüşde aşakdaky ýaly ýazyp bolar:

$$\vec{E} = -\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial \varphi}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial \varphi}{\partial z} \vec{k} \right) \quad (30)$$

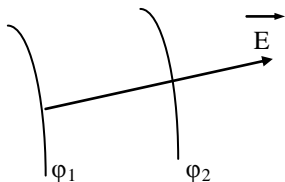
\vec{E} -wektor bolany üçin skobkanyň içindäki aňlatma hem wektordyr. Bu ýerde $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ degişlilikde x, y, z oklaryň birlik wektorydyr.

Gönüburçly dekart koordinatasynynda x , y , z oklar degişlilikde proyeksiýasy (bu ýerde $\varphi(x, y, z)$ koordinatyň skalýar funksiýasy) bolan ululyga funksiýanyň gradiýenti diýilýär we $\text{grad}\varphi$ görnüşinde belgilenýär.

(28)-nji deňlemäniň esasynda \vec{E} wektor minus alamatly potensialyň graediýentine deňdir:

$$\vec{E} = -\text{grad}\varphi = -\nabla\varphi \quad (31)$$

Elektrik meýdanynda birmeňzeş potensialy bolan nokatlaryň üttün deň geçýän tekisligine ekwipotensial tekizlik diýilýär. Elektrik deýdanyň \vec{E} güýjenmesi potensialy uly bolan ekwipotensial üstden onuň kiçi bolan üstüne perpendikulýar ugrukdyrylandyr (3-nji surat). *Elektrik meýdanyň \vec{E} wektory bilen (31)-nny deňleme arkaly baglanyşygy bolan φ skalýar funksiýa elektrik meýdanyň skalýar potensialy diýilýär.*



3-nji surat. Elektrik meýdanyň güýjenmesiniň meýdanyň deňpotensial üstlerindäki ugry

Elektrik meýdanyň potensialy kesgitlenilende ululygy kesgitlenýän nokadyň önündäki nokada belli bir baha berilýär. Mundan soň hemme beýleki nokatlaryň potensialy belli bir kesgitli baha eýe bolýarlar, ýagny bir gymmatly bolýarlar. *Meýdanyň belli bir nokadynyň potensialyna kesgitli*

baha bermek bilen ony birgymmatly etmek düzgünine (prosedurasyna) normalamak diýilýär.

Ýeriň üstüne golaý ýerde elektrik emýdan öwrenilende potensialy nula deň üst hökmünde ýeriň üsti kabul edilýär. Ýagny Ýeriň potensialyny normalananda ony nula deňlenilýär. Zaryad giňligiň gutarnykly oblastynda ýerleşende bolup geçýän umumy

meseleler çözümlende zarýatdan tükeniksiz uzakdaky nokatlaryň potentsialyny nula deňlenilýär, ýagny normallanylýar.

3.3. Geçirijiler we dielektrikler elektrik meýdanynda

Tebigatda bar bolan materiallar özleriniň elektrik häsiýetleri boýunça umuman elektrik toguny geçirijiler, geçirmeýjiler we aramgeçirijiler diýilip atlandyrylýan üç topara bölünýärler. Bu maddalaryň toparlara bölünmekligine mümkinçilik berilýän kesgitlemeler dürli nazaryýet boýunça dürliüdir. Mysal üçin, klassika fizikasynyň nazaryýeti boýunça elektrik toguny geçirijiler diýilip, udel garşylyklary $\rho = 10^{-8} \div 10^{-6} \text{ Om}\cdot\text{m}$, geçirmeýjiler diýilip, bolsa udel garşylyklary $\rho = 10^6 \div 10^{15} \text{ Om}\cdot\text{m}$ aralykda bolan maddalar hasaplanylýar. Aramgeçirijiler bolsa udel garşylyklary geçirijiler bilen geçirmeýjileriň aralygynda bolan maddalardyr. Bu maddalary bir-birinden elektrik häsiýetleri boýunça aýyl-saýyl etmek üçin zona nazaryýeti boýunça berilýän kesgitleme düýpgöter başgadyr. Öny bu nazaryýet bilen tanyşylanda ýatlarys.

Geçirijilerdäki togy äkidijiler ujypsyzja güýçleriň täsirnetijesinde hereket edýärler. Şonuň üçin hem gewçirijidäki zarýatlaryň deňagramlaşykda bolmagy üçiniki şertiň ýerine ýetmegi zerurdyr:

- a. Geçirijiniň içiniň hemme göwrümünde elektrik meýdanyň güýjenmesi nola deň bolmalydyr. Ýagny

$$E_{iç.} = 0 \quad (1)$$

Bu bolsa, $\vec{E} = -grad \cdot \varphi$ ($E = -d\varphi / dX$) deňlige laýyklykda hemişelik potentsialda ($\varphi = const$) berjaý bolýar.

- b. Geçirijiniň ýstündäki meýdanyň güýjenmesi geçirijiniň üstüniň islendik nokadynda onuň üstüne geçirilen dikiň (perpendikulýäryň) ugruna ugrukdyrylmalydyr. Ýagny:

$$\vec{E} = \vec{E}_{dik.} \quad (2)$$

Diýmek, zaryatlaryň deňagramlaşyk halynda geçirijiniň üsti deňpotensially (ekwipotensial) bolar.

Zaryadlanan geçirijiniň içindäki elektrik meýdan

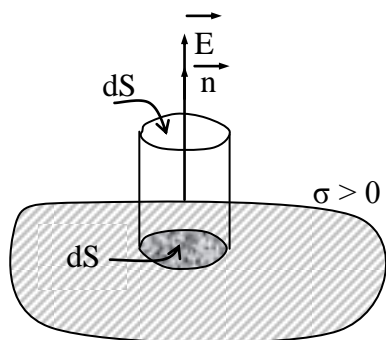
Eger geçiriji jisim käbir q zaryad bilen zaryadlandyrylsa zaryatylar geçirijiniň üstünde deňagramlaşyk şerti ýerine ýeter ýaly bolup paýlanarlar. Jisimiň içinde geçirijiniň dS- elementar kesgitli üstüni alalyň. Zaryatlaryň deňagramlaşyk şertinde agzalan geçiriji üstüň içinde elektrik meýdany nola deňdir. Şonuň üçin hem elektrik süýşme wektorynyň geçirijiniň üsti boýunça akymy nola deňdir. Gaussyň teoremesy esasynda seredilýän geçiriji üstüniň içindäki zaryatlaryň jemi hola deňdir (ýagny $N=0$ bilsa, onda Gaussyň teoremasy esasynda $N = \int_S D_n dS = \Sigma q; \quad \Sigma q=0$). Bu

geçirijileriň içinde islendik erkin alynan üstlerüçin dogrydyr. Diýmek, deňagramlaşyk şertinde geçirijileriň içiniň hiç bir ýerinde hem artykmaç zaryad bolup bilmez, olaryň hemmesi geçirijiniň üstünde zaryadlaryň üst dykzyzlygy blen paýlanandyr. Deňagramlaşyk halynda geçirijiniň içinde artykmaç zaryadlaryň ýoklygy sebäpli geçirijiniň içiniň käbir göwrümi köwlenip aýryls-da, ýagny onuň içinde boşluk emele getirilse hem geçirijiniň üstündäki zaryadlaryň deňagramlylygy bozulmýar. Diýmek, içi boş geçirijilerde-de edil bütewi geçirijilerdäki ýaly artykmaç zaryadlar olaryň daşky üstünde örän ýuka gatlak boýunça (ýagny iki goňşy atomyň arasyndaky uzaklygyň bir-iki ululygy ýaly kütülikde) paýlanandyr.

Geçirijiniň içinde meýdanyň ýoklygy $\vec{E} = -grad\varphi$ aňlatmadan görnüşi ýaly onuň içindäki hemme nokatlarda φ potensial bir meňzeş bolmagy bilen baglanyşykly. Ýagny hemme geçirijiler elektrostatika meýdanynda özlerini deňpotensial üstler hökmünde alyp baýarlar.

Geçirijileriň üstleriniň ekwipotensiallygyndan görnüşi ýalyonuň üstüniň islendik nokadynda E wektory üste geçirilen dikin ugryna ugrykdrylandyr. Eger bu beýle bolmadyk bolan bolsady onda E wektoryň galtaşma düzüjileriň täsiri netijesinde

geçirijilerin üstündeki zaryadlar herekete gelerdiler, ýagny zaryadlaryň deňagramlylygy bolmazdy.



4-nji surat. Zaryadlanan geçirijiniň üstündäki elektrik meýdan

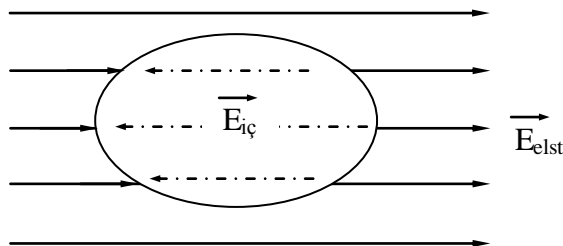
Geçirijiniň üstündäki elektrik meýdan. Geçirijiniň gös göni üstündäki elektrik meýdanynyň güýjenmesi onuň üstündäki zaryadlary ýönekeý gatnaşyk arkaly baglydyr. Bu baglanyşygy Gaussyň teoremasynyň kömegi bilen alyp bolar. Geçirijiniň bizi gyzyklandyran böleginiň üsti howasyz giňişlik bilen araçäkleşsin. E wektoryň çyzyklary geçirijiniň üstüne geçirilen dike parallel

bolsun we onuň bir esasy geçirijiniň içinde 4-nji suratda görkezilişi ýaly ýerleşýar diýip kabul edeliň. Onda E wektoryň bu üst boýunça akymy diňe silindriň ýokarky esasyynyň meýdanyndan çykar (gapdal we aşaky esasyynyň üstleri boýunça akym hola deňdir). Gaussyň teoreması boýunça

$$E_n dS = \sigma dS / \epsilon_0 ,$$

bu ýerde E_n E wektoryň n üste dikiň ugryna alynan proyeksiýasydyr, dS silindriň esasy, σ bolsa geçirijiniň üstündäki zaryadlaryň lokal üst dykzlygy.

Daşky elektrik meýdanyndaky geçirijiler Zaryadylanmadyk geçirijini



daşky elektrik meýdanynda ýerleşdirilse, onuň içindeki erkin elektronlara $F=eE$ güýjiň

5-nji surat. Daşky elektrostatik meýdanyndaky geçiriji

täsir etmegi bilen daşky meýdanyň E güýjenmesiniň tersine hereket ederler (5-nji surat). Netijede geçirijiniň uçlarynda garşylykly alamatly täsir netijesinde döredilen (induksion) zaryadlar ýüze çykar. Bu zaryadlaryň döredýän elektrik meýdanyň güýjenmesi daşky meýdanyň güýjenmesiniň garşysyna ugrukdyrylandyr. Daşky elektrik meýdanynda ýerleşdirilen geçirijilerdäki zaryadlaryň paýlanyşygy onuň içinde daşky elektrik meýdanyň $E_{daş}$ güýjenmesiniň garşysyna ugrukdyrylan $E_{iç}$ meýdanyň güýjenmesini döredýär. Superpozisiýa çemeleşmesi boýunça elektrik meýdanyndaky geçirijileriň içinde netijeleşýiji elektrik meýdanyň E_{net} güýjenmesi

$$\vec{E}_{net} = \vec{E}_{daş} + \vec{E}_{iç} , (4)$$

deňdir. Bu aňlatmany skalýär görnüşde

$$E_{net} = E_{daş} - E_{iç} , (5)$$

ýazyp bolar. Diýmek, aýry- aýry zaryadlaryň geçirijiniň içinde toplanmagy onuň içinde elektrik meýdanyň peselmegine alyp barýar. Geçirijiniň içinde zaryadlaryň paýlanyşy onuň içinde elektrik meýdanyň güýjenmesiniň nola deň ($E=0$) we onuň daşynda bolsa paýlanan zaryadlaryň döredýän dowam edýär. Bu şert (2.5)-nji aňlatma laýyklykda $E_{iç}=E_{daş}$ bolanda berjaý bolýar. *Şeýlelikde elektrik meýdanda ýerleşdirilen zaryadsyz geçiriji daşky elektrik meýdanyň güýjenmesiniň çyzyklaryny bölýär. Guýç çyzyklary geçirijiniň üstünde täsir bilen (induktiv) döredilen oňyndäl (otrisatel) zaryadlarda gutarýarlar we täzedan täsir bilen döredilen oňyn (položitel) zaryadlardan özleriniň başlangyjyny alýarlar (5-nji surat).*

Dielektriklerler diýip, elektrik toguny adaty şertlerde öz üstünden geçirmeýän materiallara aýdylýar. Geçirmeýjilerde uzak aralyklara süýşmäge we togy döretmäge ukyply erkin zaryadlar ýokdurlar. Şeýle hem bolsa geçirmeýjiler elektrik meýdanyna eltilende daşky we geçirmeýjintriginiň öz içindäki elektrik meýdanlarynda özgerişlik bolýar.

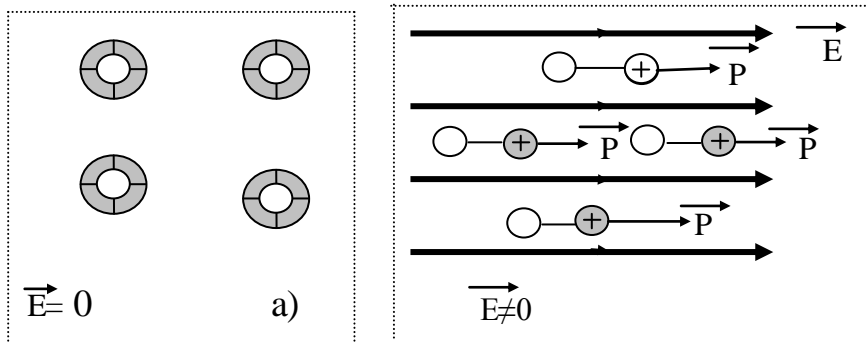
Muňa düşünmek üçin ilki bilen geçirmeýjileriň neýtral molekulalardan ýa-da kristal (NaCl görnüşdäki ionly kristallarda) zaryadlanan ionlardan ybaratdygyny hasaba almalı. Molekulalar

bolsa polýar we polýar däl bolup bilýärler. Polýar molekulalaryň düzümine girýän otrisatel we položitel zaryadlaryň agyrylyk merkezleri bir-birine gabat gelmeýärler . Bu bolsa molekulalarda hususy P dipol momentini döredýär. Polýar däl molekulalaryň hususy dipol momenti ýokdur, sebäbi olaryň agyrylyk merkezleri bir-birine gabat gelýärler.

Gaty kristal geçirmeýjileriň köpüsiniň dogry kristallik gözeneginiň düwüninde ionlar ýerleşýärler. Käbir halatlarda (mysal üçin bir elementiň atomyndan emele gelen kristallarda) ionlaryň hemmesi položitel bolup, olaryň arasyndaky baglanyşyk walent elektronlary bilen amala aşyrylýar (kowalent baglanyşyk) . Eger kristal himiki birleşme netijesinde emele gelen bolsa (mysal üçin nahar duzynyň kristaly), onda ony düzýän ionlar dürli alamatly zaryadlardan ybarat bolup, olar kristallik gözenekde özara elektrostatik çekişmäniň netijesinde saklanýarlar (ionly baglanyşyk) . Munuň ýaly kristallaryň gözenegini diňe položitel we diňe otrisatel zaryadlar bilen döredilen gözenek asty iki gözenekden düzülen hasaplamaly.

Dielektrikleriň polýarlanmagy Mälim bolşy ýaly elektrik meýdanynda ýerleşdirilen položitel zaryada meýdanyň güýjenmesiniň ugruna, otrisatel zaryada bolsa onuň garşysyna tarap ugrukdyrylan güýç täsir edýär.

Gecirmeýjiniň kristalynyň molekulalary ululygy deň , alamaty garşylykly , biri-birinden kesgitli uzaklykda ýerleşen zaryadlardan, ýagny elektrik dipollaryndan ybaratdyr. Polýar däl geçirmeýjileriň daşynda elektrik meýdan nola deň bolanda olaryň položitel we otrisatel zaryadlarynyň merkezi gabat gelýärler (6-njy a surat).Eger olaryň daşynda elektrik meýdany döredilse ,onda öňki neýtral molekulalaryň otrisatel zaryadlarynyň agyrylyk merkezleri daşky meýdanyň güýjenmesiniň garşysyna süýşýärler we olarda goşmaça moment emele gelýär (6-njy b surat). Polýar däl gecirmeýjintrik daşky elektrik meýdanynda ýerleşdirilende olaryň molekulalary polýarlanýarlar.



6-njy surat. Polýar däl dielektrik elektrik meýdany
a) ýok halatynda; b) bar halatynda;

Şeýlelikde geçirmeýjileriň islendik kesiminiň bir tarapynda položitel, beýleki tarapynda bolsa, otrisatel polýarlanan zaryadlar emele gelýärler. Polýar däl geçirmeýjilere wodorod, kislorod, azot we ş. m. gazlary mysal getirip bolar.

Polýar däl geçirmeýjileriň χ - geçirmeýjileriň kabul ediljiligi temperatura bagly däldir.

Daşky elektrik meýdany nola deň bolanda, geçirmeýjiniň islendik nokadynda oňyn we oňyndäl zaryadlar bir-birini kompensirleýärler. Şeýlelikde geçirmeýjiniň hemme ýerinde zaryadlaryň dykzlygy nola deňdir. Elektrik meýdanda geçirmeýjileriň polýarlanmagy olaryň üstünde (käbir halatda bolsa göwürümde) kompensirlenmedik zaryadlary, ýagny polýar ýa-da baglanyşykly zaryadlary döredýär.

Geçirmeýjiniň içindäki elektrik meýdan
Geçirmeýjiniň molekulalarynyň düzümine girýän zaryadlara polýarlanan ýa-da baglanyşykly zaryadlar diýilýär. Bu zaryadlar molekulardan daşlaşyp bilmeýärler.

Geçirmeýjiniň içinde bolup, emma onuň molekulalarynyň düzümine girmeyän zaryadlara, şeýle hem gecirmeyjintriginiň çäginde daşdaky zaryadlara erkin zaryadlar diýilýär.

Geçirmeýjiniň içindäki meýdan agzalan zaryadlaryň döredýän elektrik meýdanlarynyň superpozisiýasyna deňdir:

$$E=E_{\text{erk}}+E_n \quad (4)$$

bu ýerde E_{erk} we E_n deňişlilikde erkin we polýarlanan zaryadlaryň döredýän elektrik meýdanlarynyň güýjenmeleri. (4)-nji aňlatma bilen kesgitlenýän meýdana mikroskopik (ýa-da hususy) meýdan diýilýär. Bu meýdan molekulalaryň arasyndaky uzaklykda güýçli üýtgeýändir, şonuň üçin hem köplenç onuň ortaça bahalary alynýar we ol meýdan makroskopik hasaplanylýar.

Polýarlanmanyň P wektory makroskopik ululyk bolany üçin

$$P=\chi \cdot \epsilon_0 E$$

aňlatmadaky meýdanyň E güýjenmesini (4)-nji aňlatma boýunça hasaplanylýan ululyk diýip, düşünmeli.

Pýezoelektrik hadysa . Käbir kristal geçirmeýjilerde mehaniki naprýaženiýäniň täsiri astynda olarda polýarlanan zaryadlar döreýärler. Bu hadysa pýezoelektrik hadysasy diýilýar. Eger munuň ýaly geçirmeýji üýtgeýän elektrik meýdanynda ýerleşdirilse onuň daşky görnüşi ýoýulýar (deformirlenýar).

Mehaniki güýjiň täsiri astynda kristal gözenegiň kiçijik öýjükleri ýoýulýar we özara süýşýärler. Munuň ýaly süýşmeler kristalda zaryadlaryň bölünmegine we polýarlanan zaryadlaryň döremegine getirýär. Agzalan hadysa diňe simmetriýa merkezi bolmadyk we simmetriýa derejesi pes bolan kristallarda ýüze çykýar. Ters pýezoelektrik hadysanyň ýüze çykmagyny energiýanyň öwrülme we saklanma kanuny esasynda düşündirip bolar. Dogrudan-da, pýezoelektrik hadysa bolmasa kristal ýoýulanda edilýän iş maýyşgak ýoýulan kristalyň potensial energiýasyna öwrülýär. Pýezoelektrik hadysasynda zaryad ýüze çykyp, belli bir energiýaly elektrik meýdany peýda bolýar.

Energiýanyň saklanmak we öwürülmek kanunyna laýyklykda pýezoelektrik häsiýetli kristal gysylanda (ý-da süýndirilende) artykmaç iş edýär. Şonuň üçin hem onda goşmaça güýç ýüze çykýar. Bu güýç bolsa ters pýezoelektrik hadysany döredýän güýçdir.

Dogry we ters pýezoelektrik hadysalary tehnikada pýezomikrofonlarda, pýezotelefonlarda, pýezoadapterlerde, owunjak tolgunmalary ölçeýijilerde grawitasiýa tolkunlary tutujy pýezoelementlerde we ş.m.-lerde giňden ulanylýar.

3.4. Hemişelik elektrik togy we onuň kanunlary

Geçirijiniň içinde zaryadly bölejikleriň bir tarapa tertipli hereketine elektrik togy diýilýär. Elektrik togy dörende geçirijiniň kese kesiginiň s meýdanyndan haýsy hem bolsa bir tarapa geçýän zaryadlaryň mukdary onuň garşylykly tarapyna geçýän zaryadlarynyň mukdaryndan köpdür. Geçirijiniň daşynda elektrik meýdany bolmadyk halatynda togy äkitmäge ukyply zaryadlanan bölejikler tertipsiz hereketde bolup, geçirijiniň kese kesiginiň S meýdanyndan iki tarapa hem olar takmynan deň mukdarda geçýärler. Şeýlelikde S meýdandan akyp geçýän toguň ululygy nola deňdir. Geçirijiniň uçlaryndaky potensiallaryň tapawudyny noldan uly edilip saklanylsa onuň içindäki zaryadly bölejikleriň tertipsiz hereketiniň üstüne goşmaça bir tarapa ugrukdyrylan “ v ”orta tyzlykly hereket goşulýar we elektrik togy döreýär.

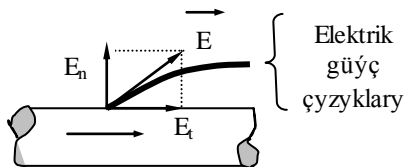
Şeýlelikde elektrik togy ýüze çykýar. Ýagny , *metallardaky elektrik togy diýip, erkin elektronlaryň bir tarapa ugrukdyrylan , ýa-da başgaça olaryň tertipli hereketine aýdylýar.* Uçlarynda potensiallaryň tapawudy noldan uly bolan geçirijidäki erkin elektronlar haýsy tarapa hereket edýärlerkä? Bu soraga jogap bermek üçin elektrostatikanyň kanunlaryny ýada salalyň. Belli bolşy ýaly elektrik meýdanynyň potensiýallarynyň uly bolan nokadyndan onuň kiçi bolan nokadyna tarap elektrik meýdanynyň güýjenmesi ugrukdyrylandyr. Elektronlar bolsa, elektrik meýdanynyň täsiri netijesinde onuň güýjenmesiniň ugrunyň

tersine hereket edýärler. Diýmek, uçlarynda potentsiallaryň tapawudy döredilen geçijilerde elektronlar potentsiallaryň kiçi bolan ýerinden onuň uly baha eýe bolan tarapyna "akýarlar". Elektrik togunyň tehniki ugry hökmünde oňyn zaryadlanan (zaryadlanan) blejikleriň hereketiniň ugry, başgaça aýdylanda erkin elektronlaryň hereket edýän ugruna ters bolan ugur kabul edilýär.

Geçirijileriň uçlarynda döredilen potentsiallaryň tapawudy wagt birliginde hemişelik bolsa, geçirijide üýtgemeyän tok döreýär. Diýmek, geçirijiniň üstünden üýtgemeyän toguň akmagy üçin onuň hemişelik tok çeşmelerine – akkumulyatorlara ýa-da hemişelik elektrik togunyň öndürijilerine (generatorlaryna) birikdirilmelidir.

Üýtgemeyän tokly geçirijidäki elektrik meýdan. Öň subut edişi ýaly, eger geçirijileriň üstünde zaryadlar deňagramlaşykda bolsalar, onda olaryň elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň wektory geçirijiniň üstüne dikligine ugrukdyrylandyr. Elektrik güýç çyzyklary bolsa geçirijiniň üstüne dikdirler. Geçirijiniň üsti we içi deňpotensially bolup, geçirijiniň içinde bolsa, elektrik meýdany nola deňdir.

Eger elektrikli, ýagny zaryadly bölejikler bir tarapa ugrukdyrylan hereketde bolsalar, onda ýagdaý üýtgär. Birinjiden, elektrik meýdanyň güýjenme wektory geçirijiniň üstüne dir bolman, onuň üsti bilen α burç emele getirýär (7-nji surat). Diýmek, bu halatda bölejikleri herekete getirýan elektrik meýdany



7-nji surat .Tokly geçirijiniň üstündäki elektrik meýdanyň güýç çyzyklary

$$E_t = E \cos \alpha$$

we onuň güýji

$$F_t = qE_t = qE \cos \alpha \quad (1)$$

görmüşdedirler.

İkinjiden bolsa, elektrik güýç çyzyklary geçirijiniň üstüne geçirilen dir bolýunça ugrukdyrylman, olar hem bu üst bilen α burç emele getirýärler. Şeýle bolgany üçin geçirijiniň üstü deňpotensially däldir. Ýagny geçirijiniň boýuna potensiallaryň peselmesi ýüze çykýar. Geçirijiden tok geçende onyň içinde döreyän elektrik meýdany üst zaryadlary tarapyndan döredilýär. Tokly geçirijide potensial toksyz geçirijilerdäki zaryadlaryň deňagramlaşygyndakysyndan üýtgeşik bolýar.

Tok güýji. Elektrik toguny häsiýetlendirmek üçin onuň güýji I we tok güýjiniň dykzyzlygy j ululyklar girizilýär .

Tok güýji diýip, tükeniksiz az dt wagat birliginde geçirijiniň kese-kesiginden akyp geçýän dq zaryadlaryň mukdaryna aýdylýar:

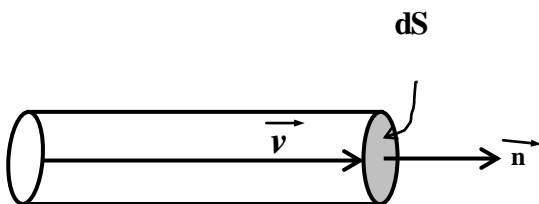
$$I = \frac{dq}{dt} \quad (2)$$

Tok güýji skalyar ululykdyr . Ölçegleriň halkara ulgamynda (ÖHU) ol Amperlerde (A) ölçenilýär. Eger bir sekunt wagat aralygynda geçirijiniň kese-kesiginden bir kulon zaryad geçýän bolsa, onda geçirijiden akýan toguň güýji 1 A diýilýär, ýagny $1A = 1Cl/s$.

Biri beýlekisinden bir metr uzaklykda ýerleşen parallel tükeniksiz uzynlykly tükeniksiz inçe geçirijiniň her bir metr uzaklygynda $2 \cdot 10^{-7}$ Nyutona deň bolan özara täsiri döredýän tok güýjine, bir amper tok güýji diýilýär.

Iş ýüzünde has uly we kiçi toklary ölçemek üçin kiloamper, milliamper, mikroamper we nanoamper birlikler ulanylýar. Olaryň arasynda aşakdaky ýaly baglanyşyklar bar: $1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A}$;
 $1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$; $1 \text{ mA} = 10^{-6} \text{ A}$; $1 \text{ nA} = 10^{-9} \text{ A}$.

Tok güýjiniň dykzlygy. Metal geçirijileriň içinde hyýalymyza



8-nji surat. Elektrik geçirijiniň kesim bölegi

zaryadlaryň bir tarapa ugrukdyrylan hereketiniň orta tizligidir. Silindriň göwrümindäki zaryadlanan bölejikleriň göwrüm birligindäki sanyny n bilen belläliň ($n=N/dV$). Onda seredilýän dt wagtda v tyzlyga dikleýin ýerleşen dS üstden geçýän zaryadlaryň mukdary $dq=eN$. Ýa-da $N=ndV$ silindriň dV göwrümindäki zaryadlaryň sany, dV bolsa $dV=vdt \cdot dS$ bolany sebäpli

$$dq = envdt \cdot dS$$

Seýleklikde wagt birliginde geçirijiniň üst birliginden geçýän zaryadlaryň mukdaryny tapyp bolar. Ýagny $dq = nevdsdt$, bu ýerden bolsa

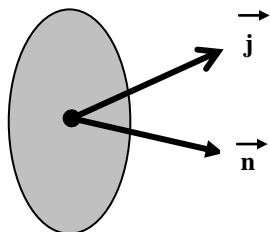
$$J = dq/(dsdt) = ne v \quad (3)$$

Ýa-da

$$\vec{j} = ne\vec{v} \quad (4)$$

Döýmek, elektrik togunyň dykzlygy diýip, geçirijiniň üst birliginden wagt birliginde akyp geçýän zaryadlaryň mukdaryna düşünilýär Bu ýerde \vec{j} tok güýjiniň dykzlygynyň wektorydyr.

uzynlygy $dl = vdt$ bolan kiçi göwrümlü silindr alalyň (8-nji surat). Bu ýerde v - alynan silindriň göwrümindäki togy dörediji



9-njy surat. Geçirijiniň kese kesigine geçirilen wektorlar

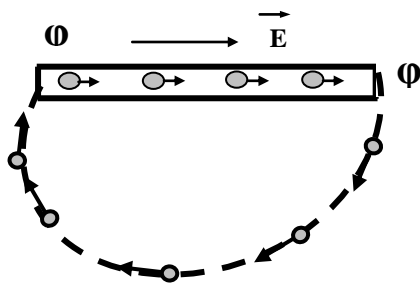
Onuň ugry oňyn (položitel) zaryadlanan bölejikleriň tertipli hereketiniň tizliginiň ugry bilen gabat gelýär. Eger geçirijide togy döretmäge birnäçe görnüşdäki zaryadly bölejikler gatnaşsalar, onda tok güýjüniň dykzlygy hemme görnüşdäki zaryadlanan bölejikler boýunça (4) –nji aňlatmany jemläp ýazyp bolar

$$\vec{j} = \sum n_i e_i v_i = \sum j_i \quad (5)$$

Geçirijiniň kese kesiginiň dS meýdançasyna geçirilen dikeň ugry hökmünde \vec{n} birlik wektoryň ugruny alalyň (9-njy surat). \vec{n} normalyň ugruna geçirilýän zaryadlary oňyn we onuň garşysyna geçirilýänleri bolsa oňyndäl hasaplanylýar. Umuman wagt birliginde geçirilýän zaryadlaryň mukdaryny

$$dq = (\vec{j} \cdot \vec{n}) dS = j_n \cdot dS \quad (6)$$

görnüşde ýazylýar. Bu aňlatma dS meýdança \vec{j} wektoryň dikleýin bolmadyk ýagdaýlarynda hem ýerine etýär. Hakykatdan hem \vec{j} wektoryň dS meýdança dikleýinlik (perpendikulýar) düşünjesi boýunça elektrik mukdary geçirilmeýär.



10-njy surat. Ýapyk elektrik zynjyryň modeli

Elektrik hereketlendiriji güýç (EHG) Eger geçirijide elektrik meýdany döredilip, onuň energiýasynyň ýitgisiniň öwezi doldurylyp durulmasa, geçirijide dörän elektrik togy kesgitli wagtdan soňra kesiler. Goý seredilýän geçirijide togy

akidiji bolup, oňyn zaryadlar hyzmat edýär diýeliň. Onda geçirijide toguň uzak wagtlap dowam etmegi üçin geçirijiniň uçlarynyň potensialynyň kiçi ýerlerinde toplanan oňyn zaryadlary geçirijiniň başlangyç ujy hasaplanylýan potensialy uly bolan ýerine üznüksiz dolandyryp ertmelidir (10-njy surat). Başgaça

aýdylanda zaryadlary üznüksiz ýol boýunça aýlap geçirijiniň başlangyç potensialy uly nokadyna getirmeli. Bu bolsa hemişelik toguň çyzyklarynyň bütewidigini aňladýar. Ýapyk elektrik zynjyrynda oňyn zaryadlaryň potensialyň azalýan tarapyna hereket edýän bölümleri bilen bir hatarda, olaryň potensiallarynyň artýan tarapyna hereket etmeli bölümi hem bardyr (23-nji suratda üznükli çyzyk bilen görkezilen). Emma elektrostatik meýdanynyň güýjenmesiniň E wektorynyň ýapyk geçiriji halka boýunça aýlanmasynyň nola deň bolmagy zerarly ($\oint \vec{E} d\vec{l} = 0$) potensialyň artýan ugryna oňyn zaryadlary hereketlendirmek üçin elektrostatik tebigaty bolmadyk meýanlaryň güýçleri zerurdyr. Munuň ýaly güýçlere gaýry (daşky) güýçler diýýär. Olar himiki hadysalarda, birhili däl gurşawlarda togy äkidijileriň aralaşmaklarynda (diffüziýasynda), iki dürli geçirijileriň çäginde we ş. m.-lerde döreyärler.

Gaýry güýçler zynjyrdaky oňyn zaryadlary süýşürmek üçin özleriniň ýerine ýetirýän işleri boýunça häsiýetlendirilýär. Birlik zaryadlary göçürmek (süýşürmek) üçin gaýry güýçleriň ýerine ýetirýän işlerine deň bolan ululyga zynjyrdaky (ýa-da onuň bölümünde) täsir edýän EHG diýilýär. Ýagny

$$\varepsilon = A^* / q \quad (7)$$

Zaryadlara täsir edýän gaýry güýçleri

$$F^* = qE^*, \quad (8)$$

görmüşde aňladyp bolar. Bu ýerde E^* - gaýry güýçleriň elektrik meýdanynyň güýjenmesi.

Diýmek, ýapyk zynjyrdaky täsir edýän EHG gaýry güýçleriň güýjenmesiniň bu zynjyrdaky aýlanmasy ýaly kesgitlenilýär.

Birlik zaryady göçürmek üçin elektrostatik we gaýry güýçleriň edýän işlerine san taýdan deň bolan işlere naryäženiýäniň pese düşmegi ýa-da ýöne “U” naprýäženiýe diýilýär. naprýäženiýe baradaky aýdylanlary göz önünde tutup,

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12}, \quad (11)$$

görmüşde ýazyp bolar.

Zynjyrdä gaýry (daşky) güýçleriň täsir edmeýän bölümleri bir hilli, onuň täsir edýän bölümleri bolsa, birhilli däl hasaplanylýar. Zynjyryň bir hilli bölümleri üçin:

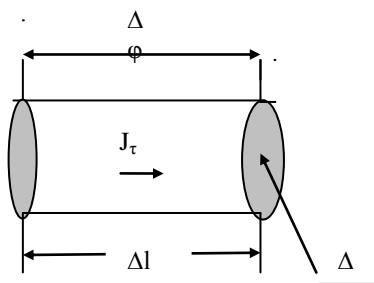
$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2, \quad (12)$$

ýagny elektrik zynjyrlaryň birhilli böleginde naprýaženiýe potentsiallaryň tapawudyna deňdir.

Birhilli elektrik zynjyry üçin omuň kanuny geçirijileriň garşylyklary. 1827-nji ýylda G. S. Om geçirijiden akyp geçýän tok güýji bilen, onuň uçlaryndaky naprýaženiýanyň arasyndaky baglanyşyk kanunyny tejribe netijesinde açdy. Bu kanun zynjyryň bölegi üçin Omuň kanuny diýip atlandyrylýar.

$$I = U / R \quad (13)$$

Bu ýerde: U – elektrik toguň naprýaženiýasy W – larda; R – geçirijiniň garşylygy Om –larda, ölçenilýär. Geçirijiniň garşylygy diýip, togy äkidiji bölejikleriň özleriniň bir tarapa ugrukdyrylan hereketleriniň dowamynda kristal gözenegiň düwünindäki garmoniki yrgyldylary ýerine ýetirýän özara berk baglanyşykly ionlar bilen çakyşmaklary zerarly ýüze çykyan, hereketiň garşysyna ugrukdyrylan sürtülme güýjine düşünilýär. Netijede togy äkidiji bölejigiň energiýasy ýitýär we bu ýitgi geçirijiden ýylylyk energiýasy hökmünde bölünip çykyar. Geçirijileriň garşylyklary olaryň daşky görnüşine hem baglydyr. Silindr görnüşli geçirijileriň garşylyklary



11-nji surat. Silindr şekilli geçiriji

$$R = \frac{1}{\gamma} \frac{l}{S}, \quad (14)$$

deňlik bilen hasaplanylýar.

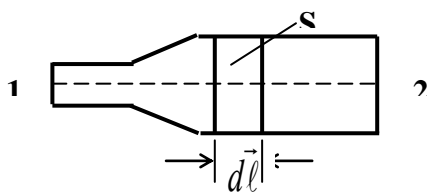
Bu ýerde γ – geçirijileriň elektrik togy geçirijiligi, l we S deňişlilikde geçirijiniň uzynlygy we kese- kesiginiň meýdany. Geçirijilik ÖHU.- da simenslerde kesgitlenilýär, ol garşylygyň ölçeg birligine ters bolan ululyk (Om^{-1}). Omuň

kanunyny differensial görnüşde aňlatmak üçin, silindr görnüşli geçirijileriň Δl uzynlykly we ΔS kese-kesikli tükeniksiz kiçi bölegine seredeliň (11-nji surat) Uçlaryna potentsiallaryň tapawudy döredilen bu geçirijiniň garşylygy (14)-nji deňlik boýunça, üstünden akýan tok güýji bolsa

$$I_{\tau} = j_{\tau} \Delta S, \quad (15)$$

bilen aňladyp bolar.

Zynjyryň birhilli däl bölegi üçin Omuň kanuny. Elektrik



12-nji surat. Diametri endigan bolmadyk geçirijiniň kese kesigi

togunyň zynjyrynyň bir hilli däl bölümünde togy äkidijilere $e\vec{E}$ elektrosatatik güýçdern başgada $e\vec{E}^*$ gaýry güýçler täsir edýärler. Gaýry güýçler hem edil elektrostاتيكي güýçler ýaly togy äkidijileri bir tertipli hereket etdirmäge ukyplydyrlar. Omuň

kanunynyň differensial görnüşine laýyklykda meýdanyň güýjenmesi bilen togy äkidiji bölejikleriň tertipli hereketiniň orta ululygy özara goni baglanysykdadylar. Ýagny zaryadlaryň geçirijidäki tertipli hereketiniň orta tizligi elektrostatik $q\vec{E}$ güýje göni baglydyr. Diýmek, eger seredilýän bölümlerde elektrostatik güýçlerden başga-da gaýry $e\vec{E}^*$ güýç hem bar bolsa, onda zaryadlanan bölejigiň tertipli hereketiniň orta tizligi bu güýçleriň ikisine hem çyzyklaýyn baglanyşyklydyr. Bu toguň dykzlygynyň elektrik meýdanlaryň \vec{E} we \vec{E}^* güýjenme wektorlarynyň ikisiniň hem jemine göni baglanyşykda diýiligidir.

$$\vec{j} = \gamma(\vec{E} + \vec{E}^*) \quad (23)$$

Bu aňlatma zynjyryň birhilli däl bölümü üçin Omuň kanunynyň differensial görnüşidir. Omuň differensial görnüşdäki kanunundan onuň integral görnüşine geçip bolar. Munuň üçin zynjyryň birhilli

däl bölüminiň içinde aşakdaky şertleri berjaý edýän toguň çyzygy bar bolsun:

1. kontura dikleýin kesimleriniň her birinde $\vec{j}, \gamma, \vec{E} \cdot we \cdot \vec{E}^*$ ululyklaryň ýeterlik derejede bir meňzeş ululyga eýe bolsunlar; $\vec{j}, \vec{E} \cdot we \cdot \vec{E}^*$ wektorlar her bir nokatda şol nokatdaky toguň çyzygyna geçirilen galtaşmanyň ugruna ugrukdyrylan bolsunlar.

Goý geçirijiniň kese kesiginiň meýdany hemişelik bolsun (3.6-njy surat).

$$IR = \varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12} \quad (24)$$

Edil tok güýji ýaly EHG hem algebraik ululykdyr. Eger saýlanyp alynan ugur boýunça EHG oňyn zaryadlanan bölejikleriň hereket etmegine ýardam berýän bolsa ol $\varepsilon > 0$ oňyn, päsgel berýän bolsa $\varepsilon < 0$ oňyndäl hasaplanylýar. Şonuň üçin hem (24)-nji deňlikdäki ε -nyň önünde \pm alamaty goýulsa has takyk bolar. Bu deňligiň

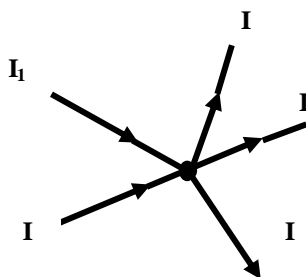
$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 \pm \varepsilon}{R}, \quad (25)$$

görnüşine zynjyryň birhilli däl bölümi üçin Omuň kanuny diýilýär. ε zynjyrdaky täsir edýän EHG, R bolsa elektrik zynjyryň içki ($r_{içki}$) we ($R_{daş}$) daşky garşylyklarynyň jemi, ýagny elektrik zynjyryň doly garşylygydyr.

Şahаланан токly geçirijiler. Krihgofyň düžgünleri. Omuň kanuny boýunça ýönekeý elektrik zynjyrdaky tok güýçkerini hasaplap bolar. Şahаланан zynjyrdaky tok güýjini zaryadlaryň we energiýanyň saklanmak kanunundan gelip çykýan, Kirhgofyň kanuny bilen kesgitlenýär.

Zaryadlaryň saklanmak kanunynyň esasynda düwüne girýän we ondan çykýan toklaryň jemi özara deňdirler (13-nji surat).

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5 \quad (26)$$



13-nji surat
Şahalanan toklar

Bu Kirhgofyň birinji düzgünidir . Başgaça , bu şahalanma nokadyndaky hemme toklaryň algebraik jemi nola deňdir diýip, hem aýdyp bolar (26).Elektrik zynjyryň düwüni diýip, iki we köp tok geçiriji simleriň birigen nokadyna aýdylyar.

$$\sum_i I_i = 0 \quad (26)$$

Eger ýapyk elektrik zynjyry birnäçe EHG–si ε bolan tok çeşmelerinden ybarat bolsa , onda zynjyrdaky potensialyň pese gaçmaklarynyň jemi zynjyra birikdirilen EHG-laryň algebraik jemine deňdir . Alamlarda ýalňyşmazlyk üçin geçiriji halkada (konturda) aýlanmanyň oňyn (položitel) (tehnik) ugry hökmünde kesgitli ugur kâbul edelýär (14)-nji surat Aýlanma ugry hökmünde bu ýerde sagat peýkamynyň aýlanma ugry kabul edilen

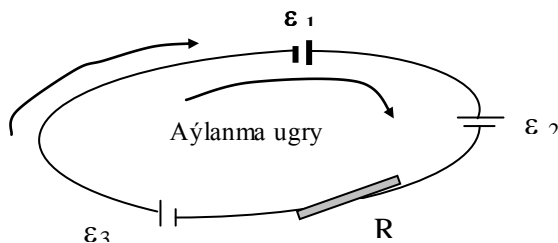
Ýapyk geçiriji halkada bar bolan tok güýçleriniň ululygynyň zynjyryň içki we daşky garşylyklarynyň jemine köpeltmek hasyly geçiriji halkada bar bolan EHG-leriň algebraik jemine deňdir.

$$\pm I \sum R_k = \sum \pm \varepsilon_i, \quad (27)$$

bu ýerde tok güýjiniň we EHG-niň önündäki \pm alamlary, ýokarda agzalan şert boýunça alynmalydyr. Bu deňleme Kirhgofyň ikinji düzgüniniň matematiki aňlatmasydyr. Bu düzgüniň kesgitlemesi: “Ýapyk elektrik halkalarynda naprýaženiýäniň pese

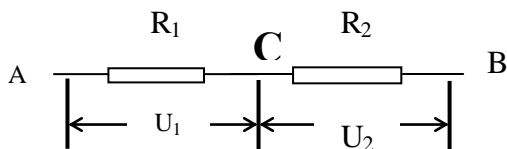
gaçmalarynyň jemi geçiriji halkanyň içinde täsir edýän EHG-leriň jemine deňdir”.

Garşylyklaryň yzygider we parallel birikdirilişi



14-nji surat. Birhilli däl ýapyk elektrik zynjyry

Elektrik shemalarda garşylyklaryň yzygider birikdirilişi 15-nji suratda görkezilen. Bu shemada AB nokatlaryň arasynda geçiriji şahalanmaýanlygy üçin ondan akyp geçýän tok güýji agzalan nokatlaryň arasynda bir maeňzeşdir. Ýagny R_1 we R_2 garşylyklaryň



15-nji surat. Garşylyklaryň yzygider birikdirilişi

garşylyklaryň uçlaryndaky U_1 we U_2 deňdir:

$$U_{AB} = U_1 + U_2 \quad (28)$$

Zynjyryň bölegi üçin Omň kanunyndan peýdalanyp, bu anlatmany

$$I_{AB}R_{AB} = I_1R_1 + I_2R_2$$

üstünden akýan
 $I_1 = I_2 = I_{AB} (*)$
 AB nokatlaryň
 arasyndaky
 naprýaženiýa bolsa
 R_1 we R_2
 naprýaženiýanyň jemine

görmüşde ýazyp bolar. Ýa-da (*) bilen bellenen deňligi göz önünde tutup, garşylyklaryň yzygider birikdirmesi üçin

$$R_{AB} = R_1 + R_2$$

aňlatmany alarys. Bu deňlik islendik mukdardaky yzygider birikdirilen garşylyklar üçin aşakdaky ýaly ýazyklýar

$$R_{yz} = \Sigma R_k, \quad (29)$$

Diýmek, yzygider birikdirmede umumy garşylyk bu zynjyra dakylan aýry-aýry garşylyklaryň jemine deňdir.

Üýtgemeyän elektrik toguň kuwwady. Uçlarynda U naprýaženiýa goýulan hemişelik toguň mesawy alynan bölümine seredeliň. Geçirijiniň her bir kese kesiginden t wagtda $q=It$ zaryad akyp geçýär. Bu ge çirijiniň bir ujundan onuň beýleky ujyna t wagt aralygynda It zaryad geçýär diýiligidir. Bu ýagdaýda elektrostatik we gaýry güýçleriň meýdanlarynyň geçirijiniň seredilýän bölümünde täsir edýän güýçleri

$$A=Uq=Uit, \quad (30)$$

iş i ýerine ýetirýärler.

Bu deňligiň iki tarapyňy hem t wagta bölüp, we birhilli däl zynjyr üçin ömuň kanunyny ulanyp, *geçirijiniň seredilýän bölümünde hemişelik elektrik togunyň döredýän kuwwadyny taparys:*

$$P = UI = (\varphi_1 - \varphi_2) \cdot I + \varepsilon_{12} I \quad (31)$$

Diýmek, hemişelik elektrik zynjyrynyň bölümüniň kuwwady diýip, zynjyryň şol böleginden akyp gheçýän tok güýjüniň bölümüň uçlaryndaky naprýaženiýesine köpeldilmegine düşünilýär.

Elektrik toguň kuwwady watlarda (wt) hasaplanylýar. $1wt=1W \cdot 1A \cdot e$ deňdir.

Joulyň we Lensiň kanuny. Eger üstünden tok akýan geçiriji dynçlykda bolup, onuň içinde hiç hili himiki üýtgemeler bolup geçmese 32-nji aňlatma bilen kesgitlenýän işi geçirijileriň içki energiýasyny artdyrmaga harçlanýar we geçirijiden ýylylyk bölünip çykýar.

$$Q = UI t \quad (32)$$

Bu anlatmadaky napryaženiýäni Omuň kanunyna laýyklykda $U = IR$ bilen çalşyryp geçirijiden tok akyp geçende bölünip çykýan Q ýylylyk mukdaryny

$$Q = I^2 R t \quad (33)$$

Görmüşde aňladyp bolar. Bu kanun tejribe üsti bilen bir birinden baglanyşyksyzlykda Joule we Lenz tarapyndan açylany üçin olaryň kanuny diýilip atlandyrylýar. Diýmek, *Joulyň we Lenzň kanunyna görä geçirijiden tok akyp geçende ondan bölünip çykýan ýylylyk mukdary şol geçirijiniň geçýän elkektrik togüň güýjüniň kwadratyna, garşylygyna we bu hadysanyň bolup geçýän wagtyna göni baglydyr*. Eger geçirijidäki tok güýji wagtyň geçmegi bilen üýtgeýän bolsa, onda t wagtda bölünip çykýan ýylylyk mukdary

$$Q = \int_0^t R I^2 dt \quad (34)$$

aňlatma bilen kesgitlenýär.

3.5. Magnit meýdany

Elektrik tokly geçirijileriň özara täsirini öwrenmeklige dünýäniň köp alymlary gatnaşdylar. Olardan diňe Bio (1773-1862), Sawar (1791-1841), Amper (1775-1836) we Laplas (1749-1829) bu kanuna özleriniň saldamly goşandyny goşupdyrlar.

1820-ýylda Erstet elektrik togyny n – magnit peýkamjagazyna edýän täsirini açypdyr. Edil şol ýyl Bio we Sawar idel elektrik tokly geçiriji bölegiň özünden r uzaklykda ýerleşdirilen magnit polýusyna edýän dF täsir güýjiniň kanunyny kesgitläpdirler. Bu kanuna laýyklykda

$$dF \sim idl \cdot \varphi(\alpha) \cdot f(r)$$

bu ýerde α elektrik tokly bölek geçiriji bilen magnit polýusynyň özara ýerleşiş burçy, $\varphi(\alpha)$ funksiýasy bolsa soňra tejribe üsti bilen kesgitlenipdir. Bu ýerdäki $f(r)$ Laplas tarapyndan $f(r) \sim 1/r^2$ görnüşde nazary hasaplamalar esasynda hödürlendi. Şeýlelikde magnit polýusyna elektrik tokly geçirijiniň edýän täsir güýjini häsiýetlendirýän deňleme Bio, Sawar we Laplas tarapyndan bilelikde tapylypdyr. 1826-njy ýylda bu kanun Bionyň, Sawaryň we Laplasyň ady bilen elektrik tokly bölek geçirijiniň magnit polýusyna edýän täsiri hökmünde gutarnykly kesgitlenipdir. Ol döwürde magnit meýdanyň güýjenmesi düşünje bolmandyr.

1820-nji ýylda Amper parallel elektrik tokly geçirijileriň özara çekişmesini we itekleşmesini açmak bilen burumça simiň (solenoidiň) hemişelik magnide barabar täsiriniň bardygyny görkezipdir. Bu bolsa magnit özara täsirleriniň elektrik tokly bölek geçirijileriň özara täsirine syrykdyrylmagyny we Kulonyň kanunynyň elektrostatikada oýnaýan roly ýaly magnetizmde rol oýnap biljek elektrik tokly bölek geçirijiniň özara täsiriniň esasy kanunyny açmaklyga niýetlenen gözleg işleriniň geçirilmegine giň ýol açdy. Amper özüniň matematika we nazaryýet ylmlary bilen iş salyşýandygyna garamazdan elektrik tokly bölek geçirijiniň özara täsirini görkezmek üçin örän ajaýyp, gural ýasapdyr we elektrik tokly geçirijileriň özara täsir kanunyny açypdyr.

Magnit meýdanyň elektrik tokly bölek geçirijä edýän mehaniki täsirini mukdar taýdan aňlatmak üçin meýdanyň her bir nokadyny häsiýetlendirýän käbir B wektory girizmek zerurdyr. Bu ýagdaýda idl tokly bölek geçirijä täsir edýän güýji aşakdaký ýaly aňladyp bolýar:

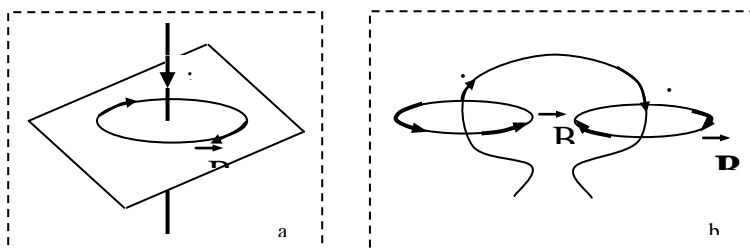
$$d\vec{F} = i[d\vec{\ell} \cdot \vec{B}], \quad (1)$$

bu ýerde B magnit meýdanyň induksiýasy bolup, ol magnit meýdanyň güýç häsiýetnamasyny görkezýän ululykdyr. Bu deňlikden görnüşi ýaly meýdanyň magnit induksiýasy elektrik toguň birlik bölegine ($idl = 1m \cdot 1A$) magnit meýdany tarapyndan täsir edýän dF güýje san taýdan deň bolan ululykdyr. ÖHU-ynda onuň birligi tesladyr ($1Tl = 1N / m \cdot A$). SGSM hasaplaýyş ulgamda bolsa, magnit meýdanyň induksiýasy gausslarda ($1Gs =$

10^{-4}Tl) ölçenilýär. Magnit induksiýasy wektor ululyk bolup, onuň ugry sag hyryň ýa-da burawjygyň düzgüni bilen kesgitlenilýär.

Göni elektrik tokly geçirijiniň döredýän magnit meýdanynyň induksiýasynyň ugry üçin bu düzgüni:

- Eger burawjygyň öňe bolan hereketi göni elektrik tokly geçirijiniň ugry bilen gabat gelse, onda onuň tutawajynyň aýlaw ugry magnit induksiýasynyň ugryny görkezzer (16-njya surat).*
- Elektrik tokly yaýlaw geçiriji üçin: Eger burawjygyň tutawajynyň aýlanma ugry elektrik tokly aýlaw geçirijiniň ugry bilen gabat gelse, onda onuň öňe bolan hereketi burawjygyň duran ýerindäki magnit induksiýasynyň ugryny görkezzer (16-njy b surat).*



16-njy surat. Içi elektrik tokly a) göni we b) aýlaw geçirijiniň döredýän magnit meýdanynyň induksiýasy

Tejribelerin görkezişine görä elektrik meýdany ýaly edil magnit meýdany üçin hem superpozisiýa çemeleşmesi meýdanyň üýtgemeginiň örän giň gerimi üçin ýerine ýetýändir. *Eger magnit meýdany bir näçe elektrik tokly geçirijiler bilen döredilýän bolsa, onda jemleýji meýdanyň induksiýasy aýry-aýry tokly geçiriji halkalaryň döredýän induksiýalarynyň wektor jemine deňdir:*

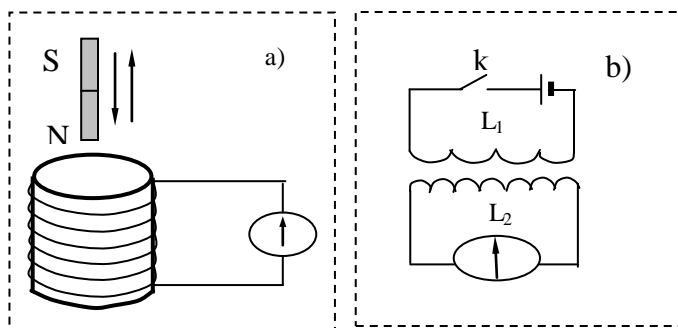
$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n = \sum_k \vec{B}_k \quad (2)$$

Bu ýerden görmüşi ýaly superpozisiýa çemeleşmesi elektrik tokly bölek geçirijiler üçin hem berjaý bolýar.

3.6. Elektromagnit induksiya hadysasy

Elektrik tokly geçirijiniň töwereginde magnit meýdanyň bolmagy Faradeýde bu hadysanyň tersi, ýagny elektrik togy magnit meýdanyň döredýän bolsa, onda magnit meýdany elektrik togyny emele getirip bilmezmikä diýen pikir döräpdir. Şeýlelikde 1831-nji ýylda Faradeý tarapyndan elektromagnit induksiya hadysasy açylypdyr. Bu hadysa görä ***islendik ýapyk halka bilen çäklenen meýdanyň içinden geçýän N magnit akymynyň üýtgemegi bu geçiriji halkanyň zynjyrynda induksiýanyň togyny döredýär. Bu hadysa elektromagnit hadysasy diýilýär.***

Eger hemişelik magnidi, uçlaryna galwanometr dakylan sim tegegininiň içinde hereketlendirilse, onda galwanometr elektrik togynyň döreýändigini görkezەر (17-nji a surat). Özi hem magnidi tegege girizilende galwanometr bir tarapa, çykarylanda bolsa,



17-nji surat. Faradeýiň tejribeleriniň shemasy

garşylykly tarapa gyşarýar. Tegekte döreýän indursiya togynyň ugry onuň içinde hereket etdirilýän magnidiň ugruna baglydyr. Tersine hemişelik magnidi dynçlykda goýup, tegegi onuň içine magnit girer ýaly edip hereketlendirsek hem edil öňki tejribedäki ýaly galwanometr tegegiň zynjyrynda elektrik togynyň

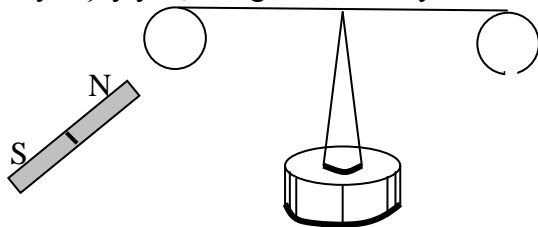
döreýändigini görkezzer. Eger uçlaryna galwanometr birikdirilen L_2 simden taýýarlanan tegegiň ýakyn golaýynda elektrik toguň çeşmesi we utgaşdyryjy k açar bilen yzygider birikdirilen L_1 tegegi ýerleşdirip, k açar utgaşdyrylsa, galwanometr L_2 tegekde gysga wagtlyk elektrik togyň döreýändigini görkezýär (17 –nji b surat). Soňra L_1 tegekde dowamly wagt üýtgemeyän elektrik togynyň bolmagy beýleki L_2 tegekde elektrik togyny döredmeýär. Eger indi k açar ýazdyrylsa, edil onuň utgaşdyrylandakysy ýaly L_2 tegekde öňki elektrik togyň garşylykly tarapyna gysga wastalaýyn elektrik togy döreýär. *Ýokarda agzalan tejribelerdäki induksiýa togynyň ýüze çykmagy nämeden ýbaratka?*

Birinji tejribedäki tegekde induksiýa togy diňe tegegiň ýa-da magnidiň bir-birine görä hereketi pursatynda ýüze çykýar. Olaryň bir – birine görä hereketi togtadyldygy induksiýa togy hem kesilýär. Ikinji tejribedäki bolýan hadysa hem edil birinjidäkä meňzeş. Ýagny tegekleriň birinde elektrik togynyň özüniň nola deň bahasyndan iň uly bahasyna çenli artmagy ýa-da tersine iň uly bahasyndan nola çenli peselmegi netijesinde üýtgeýän magnit meýdanyň döremegi onuň golaýynda ýerleşdirilen ikinji tegekde induksiýa elektrik togyny döredýär. Iki ýagdaýda hem geçiriji tegegiň töwereginde üýtgeýän magnit meýdany emele gelýär. Diýmek, tegegiň (geçiriji halkanyň) içinden geçýän N magnit akymy wagta görä üýtgeýär.

Ýapyk geçiriji halkany bir hilli magnit meýdanynda aýlandyrylsa hem onuň içinde induksiýa togy ýüze çykýar. Bu halatda halkanyň töweregindäki magnit meýdanyň induksiýasy hemişelik bolup, diňe geçiriji halkanyň içinden geçýän magnit akymy üýtgeýär. Eger agzalan halkany birhilli magnit meýdanynda öz-özüne ugurdaş (parallel) hereket etdirilse, onda bu halatda geçiriji halkada induksiýa togy döremez. Sebäbi bu ýagdaýda geçiriji halkadan geçýän magnit akymy hemişelikdir.

Agzalanlardan görnüşi ýaly induksiýa togynyň döremegi üçin islendik usul bilen hem bolsa geçiriji halkanyň içinden geçýän magnit akymynyň üýtgemegi zerurdyr.

1833-nji ýylda Sank Peterburg uniwersitetiniň professory E.H. Lens tejribe üsti bilen induksiýa togynyň ugruny kesgitlemäge mümkinçilik berýän we öz ady bilen atlandyrylan düzgüni girizýär. Bu düzgün boýunça geçiriji tegege hemişelik magnidiň haýsy hem bolasa bir polýusy (demirgazyk) ýakynlaşdyrylsa, tegekde döreýän induksiýa togy özüne



ýakynlaşyp gelyän magnit polýusyna garşylyk görkezýän golaýlaşyp gelyän tegegiň ýakyn uýunda onuň bilen bir atly (demirgazyk)

18-nji surat. Lensiň düzgünini barlaýan gurluş

magnit polýusyny döreder ýaly, daşlaşanda bolsa ,

onuň daşlaşmagyna garşylyk görkezmek üçin onun bilen garşylykly atly (günorta) magnit polýusyny emele getirer ýaly ugur boýunça akýar. Lensiň düzgünini 18-nji suratda görkezilen gurluşyň kömegi bilen barlap bolar. Eger hemişelik magnidiň N polýusy aýlanma okuna görä keseligine (gorizontal) deňagramlaşykda duran bütewi alýumin halka golaýlaşdyrylsa, hemişelik magnitden daşlaşýar. Eger hemişelik magnidiň N polýusy halkadan daşlaşdyrylanda bolsa, halka oňa tarap hereket edip golaýlaşmaga ymtylýar. Golaýlaşýan magnit polýusy (mysal üçin N polýus) alýumin halkada induksiýa togyny döredýär. Bu togyň ugry, Lensiň düzgünine laýyklykda halkada döreýän induksiýa togy halkanyň içinde ýakynlaşýan magnit tarapynda onuň bilen bir atly (ýagny N) polýusly magnit meýdany emele geler ýaly tarapa ugrygandyr. Şeýlekde bir atly magnit polýuslarynyň itekleşmegi netijesinde halka magnitden daşlaşýar. Tersine magnit polýusy daşlaşdyrylanda bolsa, ýene-de Lensiň kanunyna laýyklykda halkadaky induksiýa togy özüniň ugryny garşylykly tarapa üýtgedýär. Bu bolsa, öz gezeginde onuň

polýusyny üýtedýär. Ýagny daşlaşýan magnidiň daşlaşmagyna päsgeçilik bermek üçin halkada onuň polýusyna garşylykly ýagny S magnit polýusy emele gelýär we dürli magnit polýuslarynyň bir birini çekişýändigini sebäpli halka polýusa tarap süýşýär.

Indi induksiýanyň EHG-sini kesgitläliň. Energiýanyň saklanmak kanunyna laýyklykda tok çeşmesiniň dt wagty aralygynda ýerine ýetirýän işi

$$dA = i \varepsilon dt$$

Eger seredilýän geçirijiniň töwereginde magnit meýdany bolmasa, tok çeşmesiniň doly işi Joulyň we Lensiň ýylylygyna harçlanar. Ýagny geçirijiden i elektrik togy geçende ol gyzyňar we ondan $dQ = i^2 R dt$ ýylylyk bölünip çykýar.

Eger tokly geçiriji halka bir hilli magnit meýdanynda ýerleşdirilse, onda Joulyň we Lensiň ýylylygyndan başga-da magnit meýdanyň aňlatmasy bilen kesgitlenýän $dA_{\text{mag}} = i dN$ işine hem harçlanylýar. Ýagny

$$\varepsilon i dt = i^2 R dt + i dN, \quad (3)$$

bu ýerden

$$i = \frac{\varepsilon - \frac{dN}{dt}}{R} \quad (4)$$

Bu aňlatmany ýapyk elektrik zynjyry üçin Omuň $i = \varepsilon / R$ kanuny bilen deňeşdirip, (4)-nji aňlatmanyň sanawjysynyň iki ululykdan, çeşmäniň ε EHG-sinden we $-dN / dt$ ululykdan ybaratdygyny görýäris. Bu ululyk geçiriji halka bilen çäklenen meýdandan geçýän N magnit akymynyň üýtgemegi netijesinde ýuze çykýan induksiýanyň EHG-dir. Bu ululygy ε_{in} bilen belläp,

$$\varepsilon_{\text{in}} = - \frac{dN}{dt}, \quad (5)$$

görmüşde ýazyp bolar. *Bu aňlatma elektromagnit induksiýa hadysasy üçin Faradeýiň kanunydyr.* Induksiýanyň EHG-si üçin Faradeýiň kanunyny geçiriji halkanyň içinden geçýän induksiýanyň akymynyň üýtgemegini halkanyň öz görnüşini üýtgetmeginiň hasabyna gazanyldy. Bu gatnaşyk magnit akymynyň üýtgemeginiň nähili usulda gazanylýandygyna bagly däl.

IV. Optika

4.1. Ýagtylygyň tebigaty. Ýagtylygyň interferensiýasy

Ýagtylyk – çylşyrymly hadysa: käbir ýagdaýlarda ol özüni elektromagnit tolkunynyň ýaly, käte bolsa aýratyn bölejikleriň (fotonlaryň) akymy ýaly alyp barýar. Biz häzir diňe tolkun optikasy bilen meşgullanjakdyrys. Ýagtylygyň korpuskulýar (bölejik) tebigaty bilen baglanyşykly hadysalara biz umumy okuwlaryň ikinji bölümünde seretjekdiris.

Ýagtylyk wektorynyň (\vec{E}) geriminiň modulyny A (käbir ýagdaýlarda E_m) bilen bellejekdiris.

Ýagtylyk wektorynyň giňişlikde wagta görä üýtgemesi

$$E = A \cos(\omega t - kr + \alpha) \quad (1)$$

deňleme bilen beýan edilýär.

Bu ýerde k tolkun wektory, r – ýagt.tolkunynyň ýaýraýan ugry boýunça hasaplanýan aralyk. Siňdirmeyän sredada ýaýraýan tekiz tolkun üçin $A = \text{const}$, sferiki tolkun üçin

$$A = \frac{1}{r} \quad \text{we ş.m.}$$

Mundan başga-da $n = \frac{c}{g}$, c -ýagtylyk tolkundaky

wakuumdaky tizlik, g -sredadaky faza tizligi. Başga bir tarapdan e.-m. tolkunynyň faza tizligi

$$g = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}}$$

deň. Onda

$$n = \frac{c}{\frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}}} = \sqrt{\epsilon \mu}$$

bolýar.

Dury maddalaryň ählisi üçin diýen ýaly $\mu \approx 1$, onda $n = \sqrt{\epsilon}$ n -iň bahasy sredanyň optiki dykzlygyny häsiýetlendirýär.

Görünýän ýagtylygyň tolkun uzynlyklary

$$\lambda_0 = 0,4 \div 0,76 \text{ mkm} \quad (4000 \div 7600 \text{ Å})$$

çäkde ýerleşen. Maddada ýagtylygyň tolkunynyň uzynlyklary başga bolar. ν ýygtylykly yrgyldylar üçin wakuumda tolkun uzynlyk

$$\lambda_0 = \frac{c}{\nu} \text{ bolar.}$$

Sredada

$$\lambda = \frac{g}{\nu} = \frac{c}{n \cdot \nu} = \frac{\lambda_0}{n} \quad \text{deň.}$$

Ýygtylyklar $\nu = (0,39 \div 0,75) \cdot 10^{15} \text{ Gs}$ çäklerde

ýerleşýär.

$\lambda \rightarrow 0$ çäklerde ýagtylygyň ýaýraýyş kanunlaryny beýan etmek üçin şöhle düşünjesi ýaýramalydyr. Şöhle – özboluşly ýagtylyk “traýektoriyasydyr”.

Haçan-da $\lambda \ll d$ (d – ýagtylygyň täsir edişýän jisimleriniň ölçegi) bolanda ýagtylygyň tolkun häsiýetleri ýüze çykmaýar. (interferensiýa we difraksiýa), şunlukda *geometriki optika* bilen iş salşylýar.

Gadym wagtlardan optikanyň dört sany esasy kanuny bellidir:

1. Ýagtylygyň göniçyzykly ýaýramagy.
2. Ýagtylyk şöhlesiniň garaşsyzlygy (biri-birine bagly dälligi)
3. Ýagtylygyň serpişme kanuny.
4. Ýagtylygyň döwürleme kanuny.

Birhilli gursawda ýagtylygyň göniçyzykly ýaýraýar. Munuň özi dury däl predmetler ölçegi kiçi bolan çeşmeler tarapyndan şekillendirilende aýyl-saýyl araçäkli kölegäniň döreýänliginden gelip çykýar.

1. Kanun ýakynlaşandyr
2. Şöhleler kesişende bir-birini tolgundyrmaýarlar (ýakynlaşan kanun, çyzyk däl hadysalarda ol bozulýar)

3. Ýagtylyk iki dielektrigiň araçäğine düşende birinji kanun bozulýar.

Birmeňzeş ýygtylykly iki sany tolkuna garalyň ($A_1 \cos(\omega t + \alpha_1)$, $A_2 \cos(\omega t + \alpha_2)$) olar bir biriniň üstüne düşüp (goşulup)giňşligiň käbir nokadynda birmeňzeş ugurly yrgyldylar. Berlen nokardaky netijeýji yrgyldynyň amplitudasy :

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \delta \quad (6)$$

aňlatma bilen kesgitlener bu ýerde $\delta = (\lambda_2 - \lambda_1)$ tolkunlaryň oýarýan yrgyldylarynyň faza tapawudy. Eger δ wagta görä hemişelik galsa, tolkunlara *kogerent* diýýärler. Berlen nokatdaky netijeýji yrgyldylaryň intensiwligi:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \delta \quad (7)$$

soňky aňlatmadan görnüşi ýaly giňşligiň $\cos \delta > 0$ bolan nokatlaryň netijeýji yrgyldynyň I intensiwligi goşulýan tolkunlaryň intensiwlikleriniň jeminden ($I_1 + I_2$) uly bolsa, ýagny $I > I_1 + I_2$, $\cos \delta < 0$ bolan nokatlarynda bolsa $I < I_1 + I_2$ Şeýlelikde kogerent ýagtylyk tolkunlarynyň goşulyşmasynda giňşlikde ýagtylyk akymynyň täzedan paýlanmasy bolýar, netijede bir ýerlerde intensiwligiň maksimumy, beýleki ýerlerde minimumy alynýar. Bu iki ýa-da birnäçe kogerent ýagtylyk tolkunlarynyň goşulyşmasynda netijeýji tolkunynyň amplitudasyynyň güýçlenme ýa-da peselme hadysasyna *ýagtylyk tolkunlarynyň interferensiýasy* diýilýär.

Interferensiýa interferirleýji tolkunlaryň intensiwlikleri birmeňzeş ($I_1 = I_2$) bolanda has aýdyň görünýär. Onda (10-4)-e görä $\cos \delta = \pm 1$ bolanda maksimum mokatlarynda $I=4I_1$, minimum nokatlarynda bolsa $I=0$. Aýdylanlardan käbir üst

birnäçe ýagtylyk çeşmeleri (meselem iki sany çyra) bilen ýagtylandyrylsa interferensiýa kartinasy, ýagny oňa häsiýetli bolan ýagtylygyň intensiwliginiň gezekleşip gelýän maksimumlary we minimumlary gözegçilik edilmeli. Emma gündelik tejribämizden görnüşi ýaly üstüň ýagtylanyşy ýagtylyk çeşmelerinden daşlaşdygyça monoton peselýär we hiç hili interferensiýa kartinasynda gözegçilik edilmeýär. *Bu tebigy ýagtylyk çeşmeleriniň kogerent dälidigi bilen düşündirilýär.*

Tebigy ýagtylyk çeşmeleriniň kogerent dälidigi ýagtylanyň jisimiň şöhlelenmesiniň köp atomlaryň goýberýän tolkunlaryndan jemlenýändigine esaslanandyr. Aýratyn atomlar 10^{-8} s wagtyň dowamynda şöhlelenýärler. Täze şöhlelenmäniň fazasy özünden önündäki bilen hiç hili baglanyşmadyk bolýar. Jisimiň goýberýän ýagtylyk tolkununda netijeleýji fazasy tötänleýin üýtgemelere sezewar bolýan şöhlelenmeler 10^{-8} s töweregi wagtdan çalşylyp durulýar.

Bir jynsly dälidigi anyk görüňän sredalarda (mysal üçin dury ýa-da dury däl jisimleriň çäginin golaýynda kiçi yşlardan geçende we ş.m) ýagtylygyň ýaýramasynda gözegçilik edilyän hadysalar toplumyna difraksiýa diýilýär. Bu hadysalar ýagtylyk şöhleleri „difragirlenýärler“, ýagny ilki başdaky ugurlaryndan gyşarýarlar. Ses tolkunlarynyň päsgelçiliklerden aýlanyň geçmegine (ses tolkunlarynyň difraksiýasyna) biz gündelik durmuşymyzda gözegçilik edýäris. Ýagtylyk tolkunlarynyň difraksiýasyna gözegçilik etmek üçin ýörite şertleri döretmek zerurdyr, bu ýagtylyk tolkunlarynyň gaty gysgalygyna şertlenendir. Hususy halda yşyň ölçegi ýagtylygyň tolkun uzynlygynyň ölçegi bilen deňeşdirerlik bolsa bir yşdan difraksiýa gözegçilik edip bolar.

4.2.Ýagtylygyn difraksiýasy. Ýagtylygyn polýarlanmasy

Islendik tolkun hereketine interferensiýa we difraksiýa hadysalary mahsusdyr.

Jemleýji yrgyldynyň amplitudasy giňişligiň dürli nokatlarynda wagt boýunça deň bölüner ýaly edip, iki ýa-da birnäçe tolkunyny giňişlikde goşulyşyna interferensiýa diýilýär.

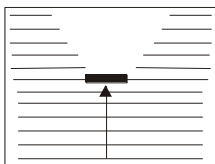
Tolkunlaryň gönüçyzykly ýaýramagyndan gyşarmagyna, olaryň päsgelçilikleriň daşyna öwürlip geçmegine difraksiýa diýilýär.

Difraksiýa (*diffractus* – döwlen diýen latyn sözünden gelip çykýar) – ol tolkunlaryň päsgelçiligiň daşyndan öwürlip geçmegidir we ol islendik tolkun hereketine mahsusdyr.

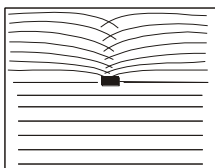
Ýöne ýagtylygyn difraksiýasyna syn etmek aňsat däldir. Sebäbi päsgelçilikleriň ölçegleri ýagtylyk tolkunlarynyň uzynlygyna deňeçer bolanda, diňe şonda tolkunlar olaryň daşyndan duýular ýaly bolup öwürlip geçýär. Ol uzunlyk bolsa, ýagny ýagtylyk tolkunlarynyň uzynlygy örän kiçidir.

Biz ýagtylygyn gönüçyzykly ýaýraýandygyny bilýäris. Ýöne inçe ýagtylyk dessesini kiçik deşikden goýberip, ýagtylygyn gönüçyzykly ýaýramak kanunyň bozulýandygyny göreris, ýa-da päsgelçiligiň tolkun frontunyň gönüçyzykly süýşmesini bozýandygyny göreris.

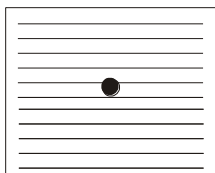
Häzir suwuň üstünde ýaýraýan tolkun üçin difraksiýa hadysasyna syn edeliň.



1-nji surat. Haçanda päsgelçiligiň ululygy (tolkunynyň tolkun uzynlygy bilen deňeşdireniňde) uly bolsa, onda päsgelçilikden soň hiç hili tolkun ýok.

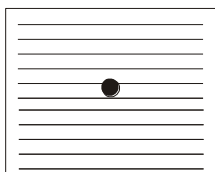
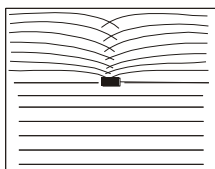
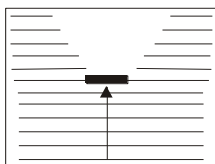


2-nji surat. Haçanda päsgelçiligiň ölçegi kiçiräk bolsa, onda tolkunlar onuň gýralary bilen aýlanyp gidýär.



bolmaýar.

3-nji surat. Örän kiçijik päsgeçilik bolsa onda tolkunlar ony şeýle bir aýlanyp geçýär, ýagny päsgeçiligiň aňrsynda tolkun frontunda hiç hili üýtgetmeler



Indi tolkunýň päsgeçiligiň deşiginden geçişine seredeliň.

Haçan-da deşik uly bolanda (tolkunýň tolkun uzynlygy bilen deňeşdirilende, onda tolkunlar päsgeçiligiň gyralaryna aýlanmaýar.

Haçan-da deşik kiçiräk bolanda, onda tolkunlar deşikden geçip onuň gyralaryna ulurak süýşýärler.

Örän kiçi deşikde tolkunlar

päsgeçiligiň aňrsyndaky hemme üsti ýapýarlar. Bu ýagdaýda deşik – tolkunýň özbaşdak çeşmesi hökmünde ýüze çykýar, ýagny päsgeçilikden soňra tolkun hemme tarapa ýaýrap gidýär.

Bu hadysalaryň hemmesi päsgeçiligiň gelyän tolkun frontunyň bir bölegini kesýändigini görkezýär. Eger-de Gyugensiň prinsipinden netije çykarsaň, onda difraksion hadysalaryň, tolkun frontunyň päsgeçilik bilen kesilen araçäginde, elementar tolkunlaryň interferensiýasy tarapyndan döreýändigini görmek bolýar. Özi hem päsgeçiligiň ýa-da deşigiň ölçegi tolkun uzynlygy bilen deňeşdireniňde näçe kiçi bolsa şonça-da difraksiýa hadysasy gowy görünüär.

Haçan-da päsgeçiligiň ýa-da deşigiň ölçegleri tolkun uzynlygy bilen deňeçerräk bolsa, onda difraksiýany päsgeçiligiň gaty golaýynda görmek bolar. 1.3. we 2.3. suratlara seret.

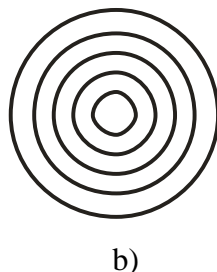
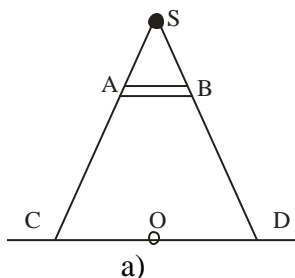
Eger-de päsgeçilik tolkun uzynlygy bilen deňeşdireniňde has uly bolsa, onda hem difraksiýany görmek bolar, ýöne

päsgelçilikden has daş aralykda görmek bolar. Bu päsgelçilik tarapyndan döredilen tolkun frontunyň üýtgemesi näçe päsgelçilikden daş gitseň şonça hem gowy görünyändigini görkezýär. Diýmek päsgelçilikden näçe uly bolsa, şonça päsgelçilikden daş aralykda difraksiýa hadysasyny görmek bolýar. Ýöne tolkunyň energiýasy bu ýagdaýda ýeterlik uly bolmaly, onuň difraksiýasy görüner ýaly.

Indi ýagtylygyň difraksiýasyna seredeliň. Ýagtylyk şöhesiniň tolkun uzynlygynyň örän kiçi bolany sebäpli, ýagtylygyň difraksiýasyna päsgelçilikden ýeterlik daş aralykda gözegçilik etmek bolar. Goý, diýeliň ýagtylygyň nokatlanç monohromatik çeşmesinden (S) çykýan şöhleleriň ýolunda AB diametrli kiçijik disk ýerleşdirilen. 3-nji surat. Difraksiýa bolsa CD ekranda syn etmek bolýar. Eger-de ýagtylyk deňölçeги ýaýraýan bolsa, onda ekranda CD diametrli kölege emele gelerdi. Ýöne diskden ekrana çenli aralyk ýeterlik uly bolsa, onda ekranda ýagty we garaňky halkalaryň gezekleşip gelýän difraksion suratyny alarys. (3 b) surat. Ekranyň merkezinde, ýagny O nokatda ýagty halka alarys.

Hasaplamalar O nokada gelýän energiýanyň AB diske göni gabat gelýän tolkun üstüniň böleginiň yrgyldylary arkaly döredilýän energiýasydygyny görkezýär. Tolkun üstüniň beýleki bölekleri tarapyndan O nokatda döredilen yrgyldylar interferensiýa wagtynda biri-birini ýok edýärler (öçürýärler). 3.a. suratdan AB diski gurşap alan tolkun üstüniň hemme nokatlary O nokatdan deň daşlykda ýerleşýändigini görkezýär. Bu diýildigi olaryň O nokatda emele getiren yrgyldylary. Haçan-da tolkunlar oňa ýetenlerinde birmeňzeş faza eýe bolarlar, ýagny bir-birini güýçlendirerler. Şonuň üçin hem O nokatda ak tegmil emele gelýär.

Difraksiýa inçe yşdan gözegçilik etmek üçin aşakdaky ýaly tejribe geçirýärler. Parallel monohromatik şöhläniň önünde (ýolunda) inçe yşly dury däl ekran goýýarlar.



3-nji surat



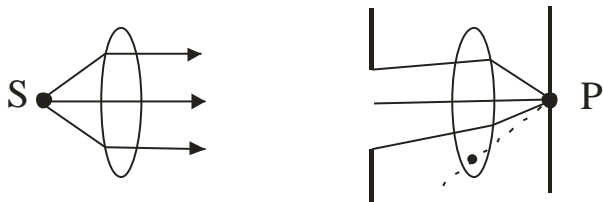
Şondan käbir daşlykda ikinji bir ekrany ýerleşdirýärler we şol ekranda difraksiýa kartinasyna syn edýärler. Ol difraksiya kartinasy 4-nji suratda görkezilen. Şeýle ýagdaýda ýşyň garşysynda ýagty kesim alynýar, özi hem şol kesimiň ini yş näçe kiçi bolsa, şonça hem uly bolýar. Soňra ýagty

kesimden soňra, gezekli gezegine garaňky hem-de ýagty

4-nji surat kesimler gelýär.

Geometrik kölegäniň oblastynda ýagtylyk tolkunlarynyň ýaýraýşyny biz geçen sapakda Gýugensiň prinsipi arkaly düşündirdik. Ýöne Gýugensiň prinsipi dürli ugur boýunça ýaýraýan tolkunlaryň amplitudasy we olaryň intensiwligi barada hiç hili maglumat bermeyär. Frenel-Gýugensiň prinsipiniň üstüni ikinji tolkunlaryň interferensiýasyndan ugur alyp doldurdy. Ikinji tolkunlaryň amplitudasyny we fazasyny hasaba almaklyk giňişligiň islendik nokadyndaky jemleýji amplitudany tapmaklyga mümkinçilik berýär. Şeýle usul arkaly ösdürilen Gýugensiň prinsipine Gýugens-Freneliň prinsipi diýilýär.

Difraksiýanyň iki görnüşi bardyr. Eger-de ýagtylyk çeşmesi S we syn ediş nokady P päsgelçilikden şeýle bir daşlykda ýerleşen bolsa, ýagny päsgelçilige düşýän şöhle we P nokada gelýän şöhle praktiki taýdan parallel şöhleleri emele getirýän bolsa, onda parallel şöhleleriň difraksiýasy ýa-da Fraungoferiň difraksiýasy hakda gürrüň gidýär.



5-nji surat

Eger-de päsgeçilige düşýän şöhleler parallel bolmasalar, onda Freneliň difraksiýasy hakda aýdylýar.

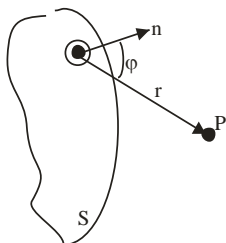
Fraunhoferiň difraksiýasyna S ýagtylyk çeşmesiniň yzynda we P - syn ediş nokadynyň önünde iki sany linzany ýerleşdirip, syn etmek bolar. Linzalar şeýle bir ýerleşdirilmeli, ýagny S hem-de P nokatlar deňişli linzalaryň fokal tekizligine düşýän bolmaly.

Bilelikde alnan ähli S tolkun üstüniň P - nokatdaky jemleýji yrgyldysy yrgyldylaryň superpozisiýasyny düzýär, ýagny ol yrgyldy

$$E = \int_S K(\varphi) \frac{a_0}{r} \cos(\omega t - k \cdot r + a_0) dS \quad (1);$$

Şu formula Gyugens-Freneliň prinsipiniň analitiki aňladylyşydyr.

Bu ýerde $(\omega t + a_0)$ - S tolkun üstüniň ýerindäki yrgyldynyň fazasy; k - tolkun sany; $r = dS$ - üstün elementinden P nokada çenli aralyk; K - koeffisiýent, ol dS meýdana geçirilen normal bilen dS meýdanyndan P nokada çenli uguryň arasyndaky burç.



2) formula arkaly geçirilýän umumy ýagdaýda seredeniňde kyn mesele bolup durýar.

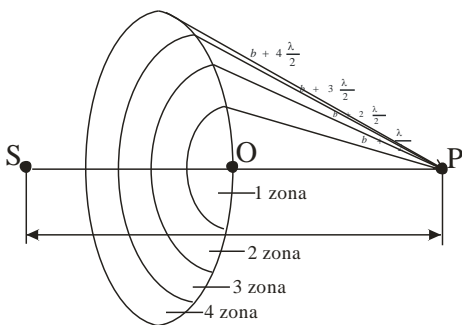
Ýöne Freneliň görkezisine görä, eger-de simmetriýa ýagdaýy ýok bolsa, onda jemleýji yrgyldynyň amplitudasyny tapmaklyk ýönekeý algebraik ýa-da geometriki jemlemeklik arkaly yerine ýetirilýär.

Freneliň işläp alan metodyna düşünmek üçin ýagtylyk yrgyldysynyň amplitudasyny kesgitläliň. Goý ol ýagtylyk nokatlanç S çeşmeden çykyp, birjynsly izotrop sredada ýaýran, P nokatda oýandyrylan alynýan bolsun.

Şeýle tolkunynyň tolkun üstleri SP gönä otnositellikde simmetrik bolsun. Şondan peýdalanyňp suratda görkezilen tolkun üstlerini halkalaýyn zonalara böleliň, özi hem her bir zonanyň

gyrasyndan P nokada çenli aralyk $\frac{\lambda}{2}$ -ä deň bolan ululyk ýaly tapawutlanýan bolsun. (Bu ýerde λ tolkun haýsy sredada ýaýraýan bolsa, şol sredadaky tolkun uzynlyk).

Şeýle häsiýete eýe bolan zonalara Freneliň zonasy diýilýär.



7-nji surat.

7-nji suratdan görnüşine görä m zonanyň daşky gyrasyndan P nokada çenli bolan bm aralyk aşadaky deňlik bilen kesgitlenilýär.

$$bm = b + m \frac{\lambda}{2} \quad (2)$$

b - tolkun üstüniň depesinden P nokada çenli aralyk. Praktikada difraksiýa hadysasyna bir yşdan syn etmeklik kyn bolýar, sebäbi inçejik yşdan örän az ýagtylyk geçýär. Şonuň üçin hem oňat görüňýän difraksion kartina syn etmek üçin, parallel ýerleşdirilen birnäçe yşdan ýagtylygy goýbermeli. Bu ýagdaýda difraksiýa hadysasyndan başga interferensiýa hadysasy hem ýüze çykar, sebäbi ähli yşlardan gelýän şöhleler kogerentdirler.

Eger-de ýagtylandyrylýan yşlaryň sany köp bolsa, onda ekranda garaňkyda ýagtylanýan insizçe çyzyklar has gowy görüner. Diýmek yşlaryň umumy sany näçe köp bolsa we näçe biri-birine golaý ýerleşen bolsa ekranda birmeňzeş fázaly şöhleleriň düşýän ýeri has ýagty bolýar.

Ýagtylyk wektorynyň yggyldysynyň ugry haýsy hem bolsa bir usul bilen tertipleşen ýagtylyga *polýarlanan ýagtylyk* diýýärler. Tebigy ýagtylykda dürli ugurlardaky yrgyldylar bir-birlerini çalt we tertipsiz çalyşyp durýarlar. Fazalary boýunça δ tapawutlanýan X we Y oklaryň ugrunda yrgyldaýan öz ara perpendikulýar elektrik yrgyldylaryna garalyň

$$E_x = A_1 \cos \omega t; E_y = A_2 \cos(\omega t + \delta) \quad (8)$$

Elektrik meýdanynyň netijeýji \vec{E} güýjenmesi E_x we E_y güýjenmeleriň wektorlaýyn jemidir. E_x we E_y wektorlaryň arasyndaky burç aşakdaky aňlatma bilen kesgitlenýär.

$$\tan \varphi = \frac{E_y}{E_x} = \frac{A_2 \cos(\omega t + \delta)}{A_1 \cos \omega t} \quad (9)$$

Eger δ faza tapawudy tötänleýin haotik üýtgeşmelere sezewar bolsa, φ burç hem, ýagny \vec{E} ýagtylyk wektorynyň ugry hem tertipsiz üýtgeşmelere eýe bolar. Şunuň netijesinde adaty ýagtylyga özara perpendikulýar tekizliklerde polýarlanan birmeňzeş intensiwlikli iki sany kogerent däl elektromagnit

tolkunlaryň goşulyşmasy ýaly göz önüne getirmek bolar \vec{E} wektoryň yrgyldaýan tekizligine *yrgyldylaryň tekizligi* diýilýär. Bu tekizlige perpendikulýar bolan tekizlige bolsa *polýarlanma tekizligi* diýilýär.

Adaty ýagtylykdan polýarlanan ýagtylyga *polýarizatorlar* diýilýän gurluşlaryň kömegi bilen alyp bolýar. Bu abzallar polýarlanma tekizligine parallel yrgyldylary erkin geçirip, bu tekizlige perpendikulýar yrgyldylary bolsa doly ýa-da bölekleyin saklaýarlar.

4.3. Ýagtylygyň dispersiýasy. Ýagtylygyň ýuwdulmagy we dargamagy.

Ýagtylygyň dispersiýasy diýip, maddanyň döwürleme görkezijisiniň ýagtylygyň tolkun uzynlygyna baglylygy bilen şertlenen hadysalara aýdylýar. Bu baglylygy

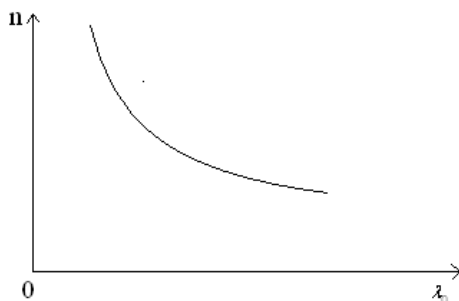
$$n = f(\lambda_0) \quad (1)$$

funksiýa bilen häsiýetlendirip bolýar, λ_0 - ýagtylygyň wakumdaky tolkun uzynlygy.

Maddanyň dispersiýasy diýip $\frac{dn}{d\lambda_0}$ önüme aýdylýar.

Ähli dury reňksiz maddalar üçin (1) funksiýa spektriň görünyän böleginde sur. 1. görkezilen häsiýete eýe, λ kiçelmegi bilen aýratyn tizlik bilen ulaýar, şonuň üçin $\frac{dn}{d\lambda_0} < 0$ we λ_0 kiçelmegi bilen moduly boýunça artýar.

Eger madda şöhläniň bu bölegini ýuwudýan bolsa, onda ýuwdulma çäginde (oblastynda) we onuň golaýynda dispersiýanyň gidişi anomal häsiýete eýe bolaýar. Kābir bölekde $\frac{dn}{d\lambda_0} > 0$ muňa anomal dispersiýa diýilýär.

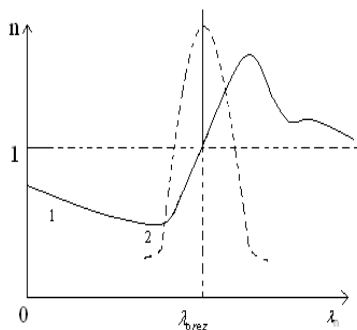
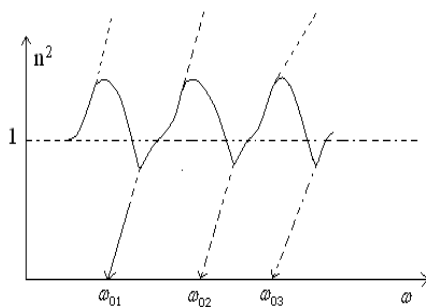


Ýuwdulma
koeffisiýentiniň gidişi

Ýagtylygyň dispersiýasy elektromagnit nazaryýeti we maddanyň elektron nazaryýeti esasynda düşündirilip bilner. Onuň üçin ýagtylygyň madda bilen özara täsir prosesine seretmeli. Atomdaky elektronlaryň hereketi kwant mehanikanyň kanunlaryna boýun egýärler. Ýöne Lorensiň görkezijisi ýaly köp sanly optiki hadysalary hil taýdan düşündirmek üçin atomda maýyşgak (kwazi) bagly elektronlar hakdaky gipoteza bilen hem çäklenseň bolýar.

$$n^2 = 1 + \frac{N}{\varepsilon_0} \sum_k \frac{\frac{e^2}{m}}{\omega_0^2 - \omega^2} \quad (2)$$

ω bahasy ω_{ok} hususy ýygylyklarda ýokuz tapawutlanýan bolsa (2)-däki jem $\ll 1$ we $n^2 \approx 1$ her bir hususy ýygylygyň golaýynda (2) funksiýa döwürlämä sezewar bolýar: $\omega \rightarrow \omega_{ok}$ çep tarapdan golaýlasa ol $\rightarrow +\infty$, sag tarapdan golaýlasa $n^2 \rightarrow -\infty$. (sur. Punktir çyzyk) (2) funksiýanyň özüni şeýle alyp barmagy



biziň sürtülmäni hasaba almanlygymyz bilen düşündirilýär. Sürtülmäni hasaba almaklyk suratda tutuş çyzyk bilen görkezilen baglylyga getirýär.

n^2 -dan n -e we ω -dan λ_0 -a geçip ikinji sur. görkezilen egrini alarys. Bu suratda punktir çyzyk ýagtylygyň madda tarapyndan ýuwdulma koeffisiýentiniň gidişini görkezýär. 1-2, 3-4 bölekler

normal dispersiýa $\left(\frac{dn}{d\lambda_0} < 0\right)$ deňşgişli. 2-3 bñlekde dispersiýa

anomaldyr $\left(\frac{dn}{d\lambda_0} > 0\right)$

Ýagtylyk maddadan geçende tolkunynyň energiýasynyň bir bölegi elektronlaryň urygydylaryny oýarmaga sarp bolýar. Kem-käsleýin bu energiýa ýenede şöhlenenmä gaýdyp gelýär. (e -laryň tarapyndan döredilýän ikilenç tolkunlar görnüşinde), kem-käsleýin bolsa atomlaryň hereket energiýasyna, ýagny içki energiýa geçýär. Şonuň üçin maddadan geçende ýagtylygyň intensiwligi azalýar ýagtylyk maddada ýuwdulýar.

Tejribäniň görkezişi ýaly, ýagtylyk maddadan geçende intensiwligi

$$I = I_0 e^{-\chi l} \quad (3)$$

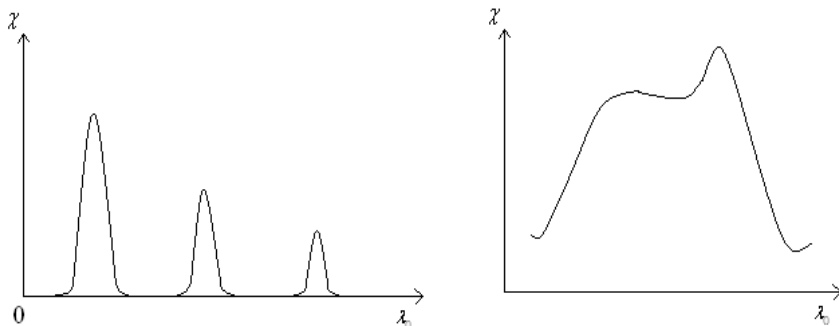
kanun boýunça kemelýär, l -gatlagyň galyňlygy. χ - ýuwdulma koeffisiýenti. (1) gatnaşyk Bugeriniň kanunydyr. (1)-I differsirläp alarys:

$$dI = -\chi I_0 e^{-\chi l} dl = -\chi I dl \quad (4)$$

(3)-den $l = \frac{1}{\chi}$ bolanda $I = \frac{I_0}{e}$ gelip çykýar.

$\chi = \chi(\lambda)$ ýa-da $\chi = \chi(\omega)$.

Atomlary ýa-da molekulalary bir-birleri bilen täsir edişmeýän (gazlar we metal buglary uly bolmadyk basyşda) maddalarda, köp tolkun uzynlyklary üçin χ nula golaşýdyr we kábiri örän dar spektral çäkde kert maksimumlar döreyär (sur. seret).



Bu maksimumlar atomlardaky e-laryň yrgyldylarynyň rezonans ýygylýklaryna jogap berýändir. Köp atomly molekulalarda olar atomlaryň yrgyldylaryna jogap berýär.

Uly basyşdaky gazlar şeýle hem suwukluklar we gaty jisimler giň ýuwdulma zolagyny berýärler. Ýuwdulma zolagynyň giňelmesi atomlaryň bir-birleri bilen özara täsiriniň netijesidir.

Metallar ýagtylyk üçin dury däl (olar üçin $\chi \approx 10^6 m^{-1}$) (deňleşdirmek üçin; aýna üçin $\chi \approx 1 m^{-1}$) bu metallarda erkin e-laryň barlygy bilen düşündirilýär. Ýagtylyk tokunyň \vec{E} wektorynyň täsiri astynda e-lar herekete gelýärler, metalda çalt üýtgeýän elektrik toklary döreyär, ol toklar Joule ýylylygynyň bölünip çykmagyna getirýär. Netijede ýagtylyk tolkunynyň energiýasy çalt kemelýär, ol metalyň içki energiýasyna öwürülýär.

Ýagtylygyň dargamagy munuň özi birhilli däl sredada ýagtylygyň difraksiýasydyr. (Birhilli sredada ýagtylygyň dargamasy bolmaýar). Optiki birhilli dällige eýe bolan sredalara tutuk sredalar diýilýär. olara

- a) tüsseler, ýagny gazdaky ownuk gaty bölejikler.
- b) Gazdaky ownujak suw damjajyklary tumanlar (ümür).
- c) Suwda ýüzýän gaty bölejikler.
- d) Kabir gaty jisimler we ş. m.

Egerde bölejikleriň ölçegleri λ bilen deňleşdireniňde kiçi bolsa ($d \approx 0,1\lambda$) onda dargan (pytran) ýagtylygyň intensiwligi

$$I \sim w^2 \sim 1/\lambda^4 \quad (5)$$

Bu baglylyga Releyiň kanuny diýilýär. onuň gelip çykyşy:

Eger-de $d \approx \lambda$ bolsa onda dürli ýerlerdäki elektronlaryň yrgyldylarynyň arasynda faza süýşmesi döreýär we proses çylşyrymlaşýar. Daşgary garyndylardan we hapalardan oňat arassalanan suwuklyklar we gazlar hem belli bir derejede ýagtylygy pytradýarlar. Mandelştam we Smoluhowskiý ony dykzlygyň fluktuwasiýasy (ýagny kiçi göwrümiň çäginde dykzlygyň orta bahadan gyşarmaklygy) netijesinde döreýän optiki birhilli dällik bilen düşündirýärler. Şeýle dargama molekulýar dargama diýilýär. asmanyň mawy reňki şonuň bilen düşündirilýär. Tertipsiz molekulýar hereket netijesinde atmosferada üznüksiz döreýän howanyň dykz we seýrek ýerleri Güniň ýagtylygyny dargadýar (pytradýar).

(5) kanuna görä mawy we gök şöhleler gyzyly we sary şöhlelere görä güýçli derejede pytraýar.

4.4. Ýylylyk şöhlemenme kanunlary

Elektro-magnit (e-m) şöhlemenmesi elektrik zarýadlarynyň yrgyldylary netijesinde döreýändir. Mysal üçin, atamlaryň we molekulalaryň hereketi ýa-da atamlaryň düzümine girýän ýollaryň kesgitli orun üýtgemesi netijesinde.

E-m şöhlemenmesiniň iň giň ýaýla görmüşi – ýylylyk şöhlemenmesi. Ol atamlaryň we molekulalaryň ýylylyk hereketiniň

energiýasynyň hasabyna, ýagny maddanyň içki energiýasynyň hasabyna bolup geçýär we şöhlelenýän jisimiň sowamagyna getirýär. Ýylylyk şöhlesini goýbermeklik temperaturasy absolyt nuldан tapawutly ähli jisimlere mahsuzdyr. Ýylylyk şöhlelenmesiniň tutuş spektri bardyr, ýöne energiýanyň paýlanylşy temperatura baglydyr: kiçi temperaturada şöhle infragyzył, uly temperaturada – görüňýän we ultramelewşe oblasta süýşýändir. Islendik jisim beýleki jisimleriniň goýberýän şöhlesini ýuwuýandyr hem bu prosese şöhle ýuwutmaklyk diýilýär. Ol berlen maddanyň gymmagyna getirýändir. Ýokardaki iki proses deňleşende ýylylyk deňagramlylygy bolýandyr.

Şöhle goýberme we şöhle ýuwutma proseslerini mukdar taýdan häsiýetlendirmek üçin aşakdaky häsiýetnamalar girizilýär.

Jisimiň doly şöhle goýberijilik ukyby E – jisimiň birlik üst meýdanyndan 1 sekuntda goýberilýän energiýadyr $\left[\frac{J}{m^2 \cdot sek} \right]$.

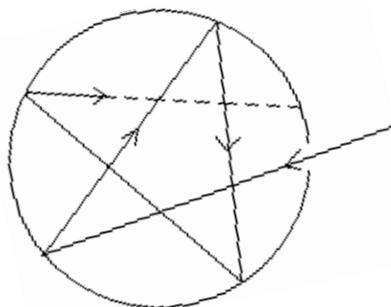
Jisimiň doly şöhle ýuwudyjylyk ukyby A – jisim tarapyndan ýuwudylyan energiýanyň ähli energiýa bolan gatnaşygydyr, A – ölçeg birligi ýok.

E, A – baahlary jisimiň tebigatyna we temperaturasyna baglydyr.

E, A - λ baglydyr.

$A < 1$ spektryň görüňýän oblasty üçin:

A	Alýuminiý	0,1
	Med (mis)	0,5
	Suw	0,67



Islendik temperaturada öäüne düşýän ähli energiýany ýuwudýan göz öňüne getirilýän jisime absolýut gara jisim diýilýär. Diýmek, AGJ üçin ähli λ -lar üçin $A_\lambda = A = 1$. Spektriň görüňýän bölegi üçin öz häsiýetleri boýunça AGJ ýakyn – gara gurymdyr ($A=0,95$).

Praktiki taýdan iň kämil AGJ-munuň özi içki tarapy garalanan ýapyk boşlugyň diwarjygynda edilen kiçi yşdyr. Yşa düşen şöhlenme diwarlar tarapyndan köp gezek serpikdirilip daşyna çykyp bilmeyär, sebäbi her serpikmede energiýanyň ýoňsuz bölegi diwar tarapyndan ýuwdulýar.

AGJ energiýany ýuwtmak bilen özi hem şöhlenýändir. Kiçi temperaturada yş gara bolup görüňýär, uly temperaturada yş ýagtylanýar.

Mysal: göziň zroçogy, marten peçleriniň seredilýän penjeresi, E we A-nyň özara arabaglanşygyny kesgittläň. Iki jisimden ybarat izolirlenen sistema seredeliň. Tmperaturalary dürli. Özara energiýa alyş-çalyş netijesinde käbir temperaturadan soň ýylylyk deňagramlylygy bolar. Deňagramlylyk temperaturada jisimleriniň E-sini we A-syny E^* , E^{**} we A^* , A^{**} bilen belgiläliň.

Goý $E^* = n E^*$ bolsun. Onda ol (1-nji jisim) n-esse köp energiýany ýuwdar we $A^* = n A^{**}$ bolar, garşylykly ýagdaýda ol gyzy (ýa-da sowap) başlar (ikinci jisimiň hasabyna) ýagny temperaturasy üýtgär. Bu bolsa ýylylyk deňagramlylygyň şertine ters gelýär. Soňky deňliklerden:

$$\frac{E^*}{A^*} = \frac{E^{**}}{A^{**}}$$

Eger izolirlenen sistema köp sanly jisimlerden yzarat bolsa we onuň içinde **biri AGJ** bolsa:

$$\frac{E'}{A'} = \frac{E''}{A''} = \frac{E'''}{A'''} = \dots = \varepsilon \quad (16.1)$$

ε -AGJ-nyň ŞGU-sy (onuň üçin $A=1$.)

(16.1) Kirhgofyň kanuny hemişelik ululykdyr we edil şol temperaturada AGJ-nyň ŞGU-na deňdir.

Bu kanun jisimlerin spectral ŞGU we spektral Şýu gatnaşygy üçin hem dogrudyr:

$$\frac{E_{\lambda}'}{A_{\lambda}'} = \frac{E_{\lambda}''}{A_{\lambda}''} = \frac{E_{\lambda}'''}{A_{\lambda}'''} = \dots = \varepsilon_{\lambda} \quad (16.2)$$

Kirhgofyň kanunyndan 3 sany möhüm gelip çykma:

1. Berlen temperaturada islendik jisimiň ŞGU-sy onuň şol temperaturadaky ŞÝU-nyň absolýut gaar jisimiň ŞGU-na köpeldilmeginedeňdir:

$$\left. \begin{aligned} E &= A \cdot \varepsilon \\ E_{\lambda} &= A_{\lambda} \cdot \varepsilon \end{aligned} \right\} \quad (16.3)$$

2. Islendik jisimiň ŞGU-sy AGJ-nyň temperaturada alhan ŞGU-dan kiçidir ($E = A \cdot \varepsilon$, ýöne $A < 1$, diýmek $E < \varepsilon$).

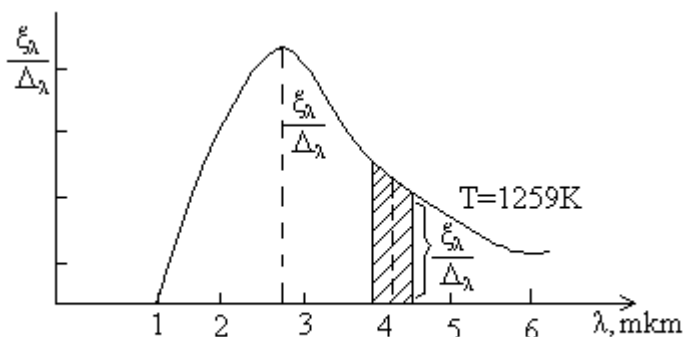
3. Eger jisim ol ýa-da beýleki tolkunlary ýuwutmaýan bolsa, onda ol olary goýberýän hem däl ($E_{\lambda} = A_{\lambda} \cdot \varepsilon_{\lambda}$) onuň üçin $A_{\lambda} = 0$ bolanda $E_{\lambda} = 0$).

Topragy gyzdyrýan esasy çeşme – gün şöhlesidir. Topragyň üstiniň YU-ny üýtgetmek arkaly (dürli reňkleyjileri ulanmak bilen) ýeterlik giň caked topragyň ýokarky gatlagynyň ýylylyk deňagramlylyk temperaturasyny üýtgedip bolar. Bu usul agromiýada giňden peýdalanylýar. Örtük hökmünde ownadylan hek, torf we kömür owuntyklary, bitum, nigrozin we ş.m. peýdalanylýar.

Topragyň YU-ny ýokarlandyrmak üçin (diýmek, topragyň temperaturany galdyrmak üçin) gara örtük, azaltmak üçin bolsa (diýmek, topragyň temperaturasyny peseltmek üçin) aýyk örtük ulanylýar.

AGJ-nyň şöhlelenme kanunlary. Plankyň formulasy.

AGJ-nyň spektrinde energiýanyň paýlanyşyna seredeliň. Bu mesele tejribe arkaly geçen asyryň ahyrynda öwrülen. AGJ hökmünde kiçi yşly boşluk we kömür seredilipdir. Surat 16.2-de $T=1259$ K temperaturada absolyt gaar jisimiň şöhlelenme spektrinde energiýanyň paýlanyşy getirilen.



Surat 16.1

Grafiğiň koordinata okunda AGJ-nyň spektral ŞGU-nyň λ tolkun uzynlygynyň interwalyna bolan gatnaşygy berlendir. Egriniň abscissa oky bilen emele getiren meýdany $T=1259$ K temperaturaly AGJ-nyň doly ŞGU-ny berýär:

$$\sum \frac{\epsilon_{\lambda}}{\Delta\lambda} \cdot \Delta\lambda = \sum \epsilon_{\lambda} = \epsilon$$

Grafikden görnüşi ýaly berlen temperaturada AGJ-nyň şöhlelenişi maksimумы $\lambda_m = 2,4 \text{ mkm}$ (infragyzyň şöhlelenme) tolkun uzynlygyna düşýär.

Doly GU-nyň temperature baglylygy Stefan-Bolsmanyň kanuny arkaly aňladylyar: AGJ-nyň doly GU-sy onuň absolyt temperaturasyň dördünji derejesine proporsionaldyr:

$E = \sigma T^4$, $\sigma = 5,6710 \cdot 10^{-8} \text{ Wt } M^{-2} K^{-4}$ Stefan-Bolsmanyň hemişeligi **(16.4)**

$\lambda_m = \lambda_m(T)$ baglylyk Winiň kanuny arkaly aňladylyar: AGJ-nyň şöhlenme maksimumyna jogap berýän tolkun uzynlyk onuň absolýut temperaturasyna ters proporsionaldyr:

$\lambda_m \cdot T = b$, $b = 0,28979 \cdot 10^{-2} m \cdot K$ Winiň hemişeligi **(16.5)** ($\approx 2,9 \cdot 10^{-3}$)

Stefan-Bolsmanyň we Winiň kanunlary AGJ-nyň şöhlenmesiniň hususy kanunlary bolup, olar energiýanyň paýlanyşyynyň λ we T baglylygyny bir aňlatmada bermeýär, ýagny umumy suratlandyрмаýarlar. Ýagny, bize

$\varepsilon_\lambda = f(\lambda, T)$ **(16.6)** bilmek zerur.

1900 ýylda Plank **(16.6)** funksiýanyň görnüşini tapdy. Ol şol wagtda çenli dowam eden: e.-m. şöhlenmesi üznüksiz e.-m. Tolkundyr diýen düşüňjani ret etdi. Plank e.-m. şöhesi belli bir kesgitli porsiya bilen goýberilýär ýa-da kwantlaýyn goýberilýär diýen baty çaklamany aýtdy. E.-m. tolk. Energiýasy kwantnyň ε energiýasyna kratnydyr: $E = n \cdot \varepsilon, n = 0, 1, 2, 3, \dots$

Kwantnyň energiýasy:

$$\varepsilon = h\nu = h \frac{c}{\lambda} \quad \textbf{(16.7)}$$

$h = 6,62 \cdot 10^{-34} J \cdot sek$ – Planknyň hemişeligi.

Gök ýagtylyk üçin $\lambda = 0,55 \mu$; onda onuň kwantynyň energiýasy

$$\varepsilon = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{5,55 \cdot 10^{-7}} j = 3,6 \cdot 10^{-19} j \text{ deňdir.}$$

Ýylylyk şöhlenmesiniň kwant häsiýetine esaslanyp, plank AGJ-nyň spektral GU üçin aşakdaky aýlatmany aldy:

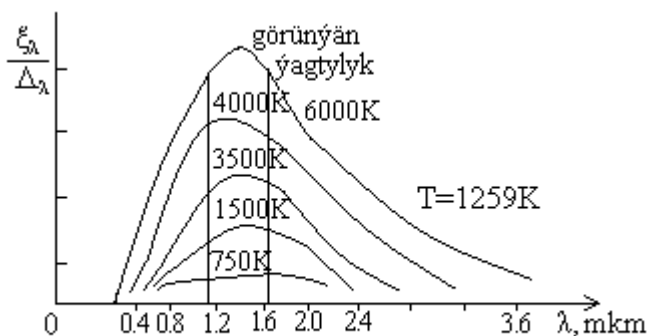
$$\varepsilon_\lambda = \frac{2\pi\hbar c^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{\hbar c}{\lambda T}} - 1} \quad \textbf{(16.8)}$$

λ - tolkun uzynlygy,

T- absolýut temperatura,
 c- ýagtylygyň wakuumdaky tizligi,
 k-Bolsmanyň hemişeligi.

Plankyň (16.8) formulasy tejribäniň netijeleri bilen doly ylalaşýar. Stefanyň-Bolsmanyň we Winiň kanunlary bu formuladan hususy hollar görnüşinde gelip çykýar.

Plankyň nazaryýetiniň esasynda 1905 ý. Eýnşteýn ýagtylygyň kwant (foton) nazaryýetini, Bor bolsa 1913 ý. atomyň gurluşynyň kwant nazaryýeti işläp düzdüler.



Surat 16.2

Stefan-Bolsman we Winiň kanunlaryny görkezmek üçin **Surat 16.2** kömrüň şöhlenenme spektrinde (dürli temperaturalarda) energiýanyň poýlanylyşy getirilen.

4.5. Ýagtylygyň serpikme we döwülme kanunlary. Doly içki serpikme. Aragatnaşygyň optiki ulgamlary.

Goý, tekiz elektromagnit tolkuny iki sany birhilli we izotrop dielektrigiň tekiz araçäginе düşsün.

Düşýän tolkunyň üaüraüan dielektrigi ϵ_1 syzyjylyk, ikinji dielektrik bolsa ϵ_2 syzyjylyk bilen häsiýetlendirilsin. Tejribäniň görkezişi ýaly, birinji dielektrikde düşýän tolkundan başga-da serpigen tolkun ýaýraýar. Düşýän tolkunyň ýaýrama ugry \vec{k}

tolkun wektory, serpiginiňki $-\vec{k}$, döwüleniňki bolsa \vec{k}^{\parallel} t.w. bilen kesgitläliň.

\vec{k}^{\perp} we \vec{k}^{\parallel} wektorlaryň \vec{k} wektor bilen baglanyşygyny tapalyň. Onuň üçin dielektrigiň araçäginde

$$E_{1x} = E_{2x}$$

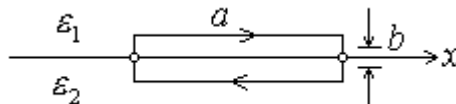
şertiň ýerine ýetirilmelidigini ýatlalyň.

E_{1x}, E_{2x} – birinji we ikinji sredada elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň tangensial düzüjileri.

1. $E_{1x} = E_{2x}$ bolýandygy elektrostatik meýdanlar “Elektrik” böl. subut edikýär. Wagta görä üýtgeýän meýdanlar üçin

\vec{E} sirkulyasiýasy mola deň däl-de $\int_{S=a \cdot b} \left(-\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right) ds$ deň, sebäbi

$$\left[\vec{\nabla} \vec{E} \right] = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \text{ we stoksun teoremasyna görä } \oint_r \vec{E} d\vec{l} = \int \left[\vec{\nabla} \vec{E} \right]_{d3}$$



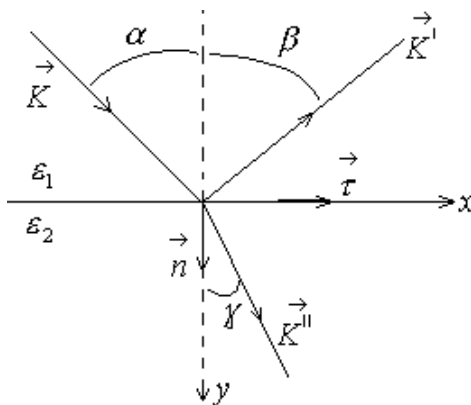
Onda

$$\oint \vec{E} d\vec{l} = E_{1x} \cdot a - E_{2x} \cdot a + \langle E_b \rangle \cdot 2b = - \int_{S=a \cdot b} \vec{B} d\vec{s} \quad (2)$$

$\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ tükenikli we $b \rightarrow 0$ çäkde sag tarapdaky integral $\rightarrow 0$.

we $E_{1x} \cdot a - E_{2x} \cdot a + \langle E_b \rangle \cdot 2b = 0$

$$a(E_{1x} - E_{2x}) = 0; \quad E_{1x} = E_{2x}.$$



Goý, düşýän tolkunyny ýaýrama ugryny

kesgitleýän \vec{k} wektor çyzygynyň tekizliginde ýerleşsin (sur. seret)

Araçäk üste normal ugry \vec{n} wektor bilen häsiýetlendiriliň.

\vec{k} we \vec{n} wektorlaryň ýatýan tekizligine tolkunyny düşme tekizligi diýilýär.

Bu tekizlikde x, y koordinata oklaryny alalyň.

Simmetriýa düşünjesinden \vec{k}^1 we \vec{k}^{11} wektorlaryň hem diňe düşme tekizliginde ýatjaklygy düşüňliklidir (sreda birhilli we izotrop).

Tekiz e.-m. tolkununda (\vec{k} wektorlaryň ugryna ýaýraýan) \vec{E} wektoryň yrgyldysy aşakdaky funksiýa bilen beýan edilýär:

$$\vec{E} = \vec{E}_m e^{i(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})} = \vec{E}_m e^{i(\omega t - k_x x - k_y y)} \quad (3)$$

(\vec{k} wektoryň Z oka proyeksiýasy $=0$, şonuň üçin $-k_z z = 0$) t – hasaplama başlangyjyny tolkunynyň başlangyç fazasy $=0$ bolýar ýaly ýaly saýlap aldyk.

Serpigen we döwülen tolkunlardaky güýjenmeler

$$\begin{cases} \vec{E} = \vec{E}_m e^{i(\omega t - k_x x - k_y y + \alpha^1)} \\ \vec{E} = \vec{E}_m \cdot e^{i(\omega t - k_x x - k_y y + \alpha^1)} \end{cases}$$

(α^1, α^{11} – deňişli tolkunlaryň baýl. fazalary)

Birinji sredada netijeleşýi meýdan

$$\vec{E} = \vec{E} + \vec{E}^1 = \vec{E}_m \cdot e^{i(\omega t - k_x x - k_y y)} + \vec{E}_m^1 e^{i(\omega^2 t - k_x^1 x - k_y^1 y + \alpha^1)} \quad (4)$$

Ikinji sredada

$$\vec{E} = \vec{E}^{11} = \vec{E}^{11} \cdot e^{i(\omega^{11} t - k_x^{11} x - k_y^{11} y + \alpha^{11})} + \vec{E}_m^1 e^{i(\omega^2 t - k_x^1 x - k_y^1 y + \alpha^1)} \quad (5)$$

(1) görä (4) we (5) aňlatmalaryň tangensial düzüjileri araçäk üstde, ýagny $y=0$ bolanda deň bolmaly.

Diýmek,

$$\vec{E}_{m\tau} e^{i(\omega t - k_x \cdot x^1)} + \vec{E}_{m\tau} \cdot e^{i(\omega^2 t - k_x^1 x + \alpha^1)} = \vec{E}_{m\tau}^{11} \cdot e^{i(\omega^{11} t - k_x^{11} x + \alpha^1)} \quad (6)$$

Islandik t wagtda (6) şertiň ýerine ýetmegi üçin

$$\omega = \omega^1 = \omega^{11} \quad (7)$$

ähli ýygylýklar deň bolmaly (6) şertiň islendik x üçin ýerine ýetmegi üçin $k_x = k_x^1 = k_x^{11}$ bolmaly.

Suratda görkezilen α, β, γ burçlara deňişlilikde düşme, serpikme we döwürme burçlary diýilýär. Suratdan görnüşi ýaly

$$\begin{cases} k_x = k \cdot \sin \alpha \\ k_x^1 = k^1 \cdot \sin \beta \\ k_x^{11} = k^{11} \cdot \sin \gamma \end{cases} \quad (8)$$

(8) gatnaşygy aşakdaky ýaly ýazyp bolar:

$$k \cdot \sin \alpha = k^1 \cdot \sin \beta = k^{11} \sin \gamma$$

\vec{k}, \vec{k}^1 wektorlaryň modullary deň we $\frac{\omega}{g_1} = e$ deň; \vec{k}^{11} wektoryň

moduly $\frac{\omega}{g_2} = a$ deň. Diýmek,

$$\frac{\omega}{g_1} \sin \alpha = \frac{\omega}{g_1} \sin \beta = \frac{\omega}{g_2} \sin \gamma, \text{ bu ýerden}$$

$$\alpha = \beta \quad (9)$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{g_1}{g_2} = n_{12} \quad (10)$$

gelip çykýar.

(9) – serpişme kanuny

(10) – ýagtylygyň döwürleme kanuny.

(10) – daki n_{12} – ikinji maddanyň birinjä görä döwürleme görkezijisi.

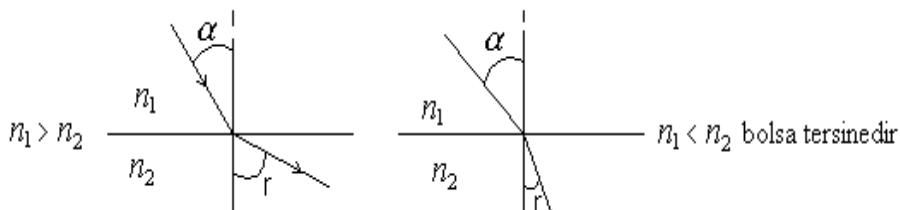
$$n_{12} = \frac{g_1}{g_2} = \frac{c}{g_2} \cdot \frac{g_1}{c} = \frac{c/g_2}{c/g_1} = \frac{n_2}{n_1} \quad (11)$$

n_1, n_2 – maddalaryň absolýut döw. görkezijileri.

(10) formulada $n_{12} = \frac{n_2}{n_1}$ çalyşyp alarys:

$$n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \gamma \quad (12)$$

Bu ýerden görünýär: eger $n_1 > n_2$ bolsa, onda şöhle araçäğine normaldan daşlaşýar.



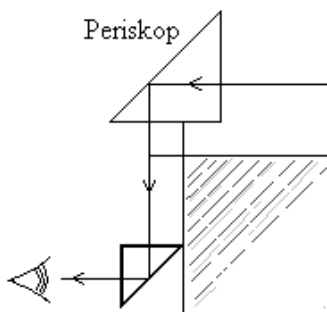
$$\alpha_0 = \arcsin n_{12} \quad (13)$$

baha eýe bolanda kesgitlenýän burça Çäk burç diýilýär.

Düşme burçy $\alpha_0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$ çäkke bolanda ýagtylyk tolkumy ikinji sreda $\sim \lambda$ aralyga geçip, birinji sreda gaýdyp gelýär. Bu hadysa doly içki serpikme diýilýär.



DIS-niň ulanylyşy.



Düşýän, serpigýän we döwürliň şöhleleriň amplitudalarynyň (gerimleriniň) we fázalarynyň arasyndaky gatnaşyklary tapalyň. Ýönekeýlik üçin tolkunyň iki dielektrigiň araçäğine normal düşmesine seredeliň.

\vec{E} wektoryň ırgyldylarynyň ugruny x oky diyip kabul edeliň. Onda \vec{E}^1 , \vec{E}^{11} wektorlaryň ırgyldy ugurlary x okunyň boýuna bolar. Berlen ýagdaýda $\vec{\tau}$ ort \vec{e}_x ort bilen gabat gelýär.

Onda (1) şert

$$(14) \quad E_x + E_x^1 = E_x^{11} \text{ görnüşde ýazylyar.}$$

Öň Amplitudalar üçin alnan

$H_m \propto n E_m$ gatnaşyk E – iň we H -yň mgnowen bahalary üçin hem dogrudyr: $H \propto n E$. Bu ýerden energiýa akymynyň

dykzlygynyň mgnowen bahasy $n E^2$ gelip çykýar. Şeýlelikde, energiýanyň saklanmak kanunyndan

$$n_1 E_X^2 = n_1 E_x^{12} + n_2 E_x^{12} + n_2 E_x^{11^2} \quad (15)$$

gelip çykýar. (15)-de E_X^1 bahasyny $E_X^1 = E_x^{11} - E_x$ goýup alarys:

$$\begin{aligned} n_1 E_X^2 &= n_1 (E_x^{11} - E_x)^2 + n_2 E_x^{11^2} \\ n_1 E_X^2 &= n_1 E_x^{11^2} - 2n_1 E_x^{11} E_x + n_1 E_x^2 + n_2 E_x^{11^2} \\ E_x^{11^2} (n_1 + n_2) &= 2n_1 E_x^{11} \cdot E_x \\ E_x^{11} &= \frac{2n_1}{n_1 + n_2} E_x \quad (16) \end{aligned}$$

Bu bahany (14)-de ornuna goýup alarys:

$$\begin{aligned} E_X^1 &= E_x^{11} - E_x = \frac{2n_1}{n_1 + n_2} E_x - E_x = \\ E_x \left(\frac{2n_1 - n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right) &= \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} E_x \\ E_X^1 &= \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} E_x \quad (17) \end{aligned}$$

(16) görnüşi ýaly \vec{E} we \vec{E}^{11} wektorlaryň proyeksiýalary her bir wagt pursatynda şol bir alamata eýe. Munuň özi düşýän we döwürlyän tolkunlarda yrgyldylar araçäk serhetde şol bir fazada bolup geçýär – bu araçäkden geçende tolkun fazasy üýtgemä sezewar bolmaýar.

(17)-den $n_2 L n_1$ ýagdaýda E_X^1 alamaty E_x – iň alamaty bilen gabat gelýär.

Munuň özi düşýän we serpigen tolkunlarda yrgyldylar araçäkde bir fazada bolup geçýär – tolkunynyň fazasy serpinkmede üýtgemeyär.

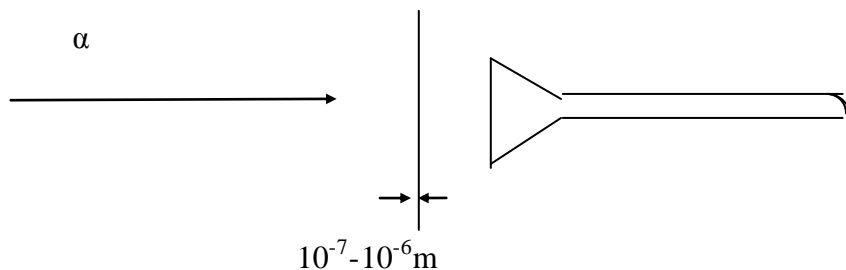
Eger $n_2 > n_1$ bolsa E_X^1 – iň we E_x – iň alamatlary garşylykly, we yrgyldylaryň faza tapawudy π deň.

V. Atomyň we atom ýadrosynyň fizikasy

5.1. Atomyň we atom ýadrosynyň gurluşy

Atom – himiki elementiň iň kiçi bölegidir. Onuň radiusy $\approx 10^{-10}$ m. Tomsonyň hödürlän (1903ý) atomyň nusgawy şekiline görä atom 10^{-10} m ölçegli şar bolup, onuň ähli göwrümünde položitel zarýad deňölçegli paýlanandyr, otrisatel elektronlar bolsa onuň içinde ýerleşip, ol hereket edip bilýärler. Bu şekiliň ýetmezçiligi: ol köp spektr çyzyklarynyň şöhlelenmesini we atomyň öçeglerini nämäniň düzyändigini düşündirip bilmeýär.

Rezerford 1909-1911ýý. Öz şägirtleri bilen zarýadly bölejikleriň maddada pytramasyny derňedi. Olar α -bölejikleriň maddanyň ýuka gatlagyndan geçende bölejikleriň ugrunyň üýtgeýändigine tejribede gözegçilik edipdirler. α -bölejik $+2e$ zarýady bolan geliýniň ýadrosydyr. α -bölejikler metal örtükden 1/8000 gezek uly ($130-150^0$) burçlara gyşarypdyrlar. Bu gyşarmany elektronlar döredip bilmezler, çünki $m_{\alpha} = 7350m_e$. Diýmek α -nyň gyşarmasyna položitel zarýadly ýadro sebäpkär.



Rezerfordyň hödürlän (1911ý) atomyň planetar şekiline görä her bir atomyň merkezinde örän kiçi ölçegli ($10^{-14}-10^{-15}$ m) položitel zarýadly ýadro ýerleşýär, otrisatel zarýadly elektronlar onuň daşyndan aýlanýarlar. Ýadrodan α bölejigiň uçuşynyň ilkibaşdaky ugruna çenli b aralyga nyşana alyş aralygy diýilýär. b näçe kiçi bolsa, α -bölejik şonça-da güýçli gyşaryar:

$$\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{k q_1 q_2}{b m v^2}; \quad k = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0},$$

q_1, q_2 - α -bölejigiň we ýadronyň zaryadlary; m - α -bölejigiň massasy.

Elektron ýadronyň daşyndan merkeze ymtylýan tizlenme bilen aýlanyp, elektromagnit tolkunyny yzygiderli şöhlendirip $\approx 10^{-8} s$ wagtda ýadronyň üstüne geçmaly. Rezerfordyň atom şekili atomyň spektrindäki kanunalaýyklyklary, gara jisimiň şöhlelenmesini düşündirip bilmeýär.

1913-nji ýylda N.Bor çyzykly spetrleriň kanunalaýyklyklaryny, Rezerfordyň atom şeklini, ýadtylygyň şöhlelenmeginiň we siňdirilmeginiň kwant häsiýetlerini bir pikire birikdirýän kadalary (postulatlary) hödürleýär.

Boruň I kadasy (durnukly hallaryň düzgüni): Atom diňe kesgitli, yagny durnukly hallarda uzak wagtlap bolup biler. Bu hallarda atom elektromagnit tolkunyny şöhlendirmeyär. Her bir durnukly hala atomyň kesgitli energiýasy degişlidir: E_1, E_2, \dots, E_n . Atomyň durnukly hallaryna elektronlaryň hereket edýän durnukly orbitalary degişli. Bu orbitalarda elektronlar tizlenip, elektromagnit tolkunyny şöhlendirmeyär. Atomyň durnukly halyna tegelek orbita boýunça hereket edýän elektron hereket mukdarynyň momentiniň kwantlanan sanyna eýe bolýar:

$$L_n = m_e v_n r_n = n \hbar, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

$m_e = 9,1095 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ - elektronyň massasy; r_n - n -nji orbitanyň radius; v_n - onuň bu orbitadaky tizligi; n - бүтін сан, kwant sany; $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,0546 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot s$; $h = 6,6262 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot s$ - Plankyň getirilen (ýa-da Diragyň) hemişeligi.

Boruň II kadasy (ýygýlyklar düzgüni): Atom bir durnukly haldan başga bir durnukly hala geçende energiýanyň bir fotony (kwanty) şöhlelenýär ýa-da siňýär. Atom uly energiýaly haldan kiçi energiýaly hala geçende foton şöhlelenýär, tersine geçişde bolsa siňýär. Fotonyň $h\nu$ energiýasy atomyň iki halynyň energiýasynyň tapawudynyň modulyna deň:

$$\begin{aligned}
 h\nu &= \hbar\omega = |E_n - E_m| & (2) \\
 E_n &> E_m & - \text{foton şöhlelenýär;} \\
 E_n &< E_m & - \text{foton siňdirilýär} \\
 \omega &= 2\pi\nu
 \end{aligned}$$

Bu düzgünler boýunça wodoroda meňzeş atomyň tegelek durnukly orbitalaryny we deňişli energiýalaryny hasaplap bolýar.

Şeýle atomda e zaryadly elektron Ze zaryadly ýadronyň daşyndan aýlanýar. Elektronyň merkeze ymtýlýan tizlenmesini $+Ze$ zaryadly ýadro tarap ugrukdyrylan Kulon güýji döredýär:

$$\frac{m_e \vartheta_n^2}{r_n} = \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r_n^2} \quad (3)$$

$$\frac{m_e \vartheta_n^2}{2} = \frac{Ze^2}{8\pi\epsilon_0 r_n} \quad (4)$$

$E_p = Fr = \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r_n^2} r = \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r_n}$; onda elektron orbita boýunça hereket edende elektronyň kinetik energiýasy absolyt ululygy boýunça onuň potensial energiýasynyň ýärysina deňdir. Alamlary boýunça bu energiýalar garşylyklydyr, sebäbi dartylma güýjüniň potensial energiýasy otrisateldir:

$$\begin{aligned}
 E_p &= -\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r_n}; \\
 E_k &= \frac{m_e \vartheta_n^2}{2} = \frac{Ze^2}{8\pi\epsilon_0 r_n};
 \end{aligned}$$

Elektronyň doly energiýasy:

$$E = E_k + E_p = \frac{Ze^2}{8\pi\epsilon_0 r_n} - \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r_n} = -\frac{Ze^2}{8\pi\epsilon_0 r_n} \quad (5)$$

(1)-e görä

$$m_e \vartheta_n^2 r_n^2 = n^2 \hbar^2 \quad (6)$$

(3) we (6) aňlatmalary deňeşdirip, durnukly orbitanyň radiusyny alarys:

$$r_n = n^2 \frac{\epsilon_0 \hbar^2}{\pi m_e e^2} \quad (7)$$

($\hbar = \frac{h}{2\pi}$) Wodorod üçin $Z=1$, $n=1$, onda birinji orbitasynyň radius

$$r_1 = a_0 = \frac{\varepsilon_0 \hbar^2}{\pi m_e e^2} = 0,52977 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

Alnan ululyga Boruň birinji radiusy diýilýär. Wodorod üçin ($Z=1$) (7)-den :

$$r_n = n^2 r_1,$$

ýagny durnukly hallar üçin orbitalar hem kwantlanandyrlar we deňşlilikde $r_1, 4r_1, 9r_1, \dots$ ululyklara deňdirler.

n -durnukly orbitada ýerleşýän elektronyň energiýasyny (5)-de (7)-ni goýup alarys:

$$E = E_n = -\frac{m_e e^4}{8\hbar^2 \varepsilon_0^2 n^2} \quad (8)$$

Buýerde (-) alamaty ulgamyň baglanyşyklydygyny aňladýar, ýagny elektron atomda ýadro bilen dartylma sebäpli baglydyr. Şeýlekde atomyň energiýasynyň kwantlanýandygy baradaky netije gelip çykýar. $n=1,2,3,\dots$ bahalary kabul edende energiýanyň gadagan däl bahalary (8) bilen kesgitlenýär. m_e, e , goýup wodorod üçin

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ eV}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$n=1$ ýagdaýy iň kiçi energiýaly hala ýa-da esasy hala laýyk gelýär, onuň energiýasy

$$E = -13,6 \text{ eV}$$

$n=1$ -den $n = \infty$ çenli hemme hallar baglanyşyklydyr, sebäbi olar otrisetel energiýa eýedirler. n -iň bahasy ulalyp, $n \rightarrow \infty$ -da energiýaly hallar bir-birlerine golaýlaşyp, iň soňunda energiýa hallarynyň paýlanyşy üznüksiz spektre öwrülýär. Derejeleriň üznüksiz hallarynda ($n = \infty$) $E > 0$. Bu ýagdaýda ulgam baglanyşykly däl, elektron erkin bolýar.

Eger atom esasy halda bolsa ($n=1$) atomdan energiýany goparmak üçin 13,6 eV energiýa gerek.

Elektronyň esasy haldan oýandyrylan hala geçmegi üçin berilmeli energiýa E_0 oýandyрма energiýasy diýilýär. Meselem,

$n=2$ hal üçin $E_0 = -3,40\text{eV} - (-13,6\text{eV}) = 10,2\text{eV}$

Esasy halda ýerleşýän elektrony atomdan goparmak üçin gerek bolan energiýa E_i ionlaşma energiýasy diýilýär. Çyzgydan görnüşi ýaly $E_i = 13,6\text{eV}$.

Berlen oýandyrylan halda ýerleşen elektrony atomdan goparmak üçin gerek bolan energiýa bu hal üçin E_b baglanyşyk energiýasy diýilýär. Mysal üçin $n=2$ oýandyrylan hal üçin $E_b = 3,4\text{eV}$; eger atom esasy halda ($n=1$) bolsa, $E_b = E_i = 13,6\text{eV}$.

n we m durnukly hallaryň arasyndaky geçişde bölünip çykýan fotonyň energiýasyny elektronwoltlarda kesgitlemegiň amatly deňlemesi:

$$h\nu = \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) eW$$

Ýadro - atomyň merkezi bölegidir, ýagny özenidir, onda atomyň massasynyň 99,95% -den gowyragy ýerleşýär, onuň ölçegi $\approx 10^{-15} - 10^{-14}\text{m}$.

Ýadronyň fiziki häsiýetleri esasan onuň zaryady we massasy bilen kesgitlenýär. Ýadronyň zaryady 1913ý. Inlis fizigi G.Mozli tarapyndan kesgitlenýär. Ýadronyň içinde protonyň bardygyny 1919 ýylda E.Rezerford açýar. Onuň şägirdi Çedwik 1932 ý-da neýtrony açýar. ^1_0H -den başga ähli atamlaryň yadrolary protonlardan we neýtronlardan durýarlar. Bu ýadro bölejiklerine **nuklonlar** diýilýär. Neýtronyň massasy protonyňka golaý. Ol erkin halda durnuksyzdyr. Ol elektrony we antineýtrinony goýberip, ol öz-özünden dargaýar: $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$. Proton we elektron erkin halda durnuklydyr.

bölejik	Proton	neýtron	elektron
Fiz.ululyk			
Massa, kg	$1,6726 \cdot 10^{-27}$	$1,6749 \cdot 10^{-27}$	$9,11 \cdot 10^{-31}$
Elektrik zaryady, Kl	$1,6 \cdot 10^{-19}$	0	$-1,6 \cdot 10^{-19}$

Ýadrodaky nuklonlaryň sanyna *massa sany* diýilýär: $A = Z + N$.

$A < 50$ – ýeňil; $50 < A < 150$ – orta agyrlýkly;
 $A > 150$ – agyr ýadrolar

$1m.a.b. = 1,66057 \cdot 10^{-27} kg$ (oluglerodyň $^{12}_6C$ izotopynyň $1/12$ massasyna deň)

Protonlaryň sany ýadronyň umumy zarýadyny (Ze) kesgitleýär. Z-atom belgisi ýa-da zarýad sany. Neýtronlaryň sany $N=A-Z$

Dürli ýadrolaryň belgilenişi Z_X .

Protonlarynyň sany (Z) birmeňzeş we dürli massa sanly (A), ýagny neýtronlarynyň sany (N) dürli bolan ýadrolara *izotoplar* diýilýär. Olaryň electron gatlagy birmeňzeşdir. Ýüne ýadrolarynyň gurluşy bilen şertlenen fiziki häsiýetleri (massa sany, dykzylygy, radioisjeňligi we ş.m.) tapawutlanýar.

1_1H - adaty wodorod, protiý ($Z=1$, $N=0$)

2_1H - agyr wodorod, deýteriý ($Z=1$, $N=1$), ýadrosyna deýtron (D) diýilýär.

3_1H – aşa agyr wodorod, tritiý ($Z=1$, $N=2$), ýadrosyna triton (T) diýilýär.

4_1H – dört nuklonly wodorod ($Z=1$, $N=3$).

A birmeňzeş, Z dürli bolan ýadrolara *izobarlar* ($^{10}_4Be$, $^{10}_5B$, $^{10}_6C$), N birmeňzeş, Z (A) dürli bolan ýadrolara *izotonlar* ($^{14}_7N$, $^{14}_6C$) diýilýär.

Ýarymdargama periodlary bilen tapawutlanýan Z we A birmeňzeş bolan ýadrolara *izomerler* diýilýär.

Ýeňil ýadrolaryň arasynda biriniň N sany beýlekiniň Z sanyna deň, A birmeňzeş bolan ýadrolara *ýalpyldawyk* (aýna ýaly) ýadrolar diýilýär. Mysal üçin 2_1H ($1p+2n$) we 2_1He ($1n+2p$); $^{12}_6C$ ($6p+7n$) we $^{12}_7N$ ($6n+7p$).

Häzirki wagtda 3000 ýadro belli, olardan 300 töweregi durnukly.

Ýadronyň massasy onuň düzümine girýän protonlaryň we neýtronlaryň massasy bilen kesgitenýär. Ýöne, ýadronyň massasy oňa girýän bölejikleriň massalarynyň jeminden kiçidir:

$$m_y < [Zm_p + (A - Z)m_n].$$

Onuň esasy sebäbi ýadrodaky nuklonlaryň arasyndaky güýçli özara täsirdir. Bu özara täsir sebäpli, atomyň ýadrosyny aýratyn erkin nuklonlara bölmek üçin iş etmeli. Bu işe *ýadronyň baglanyşyk energiýasy* (E_b) diýilýär. Tersine, erkin nuklonlardan ýadro emele gelende nuklonlaryň bir-biri bilen baglanyşyk energiýasy bölünip çýkýär (mysal üçin elektromagnit şöhlemenmesi hökmünde)

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_y$$

ululyga *massanyň ýetmezçiligi* diýilýär . Ol yadronyň *baglanyşyk energiýasyny* (E_b) häsiýetlendirýär.

Bölejigiň dynçlyk energiýasy $E=mc^2$. Onda

$$E = \Delta mc^2 = [Zm_p + (A - Z)m_n - m_y] c^2$$

Ýadronyň massasyny $m_y = m_a - Zm_e$ görnüşde ýazyp bolar.

Bir nuklona düşýän baglanyşyk energiýasyna udel *baglanyşyk energiýasy* diýilýär: $\epsilon_u = \frac{E_b}{A}$

Bu energiýa atom ýadrosynyň esasy häsiýetnamasy bolup hyzmat edýär. ϵ_u näçe uly bolsa, nuklonlar öz aralarynda has güýçli baglanyşyklydyrlar we ýadro şonça-da durnuklydyr. Onuň bahasy nuklonlaryň sanyna we olaryň protonlarynyň we neýtronlarynyň jübütligine ýa takligine bagly. Tak sanly protonlardan we neýtronlardan durýan ýadrolaryň (${}^6_3\text{Li}$, ${}^{10}_5\text{B}$, ${}^{14}_7\text{N}$.) ϵ_u energiýasy kiçi, jübüt sanlylardan durýanlaryňky (${}^4_2\text{He}$, ${}^{12}_6\text{C}$, ${}^{16}_8\text{O}$.) bolsa ulydyr.

Ýadro energiýasyny iki ýol bilen alyp bolýar:1) agyr ýadrolaryň bölünmegi; 2) ýeňil ýadrolaryň birleşmegi.

Ýeňil ýadrolar birleşende we agyr ýadrolar bölünende *örän uly energiýa bölünip çykýar*.

Eger ýadro baglanyşyk energiýasyna deň bolan mümkin bolan iň kiçi energiýa eýe bolsa ol *esasy energiýa halýnda* bolýar. Eger ýadronyň energiýasy baglanyşyk energiýasyndan uly bolsa ol *oýandyrylan halda* bolýar.

Ýadrodaky nuklonlaryň örän uly baglanyşyk energiýasy bar. Olaryň arasyndaky güýç dartýşma häsiýetlidir. Bugüýç nuklonlary bir-birinden 10^{-15} m töweregi aralykda saklaýar. *Ýadro özara täsir güýçli özara täsirdir.*

1. *Ýadro güýçleri gysga täsirlidirler. $(1,5-2.2)10^{-15}$ m uzynluga ýadro güýçleriniň täsir edýän radius diýilýär. Mundan kiçi aralykda nuklonlar itekleşýärler.*

2. *Güýçli özara täsir nuklonlaryň zaryadyna bagly däl*

3. *Ýadro güýçleri doýgun häsiýete eýe. Ýadrodaky her bir nuklon çäkli nuklon bilen täsirleşýär.*

4. *Ýadro güýçleri merkezi däldir.*

5.2. Radioişjeňlik

Sada bölejikleri goýbermek bilen atom ýadrolarynyň başga atom ýadrolaryna öz-özünden öwrülmeğine radioişjeňlik diýilýär. Şeýle öwrülmeler diňe durnuksyz ýadrolarda bolýar. Tebigy şertlerde bolýan ýadrolaryň radioişjeňligine *tebigy tebigy radioişjeňlik, ýadro täsirleşmeleri netijesinde alnan ýadrolaryň radioişjeňligine* bolsa emeli radioişjeňlik diýilýär. Bu iki radioişjeňligiň arasynda düýpli tapawut ýokdur. Olar birmeňzeş kanunlara boýun egýärler.

Tebigy radioişjeňligi 1896-njy ýylda fransuz fizigi Andri Bekkerel uran duzunyň sowuk halda ýagtylanma hadysasyny öwrenende açdy. Radioişjeňligi är-aýal Pýer Kýuri we Mariýa-Sklodowskaýa Kýuri hemmetaraplaýyn öwrenip başlaýarlar. Olar uran magdanyndan poloniý (*Po*) we radiý (*Ra*) diýip atlandyrylan iki sany täze, has güýçli tebigy radioişjeň elementleri bölüp aldylar. Bu uly açyşlary üçin A.Bekkerele we är-aýal Kýurilere 1903-nji ýylda fizikadan Nobel baýragy berildi. 1911-nji ýylda bolsa M.Kýura ikinji Nobel baýragy (himiýadan) berildi. 1902-nji ýylda iňlis alymlary E.Rezerford we F.Soddi radioişjeňligiň, radioişjeň maddanyň atomlarynyň öz-özünden dargamagy bilen döreyändigini kesgitlediler. 1911-nji ýylda Rezerford atomyň gurluşyny

aydynlaşdyrandan soň, radioişjeňligiň bir elementniň ýadrosynyň başga bir elementniň ýadrosyna öwrülmesidigi belli boldy.

Tebigy radioişjeňlige Mendeleýewiň jedwelinde wismutdan ($^{209}_{83}\text{Bi}$) soň ýerleşýän himiki elementleriň atomlarynyň ýadrolarynda hem-de käbir ýeňil we orta agyrylykly ýadrolarda (^3_1H , $^{14}_6\text{C}$, $^{40}_{19}\text{K}$, $^{87}_{37}\text{Rb}$, $^{115}_{49}\text{In}$, $^{138}_{57}\text{La}$, $^{147}_{62}\text{Sm}$, $^{175}_{71}\text{Lu}$, $^{187}_{75}\text{Re}$) gözegçilik edilýär. Tebigy radioişjeň elementler az mukdarda suwda, howada, toprakda, ösümlikleriň we haýwanlaryň dokumalarynda, iýmit önümlerinde we adam bedeniniň düzüminde bardyr.

Neýtronlaryň sanynyň protonlaryň sanyna bolan gatnasygy (N/Z) massa sanynyň (A) artmagy bilen ulalýar. Ýadrolar neýtronlaryň we protonlaryň sanlarynyň diňe kesgitli gatnaşyklarynda durnuklydyrlar.

Ýadrodaky nuklonlaryň durnukly baglanyşygyna şu gatnaşyk laýyk gelýär:

$$\frac{N}{Z} \approx 1 + 0,015A^{2/3}, \quad A < 250$$

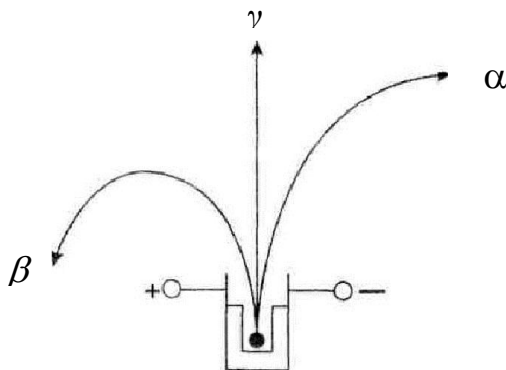
XX asyryň ahyryna çenli, takmynan, 3000 atomýadrolary açyldy. Olaryň aglaba köpüsi (-90%) radioişjeňdir. Protonlary we neýtronlary jübüt sanly ýadrolar örän durnuklydyrlar. Olar tebigatda köp gabat gelýärler.

Radioişjeňlik ýadronyň içki gurluşy bilen baglanyşyklydyr. Şonuň üçin, fiziki usullaryň hiç birisi oňat täsir etmeýär. Ýöne, radioişjeň söhlemenmäniň özi magnit meýdanynda üç bölege bölünýär. 1899-njy ýylda E.Rezerford söhlemenmäniň magnit meýdanynda dürli zarýadly α – we β – bölejklere bölünýändigini ýüze çykardy. 1900-njy ýylda P.Willard söhlemenmäniň üçünjü, zarýadsyz bölejigini, ýagny γ - söhlemenmäni açdy (çyzgy).

Tebigy radioişjeň maddalar müňýyllyklaryň dowamynda energiýany üznüksiz söhledenirýärler. 1903-nji ýylda P.Kýuri we

A. Labord 1 gram radiniň 1 sagatda 563 J töweregi energiýany bölüp çykarýandygyny tejribede ýüze çykardylar.

Eger A_ZX dargayan başlangyç ýadro bolsa, onda α – we β – dargamalarydaky süýşmäni, ýagny Faýansyň we Soddiniň düzgünini şeýle ýazyp bileris:



çyzgy

α – dargamada ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_ZY + {}^4_2He$.

β – dargamada ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + {}^0_{-1}e$.

Bu ýerde Y -dörän ýadronyň belgisi, A_ZHe - geliýniň ýadrosy (α -bölejik), ${}^0_{-1}e$ - elektronyň ($A=0, Z=-1$) belgilenişi.

Çyzga tolkunly elektromagnit gamma şöhlemenmesi atom ýadrosynyň E_n -energiýaly oýandrylan halýndan E_m energiýaly esasy ýa-da pes oýandrylan hala geçende boýar. γ -şöhlemenmesiniň tolkun uzynlygy örän kiçidir ($\gamma = 10^{-10}m$).

Radioişjeň α -, β - we γ şöhleleriniň düzümi olaryň magnit meýdanyndaky gyşarmasy anyklanyldy.

Aýratyn radioişjeň ýadrolaryň özbaşdak dargadygyny üçin ortaça ($t, t+dt$) wagt aralygynda dargayan ýadrolaryň sany (dN) dt wagta we t wagt pursadynda dargamadyk ýadrolaryň sanyna göni baglydyr:

$$dN = -\lambda N dt \quad (1)$$

Bu ýerde λ - radioişjeň dargama hemişeligi. Deňlemedäki aýyrmak alamaty dargamada radioişjeň ýadrolaryň umumy sanynyň azalýandygyny aňladýar. 1-nji baglanyşykdan dargama hemişeligiň wagt birliginde dargama sezewar bolýan ýadrolaryň sanynyň göräleýin azalýandygyny gelip çykyar:

$$\lambda = \frac{-dN / N}{dt}$$

Başga sözler bilen aýdylanda, dargama hemişeligi wagt birliginde dargan ýadrolaryň paýyny häsiýetlendirýär, ýagny radioişjeň dargamanyň tizligini kesgitleýär.

1-nji aňlatmany şu görnüşde ýazalyň:

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt.$$

Bu delemäni integrirläp alarys:

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -\lambda \int_0^t dt, \quad \ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t.$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (2)$$

Bu ýerde N_0 - dargamadyk ýadrolaryň başlangyç sany ($t = 0$ wagt pursadynda), N - t wagt pursadyndaky dargamadyk ýadrolaryň sany. 2-nji baglanyşyk *radioişjeň dargama kanunyny* aňladýar. Oňa laýyklykda dargamadyk ýadrolaryň sany wagta görä

eksponensial kanun boýunça kemelýär. Öz-özünden radioişjeň dargama kanuny iki sany çaklama esaslanýar:

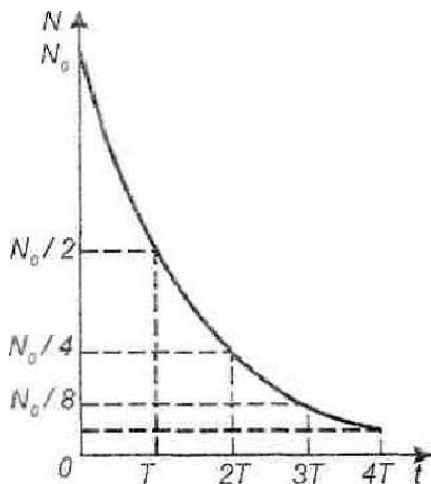
- 1) dargama hemişeligi daşky şertlere bagly däldir;
- 2) wagt birliginde (dt) dargayan ýadrolaryň sany olaryň bar bolan mukdaryna göni baglydyr.

Bu çaklamalar, radioişjeň dargamanyň *statistiki* hadysadygyny, berlen ýadronyň dargamasynyň bolsa kesgitli ähtimallygy bolan *tötänleýin* hadysadygyny anladyar. Radioişjeň şöhlelenmesiniň intensiwligi radioişjeň ýadronyň T ýarymdargama döwri we τ ortaça ýaşayyş wagty häsiýetlendirýär. Radioişjeň ýadrolaryň başlangyç sanynyň ortaça iki esse azalýan wagtyna *ýarymdargama döwri* diýilýär. (2) aňlatma laýyklykda birinji ýarymdargama döwürden soň $N = N_0 / 2$ bolar. Onda ýazyp bileris:

$$N_0 / 2 = N_0 e^{-\lambda T}$$

Bu ýerden

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,6931}{\lambda}. \quad (3)$$



2-nji çyzgy

Tebigy radioişjeň elementleriň ýarymdargama döwürleri sekundyň on million ülişlerinden birnäçe milliard ýyla çenli işleýär. 1-nji jedwelde käbir radioişjeň elementler we olaryň ýarymdargama döwürleri görkezilen.

Radioişjeň dargamanyň intensiwligi wagt birliginde dargan ýadrolaryň sany bilen häsiýetlendirilýär:

$$\left| \frac{dN}{dt} \right| = \lambda N.$$

Alnan ululyga *radioişjeň maddanyň işjeňligi* (A) diýilýär. Şeýlelikde, işjeňligi şu görnüşde ýazyp bileris:

$$A = \lambda N \quad (4)$$

Işjeňlik wagt birliginde (s^{-1}) radioişjeň maddanyň ýadrolarynyň dargaýan sany bilen ölçenilýär. İşjeňligi halkara ulgamynda bekkerele (Bk) ölçeyärler, $1 Bk = 1 \text{ gama/s}$. Koplenç, radioişjeňligi ýörite birlik bolan Kýuride hem-de onuň ülüşlerinde – millikýuride we mikrokýuride ölçeyärler ($1 Ki = 3,7 \cdot 10^{10} Bk$).

Ýadrolaryň radioişjeň dargamasynda *elektrik zaryadynyň saklanma kanuny* şeýle awladylýar:

$$Z_N e = \sum_i Z_i e \quad (5)$$

Bu ýerde $Z_N e$ - başlangyç ýadronyň zaryady, $Z_i e$ - radioişjeň dargama netijesinde döreýän ýadrolaryň we bölejikleriň zaryady. Bu kanun hemme ýadro täsirleşmeleri derňelende hem ulanylýar.

Tebigy radioişjeň hadysasyndaky *massa sanlarynyň saklanma düzgüni*:

$$A_N = \sum_i A_i \quad (6)$$

Bu ýerde A_N - başlangyç ýadronyň massa sany, A_i - dargama netijesinde alnan ýadrolaryň we bölejikleriň massa sanlary.

Häzirki wagtda ylymda we önümçilikde dürli himiki elementleriň radioişjeň izotoplary has giňden ulanylyp başlandy.

Şöhlenenmäniň sňme derejesiniň maddanyň sňdiriji gatlagynyň galyňlygyna we onuň dykzyzlygyna baglygyna esaslanan birnäçe abzallar döredildi. Bu esasyda galyňlyk, dyklyk, suwuklygyň derejesini ölçeyji gurallar, önümçilikde şikesleriň

ýoklugyny barlaýan enjamlar (defektoskoplar) we başgalar döredildi. Derňelýän maddanyň dykzlygyna we ölçenilýän gatlagyň galyňlygyna bagly γ -şöhlenenme (metalyň galyň gatlagy üçin) ýa-da β -şöhlenenme (ýukajyk madda, boýag, plastmassa we başgalar üçin) ulanylýar. Radioişjeň şöhlenenmeler maddanyň fiziki we himiki häsiýetlerini (gatylygyny, portlugyny we başgalary) üýtgetmek üçin hem ulanylýar. Şeýle-de, bu şöhlenenmeler himiki täsirleşmeleri çaltlandyrmak üçin ulanylýar. Radioişjeň şöhlenenmeler molekulany bozup, maddada himik işjeň erkin radikallary döredip bilýär.

Radioişjeň izotoplar eredilen metal garyndysyny (splawy) derňemek, aralaşmanyň we janly bedenlerdäki maddanyň hereketiniň tizligini kesgitlemek üçin ulanylýar.

Belgili atomlaryň kömegi bilen geçirilen has ähmiýetli derňewleriň biri bedenlerdäki madda çalyşgyny derňemekdir.

Käbir maddalar bedeniň kesgitli ýerlerinde seçijilik bilen ölçeyärler. Mysal üçin, ýod böwrekde we galkan görnüşli mäsde çökyär. Adamyň ganyna $^{131}_{52}I$ ýoduň kesgitli mukdaryny girizip, böwregiň ýa-da galkan görnüşli mäziň işleýşini derňemek bolýar. Gana az mukdarda girizilen $^{24}_{11}Na$ natriý gan aýlanyşygyny derňemek üçin ulanylýar. Ýymit sındiriş, dem alyş agzalaryna we derä täsir etmek üçin özünde $^{232}_{86}Rn$ radon saklaýan mineral suwlar we onuň önümleri ulanylýar. Ýurdumyzyň Arçman şypahanasynda deri kesellerini, ýymit sındiriş we dem alyş agzalaryny bejermek üçin düzüminde we beýleki elementler bolan mineral suw ulanylýar.

Radioişjeň şöhlenenmeler howply çiş kesellerini bejermekde hem peýdalanylýar. Bu maksat üçin kobalt ($^{60}_{27}Co$) topy diýip atlandyrylýan ýörite abzallaryň goýberýän γ -şöhlenenmesini ýa-da tizlendirijilerde tizlendirilen protonlaryň ýa-da agyr ýadrolaryň çugdamlanan desselerini ulanýarlar. Häzirki wagtda keseli anyklamak hem-de iç kesellerini öwrenmek we bejermek maksatlary üçin ýörite tizlendirijiler gurulýar.

Ösümlükleriň nesil häsiýetlerini (tiz ýetişijiligini, sowuga, kesele çydamlylygyny we şuna meňzeşleri) gowulandyrmak üçin oba hojalyk ekinleriniň tohumlaryny we ösümlükleriň özlerini radioişjeň izotoplaryň (adadça, kiçi ýarymdargama döwürli) kömegi bilen az mukdarda şöhlelendirýärler.

Ýer togalygynyň dürli ýerlerinde barlag üçin alnan suwda radioişjeň 3_1H we durnukly 1_1H izotoplaryň göräleýin mukdaryny ölçäp, bu suwuň ýagşy görünüşinde ýagandygyny kesgitläp bolýar.

Neýtronlaryň täsiri astynda geçýän täsirleşmeler biologlar, geologlar we arheologlar üçin gyzyklydyr. Ol janly bedenleriň galyndylarynyň ýaşyny ýeterlik takyk kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Pozitron-emissiýa tomografiýasy radioişjeň izotoplary ulanyp, keseli anyklaýjy iş täze usuldyr. Bu usul keseli irki döwürde ýüze çykarmaga mümkinçilik berýär. Pozitron tomografiýasy adam bedeniniň içki agzalaryny düýpli derňemeklikde belgilenen radioizotop maddalary ulanmaga mümkinçilik berdi.

Radioişjeň şöhlenenmäni kabul etmegiň islendik mukdary hromosomlaryň nesil galyndylaryny öwrülišiksiz üýtgetmäge ukyplydyr we nesil üýtgetmelerine getirip bilýär. Öýjükleriň heläk bolmagyna getirýän sebäpleriň esasy hromosomlaryň zaňalanmagy we madda çalşygynyň bozulmagy netijesinde radiozäherli maddalaryň (radiotoksinleriň) toplanmagy hasaplanylýar.

Çalt bölünýän öýjükler şöhlenenmä aýratyn duýgurdyr. Şonuň üçin şöhlenenme gan emele getiriş agzalary (süňk ýiligi, dalak, limfatik mäsler), jyns we kekirdewügiň iki gapdalynda ýerleşýän dilim-dilim mäsleri, içegeleriň nemli bardalary üçin has howpludyr. Olaryň zaňalanmagy leýkemiýa keseline (ak ganlyga) getirýär. Şöhle kabul edilenden soň, ganda leýkositini we limfositini mukdary azalýar. Şöhlenenme çaga bedenine (esasan hem enesiniň göwresinde) uly zyýan ýetirip biler.

Şöhlenenmäniň madda, şol sanda janly bedenlere hem täsiri şöhlenenmäniň sındyrylan mukdary bilen häsiýetlendirilýär.

Şöhlemenme siňdirilen mukdary (D_s) diýip, maddanyň siňdirilen energiýasynyň (ΔE_s) bu maddanyň massasyna (m) gatnaşygyna deň bolan fiziki ululyga aýdylýar: $D_s = \Delta E_s / m$. Ölçeğleriň Halkara ulgamynda siňdirilen mukdaryň birligi hökmünde greý (Gr) kabul edildi: $1Gr = 1J / kg$. Bu greý $1kg$ massaly madda $1J$ ionlaşdyryjy şöhlemenmäniň energiýasy berlendäki şöhlemenme mukdaryna deňdir. Öň ulgamda däl birlik bolan rad birligi giňden ulanyldy: $1rad = 10^2 J / kg = 0,01Gr$.

Şöhlemenmäniň ahyrky ýol bererlikli mukdary diýip, adamyň ýaşaýan tebigy radioişjeň derejesi bilen takmynan gabat gelýän mukdar hasaplanylýar. Şöhlemenmäniň 100 rentgen (has takygy $100 rbd$) mukdary agyr şöhle keseline getirýär. $400-700$ rentgen mukdary ölüm howpludyr.

Şöhlemenmäniň mukdaryny ýa-da mukdaryň kuwwatyny ölçemek üçin *dozimetrlər* diýip atlandyrylýan ýörite abzallar ulanylýar. Radioişjeň şöhlemenmeden goranmak üçin birnäçe çäreler görülyär. Goranmagyň iň ýönekeý usuly şöhlemenmäniň çeşmesinden ýeterlik daş aralyga gitmekdir. Howada siňmäni hasaba almanynda hem şöhlelendirmäniň intensiwligi çeşmeden aralygyň kwadratyna baglanyşykly kemelýär. Şonuň üçin radioişjeň maddany eliň bilen almaly däl. Onuň üçin uzyn tutawuçly ýörite atagzylary ulanmaly.

Şöhlemenmäniň çeşmesinden ýeterlik uly aralyga gitmegiň mümkinçiligi bolmadyk ýagdaýynda şöhlemenmeden goranmak üçin siňdirýän materiallardan peýdalanylýar. Daşky α -bölejikleriň mümkinçiligi bolmadyk şöhlelendirmesinden goranmak üçin ýönekeýdir. α -bölejikleriň ylgaw ýolunyň örän kiçidigi sebäpli, olar maddanyň ýuka gatlagy, mysal üçin, 1 gat kagyz, eşikler, howa tarapyndan siňdirýärler. Ýöne α -bölejikler howa we ýmit bilen bedeniň içine düşse örän howpludyr. β -bölejikleriň ylgaw ýoly olaryň energiýasyna baglydyr. Energiýasy $3 MeV$ töweregi bolan β -bölejikleriň howadaky ylgaw ýoly $3 mm$ çenli bolýar. Şeýle β -bölejiklerden $3 mm$ galyňlykly agaç, aýna, plastmassa ýa-da islendik ýeňil metal gorap bilýär. γ -şöhleleriň we neýtronlaryň

aralaşýylyk ukybynyň uludygy sebäpli, olardan goranmak örän çylşyrymlydyr. γ -şöhlelerden goranmak üçin suwuň, betonyň, kerpiç diwaryň galyň (1 metre çenli) gatlagy hem-de 10 sm çenli galyňlykly gurşunyň gatlagy ulanylýar. Haýal neýtronlar bor we kadmiý tarpyndan sındirilýär. Çalt neýtronlar öňünden grafitiň kömegi bilen haýalladýar.

Has uly kuwwatly şöhlelenmäniň çeşmelerinden goranmak üçin köplenç, galyňlygy birnäçe metr bolan beton diwarlar ulanylýar. Ondan başga-da, adatça, şöhlelenme Ýer tarapyndan hem sındiriler ýaly çeşmeler çukurda ýerleşýärler.

GEOFIZIKANYŇ ESASLARY

I. Geofizika barada esasy düşüňjeler

1.1. Geofizikanyň mazmuny we meseleleri

Geofizikanyň mazmuny we onuň beýleki ylymlar bilen baglanyşygy. Ýeriň fiziki häsiýetlerini we düzümini, ýeriň gaty, suwuk, gaz görnüşli gatlaklarynyň özara täsirinde bolup geçýän hadysalary öwrenýän ylymlar toplumyna geofizika diýilýär (grekçe geo - ýer , phisis – tebigat). Ol fizika we beýleki birnäçe tebigy bilimleriň birleşmesinde ýüze çykdy. Bu ylym Ýeri Gün ulgamynyň düzüji bölegi bolan bir bitewi, çylşyrymly we üznüksiz üýtgeýän fiziki jisim hökmünde garap öwrenýär. Ýeri we onuň gatlaklaryny ýa-da geosferany kompleksleýin öwrenmeklige Ýeriň gatlaklarynyň gelip çykyşy, formasy, ölçegleri we ösüşi, şeýle hem olaryň düzümi, häsiýetleri, özara täsiri we fiziki (geofiziki) meýdanlar ýaly soraglar girýär.

Ähli häzirki zaman geosferalar (Gidrosfera, atmosfera) Ýeriň ösüşiniň ikilenji önümleridir: olar çuňňur ýer jümmüsinden bölünip çykypdyrlar hem-de içki geosfera (ýer gabagy, mantiýa, Ýeriň özeni) bilen genetik baglydyrlar. Şonuň üçin atmosferanyň we gidrosferanyň gurluşyna, düzümine we köp häsiýetlerine olardaky bolup geçýän hadysalara gowy düşünmek üçin geofizikada Ýer jümmüşine köp üns berilýär. Hemme geosferalaryň gurluşynyň ösüşiniň we hereketiniň kanunalaýyklyklary umumy bolsa-da, olar düzümi fiziki häsiýetleri boýunça tapawutlanylyp, olaryň özboluşly aýratynlyklary bardyr. Şol sebäpli Ýer hakynda bütewi düşüňje hemme geosferalaryň esasy fiziki häsiýetlerini we olarda bolup geçýän hadysalaryny bölmeiş esasynda alnyp bilner.

Geofizikada üç sany esasy geosfera deňişer bolan üç bölüm aýratynlaşdyrylýar: Ýeriň gaty jisiminiň fizikasy (ýa-da gaty ýeriň fizikasy), gidrofizika we atmosfera fizikasy. Bu bölümleriň her biriniň özboluşly meseleleri bar we aýratyn ylymlaryň toplumyndan durýarlar.

Ýeriň gaty jisiminiň fizikasy (Ýeriň fizikasy) Ýeriň gaty jisiminiň fiziki häsiýetlerini, düzümini, gurluşyny we onda bolup geçýän hadysalary barlaýar we öwrenýär. Bu esasy meseleleri seýsmologiýa, grawimetriýa, magnitologiýa, ýer elektrigi, radiometriýa, geotermika we başgalar ýerine ýetirýärler. Seýsmologiýa we grawimetriýa Ýeriň içki gurluşy, onuň formasy, ölçegleri, ýer yranlary we ş.m. barada düşüňjeler berýär. Bu bölümiň beýleki ylymlary ýer jümmüşiniň gurluşy, düzümi, agregat hallary, onda bolup geçýän hadysalar we Ýeriň planeta hökmünde emele gelmegi (formirlenmegi) baradaky maglumatlaryň üstüni dolýarlar we olary anyklaýarlar.

Gidrofizika Ýeriň suwly gatlaklarynyň fiziki hadysalaryny öwrenmek bilen meşgullanýar. Şeýle hem ol suwuň ähli agregat hallarynda onuň molekulýar gurluşyna; fiziki-himiki häsiýetlerine; suwuň, garyň, buzuň elektrik, radiasiýa we beýleki häsiýetlerine garaýar. Gidrofizikada iki sany bölümçe bar: deňiz fizikasy we gury ýeriň suwunyň fizikasy (gury ýeriň gidrologiýasy).

Deňiz fizikasy esasan deňizlerde we okeanlarda bolup geçýän fiziki, himiki, geologiki we biologiki hadysalary, deňiz suwunda ýylylygyň, sesiň, ýagtylygyň ýaýraýyş kanunalaýyklarynyň okean bilen atmosferanyň özara täsirini öwrenýär. Deňiz fizikasynyň meseleleri deňiz dinamikasy, deňiz gidrometriýa, okeanologiýa we beýleki ylymlaryň kömegi bilen çözülýär.

Gury ýeriň gidrologiýasy derýalarda, köllerde, bolotalarda doňaklyklara we baky garlyklarda gidrologik hadysalary öwrenmek bilen meşgullanýar. Bu bölümçä gidrometriýa, gidrologik hasaplar, gidrologik çaklamalar, gidrografiýa akymalaryň dinamikasy, limnologiýa we ş.m. ýaly ylymlar girýär.

Atmosferanyň fizikasy (meteorologiýa) Ýeriň howa gatlagyndaky fizika hadysalary, olaryň ýer üsti we kosmos giňişligi bilen özara täsirini öwrenýär. Geofizikanyň bu bölümi atmosferanyň gurluşyna, atmosfera howasynyň düzümine we häsiýetine-de garaýar. Atmosfëra fizikasy meteorologiýa dersleri (ýerüst gatlagyň fizikasy, erkin atmosferanyň fizikasy,

atmosferanyň dinamikasy, bulutlaryň we ýagmyrlaryň fizikasy) üçin esasy bölümler bolup durýar. Bu bölüm meteorologik we aerologik ölçegler, radiometeorologiýa, hemraly meteorologiýa ýaly ylmy dersleriň maglumatlaryndan peýdalanýar.

Geofizikanyň astronomiýa, geologiýa, geodeziýa, fizika, ýylylyk fizikasy, radiofizika, himiýa, geohimiýa, topragyýwreniş we beýlekiler ylmlar bilen berk baglanyşygy bar. Geofizika Ýeriň diňe içki geosferasyny däl-de daşky geosferasyny hem öwrenýär.

Geofizikanyň meseleleri. Geofizikanyň meseleleri hojalyk ösüşleriniň praktikasynyň we adamyň zerurlyklarynyň talaplaryny üpjün etmäge syrykdrylýar. Geofizikadan alynýan maglumatlar adamlara tebigat bilen has amatly we maksadalaýyk özara täsirleşmäge we ony jemgyýetiň bähbidine täsirli ulanmak üçin zerurdyr. Geofizikanyň meseleleriniň arasyndan iki sany iň esasyalarynyň birinji tebigy resurslary rasional peýdalanmak, ikinjisi geofizikanyň adamyň döredijiligine täsir edýän hemme häsiýetlerini ulanmak we olary hasaba almakdyr.

Dikeldilmeýän tebigy resurslaryň (kömür, nebit, gaz) zapasy wagtyň geçmegi bilen azalýar. Şol sebäpli “Adamzadyň zerurlygy üçin tebigy baýlyklar ýetermi?” diýen sorag ýüze çykýar.

Häzirki zaman geofizikasy bu soraglara kanunly jogap berýär. Ol energiýanyň belli bolan çeşmelerinden täsirli peýdalanmak, gün, ýel, suw energiýasy ýaly energiýanyň dikeldilýän çeşmelerinden peýdalanmak ýaly usullary öňe sürýär. Netijede, wagtyň geçmegi jan başyna düşýän energiýa resurslarynyň zapasy artar. Geljekde energiýanyň (ýylylygyň) artykmaçlyk meselesi ýüze çykar. Şeýle ýagdaýlarda geofizika ýylylygyň esasy çeşmelerini we onuň ähli geosferalarda harçlanylyşynyň ýollaryny Ýeriň gatlaklarynyň arasynda özara ýylylyk çalyşyk hadysalaryny bilip, tutuş planetada ýylylyk balansyny regulirlmek meselesini üstünlikli çözüp biler.

Jemgyýetiň, onuň öndüriji güýjüniň ösmegi bilen adamlaryň döredijilik gerimi giňeýär. Häzir tehnikaýyň ösüşiniň netijesinde adamzat kosmos giňişliginde işleýär, uly aralyklary uçarlarda

geçýär, dünýä okeanyňyň gatlaklarynda, beýik dag gerişlerinde işleýär. Tehnikanyň ösmegi adamyň tebigy şertlere garaşylygyny peseltýär. Emma bu adamyň täsirli döredijiligi üçin daşky gurşawyň praktiki ähmiýetini azaltmaýar. Tehniki ösüş adamlary uly regionlaryň tebigy şertleriniň inçe aýratynlygyny hasaba almaga mejbur edýär. Şeýle ýagdaýlarda hut geofizika geosferany derňeýän bar bolan serişdeleri üznüksiz kämilleşdirmek we täze usullaryny döretmek arkaly Ýeriň her bir gatlagynyň ýagdaýy barada habary alýar, derňeýär we ulanyjylaryň dykgatyna ýetirýär.

Geofizikanyň şu iki esasy meselesi beýleki meseleler bilen bilelikde geofizika ylmlaryň bütewi toplumyny berýär.

Geofizikanyň gazanan üstünlikleri. Geofizika fizikanyň, himiýanyň, seýsmologiýanyň we beýleki ylmlaryň gazananlaryna daýanyp Ýer jümmüşiniň maddy düzümini we gurluşyny öwrenmekde düýpli üstünlikleri gazandy. Ýerde dürli dykzylykly konsentrik gatlaklaryň (ýer gabygy, mantiýa, özen) barlygynyň subut edilmegi XX asyryň başlarynyň esasy açyşlarynyň biridir. Şol bir wagtda mantiýanyň iň ýokarky böleginde (astenosfera) we ýer özeniniň daşky böleginde (daşky özen) seýsmiki tolkunlaryň peseldilen tizlikleriniň zonalary görkezildi. Şu esasyda astenosferanyň we daşky özeniň maddasy bölekleyin erän diýen çaklama öňe sürüldi. Soňky ýyllarda Ýeriň çuň jümmüşinde ýokary basyşda we temperaturada bolup geçýän käbir hadysalar barada maglumatlar alyndy.

Ýeri öwrenmek üçin geofizika fizikanyň usullaryny ulanýar. Ýöne planetanyň islendik gabygyndaky geofiziki barlaglar arassa fiziki barlaglardan has çylşyrymlydyr. Fiziki hadysalary nähili ýagdaýda oňaly öwrenmek üçin tejribäni laboratoriy şertlerinde özi gurnaýar. Geofizikada tejribäni tebigatyň özi goýýar, şol sebäpli geofizik öwrenilýän hadysanyň başlanjakdygyny ýa-da ösjekdigi baradaky signala mejburi garaşmaly bolýar, dürli tebigy şertlerde olaryň ýaýraýşyny barlap we öwrenip, soňra olar barada deslapky netijä gelýär. Häzirki zaman geofizikasy ilkinji global häsiýete eýe boldy. Geofiziki barlaglar häzirki döwürler diňe atmosferanyň aşaky gatlaklary, Dünýä okeanyňyň ýakyn

kenarlary, ýer astynyň ýokarky gatlaklarynda başga-da atmosferanyň ýokarky gatlaklary kontinentleriň, okeanlaryň we deňiz düýbünüň uly çuňluklary hem özüne gabak alýar.

Geofizikanyň ähmiýeti. Geofizikanyň ylmy we praktiki ähmiýeti, onuň çözyän meseleleriniň soňky netijesi bilen kesgitlenýär. Özüniň ösmegi bilen geofizika Ýeriň fiziki gurluşyny, geosferanyň dinamikasyny we özara täsirini has takyk we hemme taraplaýyn suratlandyrýar, adamyň talabyny doly kanagatlandyrýar we öndüriji güýçleri köpeldýär.

Häzirki zamanyň wajyp problemlaryna gurşap alan sredany goramak we tebigy hadysalary dolandyrmak girýär. Olaryň çözüdi: geosferanyň we Ýeriň bitewi suw-ýylylyk, energetiki, maddy we başga balanslaryna esaslanyp geofiziki berilenlere esaslanýar. Ol Ýer şarynyň gabyklarynyň gurluşlaryny we özara täsirleriniň mehanizmini öwrenmekligiň netijesine baglydyr. Mundan başga-da ol gurşap alan sreda adamyň işiniň täsiriniň artýanlygy baradaky geofiziki bahalanma, tebigatyň hadysalaryny dolandyrmak problemlaryna seredilýär. Meselem, ýangyç energetiki bazanyň gyşarnyksyz ösmegi bilen baglylykda atmosfera hadysalarynyň dinamikasyna, geofiziki meýdanlaryň çyg çalyşma we başgalara üýtgöp durmaklaryna ýylylyk ýygndysynyň rolyny bahalandyrmak zerurdyr.

1.2. Geofiziki gözlegleriň usullary

Usullaryň görnüşleri we esasy kesgitlemeler. Geofiziki gözlegleriň bar bolan usullary her bir geosferada we tutuş ýerde bolýan hadysalara nazary we tejribe esasyda akyl ýetirmek, amal etmek boýunça meseleleri çözmegiň bitewi toplumyny berýär. Ähli geofiziki usullar geofizikanyň meslelerinden gelip çykyp, geosferalaryň fiziki-himiki, termodinamiki we beýleki ýagdaýlary, tebigy hadysalar barada maglumatlar almaga; geofiziki meýdanlaryň giňişlik – wagt üýtgemeleriniň kanunalaýyklyklaryny açmaga ugrugandyr. Geofiziki gözlegleriň usullarynyň esasy ylmy – tejribe maksatlaryny tebigy

hadysalary dolandyrmak, olary hojlaygyň dürli pudaklarynda ulanmak we daşky gurşawy goramak maksady bilen dürli geosferalaryň özara baglylygyny we özara täsirini kesgitlemekdir.

Geosferalar agregat hallary, massalary, ölçegleri, fiziki-himiki häsiýetleri ýaly dürli häsiýetnamalary bilen tapawutlansalar hem, olar bir bitewidirler. Şol bir wagtda olaryň himiki düzümi häsiýetlerini, gurluşyny öwrenmek, geofiziki ölçeglerini ölçemek, geofiziki meýdanlaryny we hadysalaryny öwrenmekligi birdeň alyp baryp bolmaýar. Şonuň üçin geosferany öwrenmegiň usullaryny geofiziki gözlegleriň maksatlaryna we olaryň tehniki üpjünçiligine baglylykda böleklere bölýärler. Geofiziki gözlegleriň maksatlary boýunça usullaryň iki topary bar: *Geofiziki meýdanlaryň, ululyklaryň, hadysalaryň usuly we geosferalaryň gurluşyny, düzümini we häsiýetini öwrenmegiň usullary.*

Birinjisi, tebigaty öwrenmegiň (ekspedisiýa we stasionar gözegçilik, tejribe we nazary derňew) usullarynyň tutuş toplumyny öz içine alýar. Bu dört usullaryň hersi biri-biriniň üstüne dolýar, ýöne häzirki wagtda geofiziki problemalaryçözmekde stasionar gözegçilik we nazary derňew esasyly bolup durýar.

Geosferalaryň gurluşyny, düzümini, häsiýetlerini öwrenmegiň usullary Ýeriň gatlaklaryny göni we gytaklaýyn zondirlemegi öz içine alýar.

Göni zondirmek atmosferany, derýalary, kölleri, batgalyklary, buzluklary we Dünýä ummanynyň suwlaryny öwrenmekde köp ulanylýar.

Gytaklaýyn zondirleme çuň ýer jümmüşiniň fiziki häsiýetleri, agregat hallary we gurluşy barada maglumat almak üçin esasy usuldyr.

Bu usullaryň ikisi hem geofiziki gözlegleriň öňden ulanylýan usullary bolup, olar häzirki güne çenli ösüp we kämilleşip gelýärler.

Häzirki zaman ylmy-tehniki ösüş ýeri öwrenmegiň we onuň ösüşiniň kanunlarynyň praktiki ulanylyşynyň täze hilli derejesi üçin giň mümkinçilikler açýar. Meselem, kosmonawtika,

geodeziýa, kartografiýa, geologiýa, geofizika ýaly ýer baradaky ylymlaryň ösmegine täze ýol açdy. Kosmiki serişdeleriň giň arsenalý geofizkanyň gurluşyny, häsiýetlerini, özara täsirini we dinamikasyny aýdyňlaşdyrmakda ulanylýan köp maglumatlaryň akymyny berýär.

Bularyň hemmesi geofizikany öwrenmegiň täze usulyňy – geosferany kosmiki giňşlikden kompleksleýin zondirlemek usulyňy döretmäge esaslar döretdi.

Häzirki wagtda geosferanyň kosmiki gözlegleriniň maglumatlary meteorologiýada, okeanologiýada, gury ýeriň gidrologiýasynda, geologiýada, seýsmologiýada, wulkanologiýada, suw, tokaý we oba hojalyklarynda, balyk senagatynda, daşky gurşawy goramakda ulanylýar. Kosmosdan alnan suratlary ulanyşynyň göwrümi boýunça birinji ýeri gidrometeorologiýa ylymda, ikinji ýeri geologiýa eýeleýär.

Geosferada geofiziki ölçegleri ýerine ýetirmegiň mümkinçilikleri we tehniki üpjünçiliklere baglylykda geofiziki barlaglaryň usullary ikä bölünýärler: göni we gytaklaýyn usullary. Göni usullar gyzyklandyryýan geofiziki ululyklary gönüden-göni abzallaryň ölçemeleriniň üsti bilen kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Bu usul köplenç ýer üstüne golaý atmosferasy, dünýä ummanynyň suwunyň, derýalaryň, kölleriniň, batgalyklaryň, ýuka üst gatlagy, baky we möwsümleýin garlaryň, doňaklyklaryň ýokarky gatlaklary barlananda ulanylýar. Gytaklaýyn usullar adatyça içki geosferalar, dünýä ummanynyň düýbündäki gatlaklaryň we ýokarky atmosferasynyň käbir häsiýetleri derňelende ulanylýar.

Geofiziki meýdan - bu materiýanyň barlygynyň anyk formasy ýa-da görnüşidir. Bu hili meýdalar köp: grawitasion, elektromagnit, termiki we ş.m., ýöne elementar bölejikleriň hemişe özara täsirleşmegi olar üçin umumylykdyr. Meselem, grawitasiýa meýdanynda bölejikleriň massalarynyň elektromagnit meýdanda – elektrik zaryadlaryň, termiki meýdanda – bölejikleriň energiýasynyň özara täsiri bolýar. Bölejikleriň bu özara täsiri her bir geosferanyň içinde-de, dürli geosferalaryň arasynda-da esasan

hem olaryň galtaşma çäginde bolýar. Geofiziki meýdanynyň her bir nokadynda islendik geofiziki ululyk wagtyň islendik pursadynda giňişligiň dürli böleklerinde deň bolmadyk kesgitli baha eýe bolýar. Şonuň üçin geofiziki meýdan geofiziki ululyklaryň giňişlikde wagta görä üýtgeýän paýlanyşyny häsiýetlendirýär.

Geofiziki ululyk - geosferalaryň, geofiziki meýdanlaryň, hadysalaryň, fiziki ýagdaýynyň häsiýetnamasy. Mysal üçin, atmosfera degişli bolan geofiziki ululyklar : atmosfera basyşy, howanyň temperaturasy we çyglylygyny, şemalyň tizligi we ş.m. Dünýä ummany üçin häsiýetnamalary bolup, çuňluk, temperatura, suwuň duzlylygy, onuň reňki, durulygy, buzuň galyňlygy, deňiz akymynyň tizligi we ugry, suw üstüniň tolgunmasy we ş.m. hyzmat edýärler. Derýalaryň geofiziki ululyklary: çuňluk, akymyň tizligi, suwuň temperaturasy, derejesi, harçlanyşy, derýa akymyndaky ereýän akym ugry alnyp gidiän zatlar, buzuň galyňlygy, suw daşmasy we ş.m. Içki geosferalaryň esasy häsiýetnamalary bolup, meselem, dag jynslarynyň temperaturasy we çyglylygy, elektrik we magnit meýdanlarynyň radioaktiv şöhlelenmäniň parametrleri, erkin gaçmanyň tizlenmesi we ş.m. hyzmat edýärler. Bulardan başga-da geofiziki ululyklara suwuň, howanyň, dag jynsynyň dykzylygy, suwuň şepbeşikligi, dag jynslarynyň çeyeligi we ş.m. hem degişlidir.

Adatça geofiziki ululyklar bu geosferanyň abzallaryň kömegi bilen ölçelýän häsiýetnamalarydyr.

Geofiziki hadysa - geofiziki meýdanlaryň ýa-da olaryň aýratyn taraplarynyň özara täsiriniň ýüze çykyş formasydyr. Geofiziki hadysalar köp görnüşlidirler. Olara, meselm, demirgazyk şapagy, Dünýä ummanynda, derýalarda, köllerde, buzuň emele gelmegi, deňiz daşgynlary, daglarda gar, sil gelmeler we ş.m. Hemme geofiziki meýdanyň ululyklaryň we hadysalaryň umumylyklary bar. Olara giňişlikde olaryň giň germi, giňişlik, uzaklyk, beýiklik boýunça üýtgemeleriň intensiwligi, wagta görä üýtgemeleriň kölügi (sekuntlarda, minutlarda, sagatlarda ölçelýän

gysga wagtaýyn, ýyllarda, onýyllyklarda we asyrlarda, millionlarça ýyllarda ölçenilýän uzak wagtaýyn).

Geofiziki meýdanlary, ululyklary we hadysalary öwrenmegiň usullary. Geofiziki meýdanlary, ululyklary we hadysalary öwrenmegiň usullaryna stasionar gözegçilik usuly, ekspedisiýa usuly, eksperimental usuly we nazary derňew usuly degişli .

Stasionar gözegçilik usuly geofiziki ululyklary abzallar bilen ölçemegi amala aşyrmakdan we geofiziki hadysalary (bulut, ýagmyr, gar, buz örtükleri, çäge tupanlary, wulkanlaryň önümleri, dag jynslarynyň epinleri we ş.m.) hil (wizual) taýdan baha bermekden ybarat. Adatça ölçemeler we gözegçilikler ýeriň howa, suw, gaty gatlakalarynda, ýörite geofiziki stansiýalaryň toplumynda ýerine ýetirilýär. Şeýle toplumlara gidrometeorologiýa, toposfera, seýsmiki, grawimetriki, magnit, elektrik, radiometrik we beýleki stansiýalar (punktlar) degişli.

Meteorologik, gidrologik, aerologik, agrometeorologik we toposfera stansiýalar hem-de postlar toplumy has ösendir. Olarda ähli esasy geofiziki ölçeglere atmosfera we gidrosfera hadysalara gözegçilik edilýär. Seýsmik we grawimetrik stansiýalarda abzallaryň kömegi bilen Ýer gabagynda Ýer yranmalaryň we emeli partlamalaryň ýüze çykarýan maýşgak yrgyldyly tolkunlaryny registrirleýärler. Şeýle hem erkin gaçmanyň tizlenmesini ölçeyärler. Magnit elektro-radiometriýa stansiýalary degişlilikde Ýeriň magnit we elektrik meýdanlarynyň parametrleriniň we radiotolkunlaryň ýaýramasynyň şertleriniň gözegçilgini alyp barýarlar.

Öz niýetlenilen ugry boýunça geofiziki stansiýalarda ölçegler we wizual baha bermeler her ýurduň çägendäki maksatnama we usulyýet boýunça ýerine ýetirilýär. BMG girýän ýurtlar geofizika ugurda bilelikde işleşip, geofiziki kanunalaýyklyklary planeta möçberinde has täsirli öwrenmek maksady bilen milli geofiziki stansiýalaryň kesgitli sanyny aýratyn bellediler. Şeýle stansiýalarda gözegçilikler Halkara

Komitet tarapyndan makullanan maksatnama we usulyýet boýunça alnyp barylýar.

Stasionar gözegçilik usulynyň esasy artykmaçlygy ölçegleriň (gözegçilikleriň), berk periodikligi we stansiýalarda işleriniň uzak wagtlap alnyp barylýandygy (ýeterlik dowamlylygydyr (köp onýylyklar we ýüzylylyklar)). Bu ýagdaý geofiziki meýdanlaryň, ululyklaryň we hadysalaryň köpüsiniň giňişlik – wagt üýtgemeleriniň esasy häsiýetlerini ýüze çykarmaga ýardam edýär. Emma bu usulyň ýetmezçilikleri hem bar. Olaryň biri hem hemme ölçegleriň (gözegçilikleriň) adatyça aýratyn alnan geosferada alnyp barylýandygydyr. Bu geosferalaryň özara täsiriniň mehanizmini açmagy kynlaşdyrýar. Beýleki bir ýetmezçilik geosferalaryň ýagdaýy barada ilkinji maglumatlar gelýän geofiziki stansiýalaryň Ýerde deňölçegli ýerleşmeýänligidir: Demirgazyk ýarymşarda stansiýalaryň toplumu Güortadaka garanda gür ýerleşendir. Ýeriň üstüniň 67% töweregi yzygiderli geofiziki ölçegler we gözegçilikler bilen üpjün edilmeýär. Esasan hem Dünýä ummanlarynda geofiziki stansiýalar selçenidir.

Ekspedisiýa usuly geofiziki meýdanlar we dürli geosferalaryň hadysalarynyň arasyndaky baglanyşygy we mukdar baglylygyny açmakda wajyp esas bolup hyzmat edýär. XX asyryň 50-nji ýyllaryndan başlap bu usul dürli ýurtlarynyň alymlarynyň bilelikdäki gözlegleriniň esasy ýollarynyň biri boldy. Usulyň meselesi ähli ýa-da minimum iki daşky geosferalarda geofiziki ululyklaryň (hadysalaryň) ähli toplumynyň sinhron ölçemelerini ýerine ýetirmekden durýar. Şeýle işler dürli : okeanologik, polýar gidrometeorologik ekspedisiýalarda uly territoriýalarda amala aşyrylýaar.Ekspedisiýa gözlegler geofiziki surata düşürmelerde hem alnyp barylýar.

Gözlegleriň eksperimental usuly gözlegleriň esasan geofiziki hadysalary tejribe şertlerde modelirmek ýoly bilen öwrenmeklige syrykdyrylýar. Häzirki wagtda bu gözlegler atmosfera fizikasynda we gidrofizikada giň ösüşlere eýe bolýarlar. Bu ugurlarda eksperimental tejribeleriň we geçirilen işleriniň

netijesinde bulutlaryň, dumanlaryň, ýagmyrlaryň emele gelme hadysasy barada : derýa akymlarynyň formulirlenmesi, derýalaryň şahalaryň deformasiýasy, atmosfera ýagmyrlarynyň topraga aralaşmasy, yrgyldyly tolkunlaryň suwda we dag jynslarynda ýaýramasy barada maglumatlar alyndy. Öňki sowet eksperimentatorlary emeli usul bilen aýratyn meýdanlarda ýagşyň ýa-da garyň mukdaryny köpelyemkde, aşsowadylan dumanlary dargatmakda, gar lawinalarynyň döremegi we ösmegini radiolokasiýa arkaly bilmekde uly üstünlikler gazandylar. Germaniýada gazlaryň çygylylygyny diňe adaty şertlerde döldede, uly we pes temperaturalarda we basyşlarda ölçýän täze ultramelewşe gidrometr döredildi. ABŞ-da indi köo ýyl bari Ýeriň üstünden kosmosa ýylylygyň şöhlenmesini azaltmak maksady bilen uly şäherleriň üstünde emeli bulutlary döretmegiň eksperimentleri alnyp barylýar. Soňky wagtlarda köp kynçylyklara garamazdan Ýeriň fizikasynda modelirleme has uly ähmiýete eýe bolýar. Esasy minerallar, köp dag jynslary, içki geosferalaryň termodinamiki şertleri, dag emele gelmegi prosesi we aşsowadylan temperaturalarda we basyşlarda kristallaşma prosesleri eksperiment arkaly döredilýär. Eksperimental geofiziki gözlegleriň esasy etapy Şmidt adyndaky Ýeriň fizikasy instituty tarapyndan 1981-nji ýylda “Ýer gabygy – atmosfera – tonosfera – Ýeriň magnitosferasy” çylşyrymly ulgam boýunça goýulan gözlegdir. Bu eksperimentiň gideşinde geçirilen emeli partlama, aşaky ionosferanyň partlamadan soňky ýagdaýynyň derňewi, onuň ikilenji şöhlenmesi we radiotolunlaryň ýaýrama zonasynyň bozulmagy ilkinji gezek ýer yramasynyň elektromagnit modelini gurmaga ýardam berdi. Şu modeliň kömegi bilen Ýer gabygynyň, atmosferanyň ionosferanyň we Ýeriň magnitosferasynyň özara täsiriniň mehanizmini ýüze çykarmak mümkin boldy.

Nazary derňew usuly birinji üç (stasionar ekspedisiýa, eksperimental) usullaryň üsti bilen alnan maglumatlara esaslanan. Bu usul adaty geofiziki meýdanlaryň we ululyklaryň giňişlikde wagta görä üýtgemeginiň häsiýetnamasyny almaga syragýar.

Geosferalaryň gurluşyny, düzümini we häsiýetlerini derňemegiň usullary. Her bir geosferanyň gurluşy, onuň himiki düzümi fiziki ýagdaýy we dürli beýikliklerdeki (çuňluklardaky) häsiýetleri baradaky maglumatlary göni we gyýtaklaýyn zondirmek arkaly alynýar.

Göni zondirlenme - geosferalaryň parametrleriniň toplumyny abzallar arkaly ölçemektir. Ölçeýji abzallary Ýeriň gatlaklaryna zondlar diýilýän dürli tehniki serişdeleriň kömegi bilen ugradýarlar. Ýeriň howa gatlagy ölçeýji abzallaryň toplumyny şar zondlarda, uçarlarda geosferalarda ýörite meteorologik we geofiziki raketalarda ýokary ugradýarlar. Göni zondirlenmäniň maglumatlary bilen zondyň uçuşynyň tutuş ugrunda atmosfëra howasyny düzümi, onuň temperaturasy, çyglylygy, basyşy, bulutlaryň beýikligi we galyňlygy, şemalyň ugry we tizligi kesgitlenýär.

XX asyryň 60-njy ýyllaryndan bäri atmosferany lazerli zondirmek giňden ösýär. Ol atmosfëra barada has giň maglumatlar almaga we islendik beýikliklerde ölçegleri geçirmäge mümkinçilik berýär. Bu zondirlenme standart meteorologik parametrleri, atmosferanyň gaz düzümi, onuň hapalaýan maddalary, atmosfëra aerolonyň optiki we mikrofiziki parametrlerini, mikrogurluşy, bulutlaryň, dumanlaryň döremeginiň we ösmeginiň dinamikasyny, atmosferany birjynsly dälligiň deňiz tolgunmalarynyň parametrlerini “kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Lazer lokatorlaryň kömegi bilen howanyň durulygyny islendik ugurlarda kesgitläp bolýar.

Gidrosferany göni zondirmek eholotlaryň, suwasty radiolokatorlaryň gidrolaksiýa enjamlaryň kömegi bilen alynyp barylýar. Göni zondirlenmäniň netijeleri boýunça Dünýä ummanyny düzümi, düýbe çökündileriň fiziki-himiki häsiýetleri, duzlulyk, suwuň dürli çuňluklardaky t^0 -sy P-y akymlaýyn θ -leri we ugurlary kesgitlenýär. Radiometrleriň, radiolokatorlaryň infragyzyň şöhlelenmeli serişdeleriň kömegi bilen uçarlaryň bortlaryndan, derýalaryň, deňizleriň, kölleriniň suwlarynyň t^0 -sy

minerallaşmasy, onuň dykyzlygy, olardaky jaýryklary barada maglumatlar alyp bolýar.

SSSR-de 800-1200 m beýiklikden deňizleri we gury ýeri öwrenmek üçin uniwersal uçarlar döredildi. Ol deňiz çuňlugyny 800 m-e çenli registrirläp bilýär. Okeanlaryň hapalanmasynyň derejesini, atmosferanyň hapalanýşyny, onuň ýagdaýyny öwrenip bilýär.

Ýer jümmüşini öwrenmekde göi zondirlemäni ulanmak kynçylyk döredýär, sebäbi göni zondirlemäniň tehniki mümkinçilikleri ýeriň diňe ýokary gaty gatlagynyň fiziki parametrlerini ölçemäge ýardam edýär. Materiklerde umman düplerinde burowlama dag jynslarynyň nusgasy alyp bilýär, burrow skwažinasynyň çäklerinde fiziki gurluşyň parametrlerini ölçäp bilýär.

Materiklerde iň çuň skwažinalaryň çuňlugy 7.5-9 km-den köp bolmaýar. Häzirki wagtda geofizikleriň önünde ýeriň jümmüşine materiklerde 15-20 km, umman düplerinde 6-8 km çenli aralaşmak meselesi goýulýar.

Emma litosferany 20 km-e çenli göni zondirlemek hem ýer jümmüşini barada zerur maglumatlary berip bilmeýär. Şonuň üçin gytaklaýyn zondirleme usuly ulanylýar.

Ýer jümmüşini gytaklaýyn zondirleme ýeriň içki gatlaklarynyň gurluşy we fiziki ýagdaýy, himiki düzümi bilen baglanşykly bolan geofizika hadysalary we meýdanlary öwrenmäge esaslanandyr. Öwrenilýän geologic jisim öz fiziki häsiýetleri boýunça berlen territoriýanyň dag jynslarynyň umumy toplumyndan saýlanýar. Şonuň üçin şeýle jisim ölçenilýän ýa-da gözegçilik edilýän meýdanlaryň we hadysalaryň käbir aýratynlyklaryny şertlendirýär.

Geofizik meýdanlaryň we hadysalaryň tebigaty dürli öl elektrik radiativ, magnit we ş.m. bolup bilýär. Şoňa görä ýer jümmüşini gytaklaýyn zondirlemäniň alty usuly bar: seýsmiki, grawimetrik, magnitometrik, elektrik, radioaktiv we ýylylyk usullary.

1957-nji ýylyň, oktýabr aýynyň 4-nde dünýäde ilkinji ýeriň emele hemrasy uçuryldy. 1962-nji ýylda G.S.Titow kosmos korablynyň bortundan ilkinji gezek ýeriň üstüniň suratyny aldy. Ýeriň her bir gatlagy we tutuş ýer barada kosmos maglumatlar alyndy.

Kosmos zondirlemäniň gerimi giň: litosferada anomal hadysalardan, wulkanlaryň atylmalaryndan we ýer yranmalaryndan atmosferany hapalaýan maddalara, materiallara çenli. Ol ýeriň, Dünýä ummanynyň tebigy baýlyklaryny öwrenmäge ugrugandyr.

Geosferany kosmos tarapdan öwrenmek Dünýä ummanynda akymlar, frontlar, buz gatlaklary, çuňluk, durulyk, hapalanma, düýpdäki hereketler, suwasty relief ýaly häsiýetnamalary kesgitleýär. Kosmiki suratlar boýunça suw daşgynlarynyň, gar gatlaklarynyň emele gelmesiniň, olardaky suw gorynyň, buzluklaryň hereketiniň köpýyllyk doňaklyklaryň, olaryň eremeleriniň, ýerasty buzlaryň toplanmasynyň kartasyny düzup bolýar.

Litosferany Kosmos zondirmek ýer gabygyny gowy öwrenmekde, peýdaly gazylyp alynýan baýlyklaryň gözleginde, geologic kartalaryň täzesini düzmekde, könesini täzelemekde ulanylýar.

1.3. Ýer barada umumy maglumatlar

Gün ulgamynyň düzümine girýän Ýeriň we beýleki planetalaryň gelip çykyşyny öwrenmeklik häzirki zaman tebigy ylmlaryň esasy problemlarynyň biri bolup durýar. Bu problemlary bilmeklik geofizika we ýeri öwrenýän beýleki ylmlar üçin uly ähmiýete eýedir, sebäbi planetanyň iň ilkinji ýagdaýy baradaky maglumatlar onuň ösüşini, tebigy proseslerini we hadysalaryny daşky we içki geosferalaryň termodinamiki we beýleki özara täsir ediş şertlerini öwrenmäge häzirki gün hem ylmy gipoteza derejesinden çykanok, sebäbi berk ylmy nazaryýeti döretmekligiň ýolunda uly kynçylyklar ýatyr.

Geofizika üçin Ýeri asman jisimi hökmünde öwrenmek, onuň dünýä giňişligindäki ornuny bilmeklik gyzyklydyr, sebäbi atmosferadaky, Ýeriň üstündäki, Dünýä okeanyndaky we ýeriň çuň gatlaklaryndaky köp prosesler we hadysalar diňe bir Ýeri gurşap alan daşky sredanyň täsirine hem sezewar bolýandyr. Şonuň üçin hem Ýeriň kosmiki giňişlikdäki ýerleşişini, Dünýä giňişliginiň we Ýer sistemasynyň gurluşynyň esasy düzgünnamalaryny bilmezden Ýeriň gelip çykyşynyň problemany çözmekligiň manyсы ýokdur.

Ýer hem biziň görýän çäksiz kosmiki giňişligimizdäki köp jisimleriň biridir, onuň Dünýä giňişligindäki orny adamlary gadym döwürlerde hem gyzyklandyrypdyr. Hytaýyň, Müsüriň, Wawilonyň alymlary biziň eramyzda köp asyrlar öň Ýeri ähli dünýäniň merkezi diýip hasaplapdyrlar we oňa dünýä giňişliginiň geomerkezi sistemasy diýip at beripdirler (geo - diýmek grekçe “Ýer” diýmekdir) . Bu düşünje boýunça gün, planetalar we beýleki ähli asman jisimleri Ýeriň daşyndan çylşyrymly aýlawly orbita boýunça hereket edýärler. Diňe 1543-nji ýylda beýik polýak astronomy K.Kopernik Ýeriň hakyky ornuny kesgitledi, ýagny ol Ýeriň Gün sistemasynyň planetalarynyň biridigini subut etdi we dünýäniň geliomerkezi sistemasynyň barlygyny aýtdy (gelio - grek sözi bolup “Gün” diýmegi aňladýar) . Bu sistema boýunça asman jisimleriniň görüňän hereketi ýeriň öz okunyň daşyndan aýlanýanlygy we ähli planetalaryň, şolar bilen Ýeriň hem Günüň daşynda aýlanýanlygy düşündirilýär.

II. Geosferalar we olaryň gurluşy

2.1. Ýeriň daşky we içki gurluşy

Ýeriň 71% töweregini ummanlar we deňizler, 29 %-ni gury ýerler tutýar. Demirgazyk ýarym şarda gury ýeriň köp böleginiň ýerleşýändigini üçin oňa materik ýarym şary, Günorta ýarym şarynda ummanlaryň köplügi sebäpli oňa umman ýarym şary diýilýär. Ýeriň üstüniň iň beýik nokady Jomolungma depesi (8848 metr) iň pes nokady Mariana çöketligi 11022 metr.

Relýef gury materikleriň we adalaryň üstleriniň, ummanlaryň we deňizleriň düýpleriniň бүдүр-сүдүрлігидir. Ýerde çuňluklaryň we beýiklikleriň paýlanyşyny aýdyň görkezmek üçin gipsografik egri çyzýarlar. Gipsografik egriden gury ýeriň üstünde 1000 m beýiklikleriň agdyklyk edýändigini görüňýär. Olar ähli gury ýeriň 72%-ni tutýarlar. Dünýä ummanynda 3000-6000 m çuňluklar köp. Olaryň paýyna ähli meýdana 77% düşýär. Gury ýeriň ortaça beýikligi 840 m.

Seýsmiki tolkun bu ýer yranmasy we emeli partlamalar zerarly ýüze çykyan maddanyň yrgyldyly hereketidir. Seýsmiki tolkunlar 2 görnüşde bolýarlar:

- 1) Göwrüm tolkunlary.
- 2) Üst tolkunlary.

Göwrüm tolkunlary hem ikä bölünýärler: boý P-tolkunlar we kese S-tolkunlar. Boý P-tolkunlar gysylmanyň we süýnmäniň tolkunlarydyr. Boý tolkunynyň \mathcal{G}_p tizligi uly bolup gaty we suwuk gurşawlardan geçýärler. P-tolkunlar öz geçýän gurşawynyň göwrümünü periodik üýtgedýärler. Kese S-tolkunlar maddanyň süýşmesiniň tolkunlarydyr. Bu tolkunlar maddanyň göwrümünü üýtgemezden formasyny üýtgedýär. Olaryň \mathcal{G}_s tizligi \mathcal{G}_p -den kiçidir, adaty $\frac{\mathcal{G}_p}{\mathcal{G}_s} = 1,7 - 1,8$. \mathcal{G}_s we \mathcal{G}_p tizlikler tolkunlaryň

geçýän gurşawlarynyň maýyşgak häsiýetlerine we dyklyklyklaryna bagly

$$\mathcal{G}_p = \sqrt{\left(K + \frac{4}{3}\mu_p\right) / \rho}$$

$$\mathcal{G}_s = \sqrt{\mu_p / \rho}$$

bu ýerde K - gysylma ýa-da maýyşgaklyk moduly.

μ_p - gysylma ýa-da süýşme moduly.

Suwuklyklarda $\mu_p = 0$ bolany üçin $\mathcal{G}_s = 0$ bolar, diýmek kese tolkunlar gaty gurşawlarda gowy ýaýraýarlar. Suwuklyklarda bolsa sönýärler, olarda diňe boý tolkunlar ýaýraýarlar.

Ýeriň dürli ýerlerinde ýerleşen seýsmiki stansiýalar ýer titremeleriň tolkunlarynyň formasyny, ölçegini we geçiş wagtyň belleýärler. Bu maglumatlar hem-de döwrebap hasaplama usullary seýsmiki tolkunýň ýaýraýan gurşawyň fiziki häsiýeti baradaky soraglara jogap bermegi başaýar we ýer jümmüşiniň fiziki häsiýetnamalarynyň dürlüligini anyklamaga mümkinçilik berýär, bu ilki b^n maddanyň dykzlygyna degişlidir. Dykzlyk islendik maddanyň esasy häsiýetnamasydyr. Her bir madda üçin dykzlyk hemişelikdir. $\rho = const$ dürli maddalaryň atomlary molekulýar gurluşynyň dürliligi sebäpli, olaryň dykzlyklary dürlidir.

Ýer gabygynyň dykzlygyny, onuň düzüji bölekleriniň dag jynslarynyň we elementleriniň dykzlygy boýunça kesgitlenýär. Ýer gabygyny düzýän dag jynslarynyň dykzlygy $0,7 \cdot 10^3 \div 3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. Ýeriň ortaça dykzlygy $5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, dykzlygy $8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ bolan meteoridler hem bellidir. Ýer gabygynyň ortaça dykzlygy $10,2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ hasaplanýar. Ölçegleri boýunça ýadro ýeriň ölçeginiň 54,16%, mantiýa – 45,32%, ýer gabygy – 0,52%-i düzýär, massasy boýunça 68,2% mantiýa, 31% ýadro, 0,8% ýer gabygyna degişli.

Ýer gabygy mantiýadan bölünen maddalardan düzülýär, onuň ýokarky çägi materikleriň üsti we ummanlaryň düýbi bilen gabat gelýär. Aşaky çägi deregine Mohorowič üsti (moh üsti) alynýar. Moho üsti ýeri üstüni gaýtalayar. Bu üste seýsmiki tokunlaryň tizligi 8 km/sek-de çenli artýar. Mantiýanyň ýokarky

çägio moho üsti b^n gabat gelyär, aşaky çägi 2900 km çuňlukdaky Wehert-Gutenbergiň serhedidir. Bu geosferanyň çäklerinde $p - t$ tolkunlaryň tizlikleriniň $g_p = f(R)$ ýokarky müň km gatlakda gaty çalt, 2 müň km aralykda pesräk ösýär. Mantiýanyň ýokarky bölegi we ýer gabygy litosfera adyny alan daş gatlagydyr, ol dag jynslarynyň işjeň hereketi bilen häsiýetlenýändigigi üçin oňa tektonosfera hem diýýärler. Materikleriň 120-125 km we ummanlardan 6400 km aşakda ýer maddasy şepbeşik ýarym ergin ýagdaýdadyr. Bu gatlak P we S tolkunlaryň tizligini peseldýär we oňa astenosfera (ýumşama guşaklygy) diýilýär. Astenosferanyň maddasynyň dykzlygy ony ýapýan gatlagynyň dykzlygyndan kiçi bu gatlak wulkanlaryň döreýän zonasydyr. Ýadro ýa-da barisfera iň dykz biosferasydyr onuň dykzlygy (10-12) 10^3 kg/m^3 seýsmiki maglumatlara görä onda iki gatlak bar, daşky we içki ýadro bar. Daşky ýadronyň massasy sowuk, içkiniňki gaty halda diýip hasap edilýär. Ýadronyň merkezi böleginde basyş 343 GPa, temperaturasy 5000° diýip hasapalanýar. Ýer gabygynda kisloroddan soň kremniý we alýuminiý agdyklyk edýär. Bu 3 element ýer gabygynyň massasynyň 80%-iň köpüsini düzýär. Bu geosferada 89 himiki element belli, olaryň köpüsiniň dykzlygy ýokary däl. Materik gabygynda umman gabygyna garanda kremniý, natriý, kaliý oksidleriniň saklanylyşy köp umman gabygynda magniý, demir. kalsiý margenes oksidleri köp, mantiýanyň himiki düzümi gün ulgamynyň düzüminiň analogiýasy, günün esasy elementleri wodorod, geliý, onda hemişe termoyadro reaksiýalry bolup geçýär, günde beýleki elementleriň ýaýraýşy daş meteoridleriňkä gaty meňzeş. Bu bolsa günün we meteoridleriň gelip çykyşynyň hem-de düzüminiň meňzeşdigi, mantiýanyň we kondritleriň maddasynyň himiki düzüminiň ýalynlygy baradaky pikire esas berýär. Ýer mantiýasynda kremniý we magniý agdyklyk edýär, bu gatлага sim gatlagy diýilýär. Ýer gabygynyň mantiýasynyň ilki başdaky düzümi häzirkki wagtdakydan düýpli tapawutlanýar. Ýeriň ýadrosynyň himiki düzümi iň az öwrenilen bölegidir. Bu

barada birnäçe gipotezalar bar, olaryň birine görä ýadronyň düzümi S, Mg, SiO₂ garyndyly demir nikel ergindir. Başga kiçi toparyň pikirine görä, mantiýanyň we ýadronyň özeni birmeňzeşdir, ýöne ýadronyň maddasy metallaşan ýagdaýda bolup, onuň dykzylygy elektrik geçirijiligi ýokarydyr.

Ýeriň ähli gatlaklarynda radioişjeň elementler saklanýar, olaryň has esasy uran, toriý, kaliý ýer gabygynyň radiaktiwligi şol gatlakda köp bolan magmatik dag jynslary bilen kesgitlenýär. Atmosferanyň radioaktiwligi ýokary däl, ol esasy R_n radonyň barlygy bilen düşündirilýär, onuň atmosferada saklanylşy massasy boýunça $4,44 \cdot 10^{-6}$ Bk/sm³ göwrüm boýunça $6 \cdot 10^{-10}\%$. Atmosfera radon, uran, toriý dargamasyndaky gaz görnüşli önümler materikleriň üstünden gelýär. Gury ýeriň üstünde atmosfera howasy suwuň üstündäkiden 10-20 esse radioişjeňdir. Gidrosferanyň radioişjeňligi onuň aýratyn düzüm böleklerinden dürlidir. Radioaktiw elementleriň saklanylşy 10^{-13} , $8 \cdot 10^{-6}$ kg/m³ bolan köllerde radiý we uranyň konsenrasiýasy köp derýa suwlarynda radiýniň saklanylşy $2 \cdot 10^{-10}$ kg/m³, uranyňky $0,6 \cdot 10^{-6}$ kg/m³, dünýä ummanynda $4 \cdot 10^{12}$ kg uran bar. Bu atylp çykan dag jynslaryndan on esse töweregi pes.

2.2. Atmosferanyň gurluşy, formasy we ölçegleri

Atmosfera-Ýeriň howa bardasydyr. Ol dürli gelip çykyşly gazlaryň mehaniki garyndysyndan emele gelendir.

Ilkinji atmosfera – öz düzümi bilen häzirki (ikinji) atmosferadan tapawutlanypdyr. Onuň düzümi wodorodyň, metanyň, ammiagyň, suw buglarynyň we birnäçe güýçli kislotalaryň garyndysyndan ybarat bolupdyr. Onuň düzüminde kömürturşy gazyň mukdarynyň köp bolanlygy güman edilenok. Sebäbi Ýeriň gadymy gatlaklarynda uly doňaklyklaryň yzy muňa şaýatlyk edýär.

Häzirki atmosferanyň düzümine girýän, ilkinji atmosferanyň (kislorodsyz) ähli gazlary biziň planetamyzyň geologiki taryhynyň emele gelişiniň dowamynda, ýuwaş-ýuwaşdan Ýeriň jümmüşinden çykypdyr.

Ýer gabygynyň (CH_4 , N_2 , H_2S , Ar) we mantiýanyň (H_2 , SO_2 , H_2S we hat-da HCl , HF) ummasyz gazlarynyň bölekleri gabygyň suw we minerallary bilen reaksiýa giripdir.

Ol gazlaryň malekulalarynyň birnäçe bölekleri bolsa, gün radiýasiýasynyň täsiri bilen böleklere bölünipdir.

Gazlar wulkaniki prosesleriň netijesinde emele gelýän ýer gabygynyň bölünen ýerlerinden ýuwaş-ýuwaşdan daşky sreda, ýeriň ýüzüne syzyp çykypdyr. Ýeriň dartýş meýdany ýeriň astyndan çykýan gazlaryň netijesinde artypdyr. Suw buglarynyň köp bölegi kondensirlenipdir we Ýeriň üstüne düşüpdir, az bölegi bolsa gaz halýnda ýeriň ýokarky böleginde galypdyr.

Diňe aşa ýeňil gazlar (wodorot we geliý) kosmosda ýaýrapdyr. Inertli argon gazy bolsa atmosferada ýygnaýpdyr. Gazlaryň birnäçesi bolsa, radioaktiw elementleriň dargamagy netijesinde ýader ýoly bilen emele gelipdir. (Ar , He)

Soňurrak, $3,5 \cdot 10^3$ ýyla golaý mundan öň, atmosfera azotly-ammiakly-kömürturşa öwürülipdir. Onuň düzüminde CO_2 eýýäm 50-60% ýetipdir.

Irki proterozoýda (2,6-1,9 mlrd ýyl öň) okean gabygynyň, okean suwlary bilen gidratasiýa hadysasy netijesinde ilkinji atmosferanyň düzüminiň üýtgemegi bolup geçýär. Şundan soň karbonatlarda CO_2 birleşmesiniň güýçli mehanizmi hereket edip başlaýar we atmosferada onuň basyşy azalýar.

Haçanda mantiýadan erkin demriň doly ýitmeginden soň, ýagny proterozoýda we fanerozoýda (570mln ýyl öň) kislorod atmosferada ýygnaýp başlapdyr.

Ýer gabygyndan çykýan erkin kislorodyň köp bölegi Ýeriň üstki gatlagyndaky käbir metallaryň okislenmegine harç bolýan bolsa, galany CH_4 , NH_3 , N_2S okislenmegine gidýär.

Kislorodyň mukdary fotosintezin netijesinde CO_2 dargamagy bilen erkin kislorodyň bölünip çykmagy netijesinde köpelip başlaýar.

Akademik S.Bergiň maglumatlaryna görä, arheý erasynda fotosintez başlapdyr. Bu esasan deňiz fitoplanktonlarynyň hasabyna bolupdyr. Başgaça aýdanymyzda kislorodyň emele

gelmegi Ýerde ýaşaýyşyň ilki mikroskopik soň uly ösümlikleriň döremegi bilen baglydyr.

Ilkinji atmosferada kislorodyň emele gelmegi onuň düzüminiň birden üýtgemegine getiripdir- CH_4 we NH_3 –iň CO_2 we N_2 –den okislenmegi bolup, ol atmosferada ýygnanmandyr. Sebäbi, ony okean sorupdyr we suwda eräpdir.

Şeýlelikde 200mln ýyla golaý mundan öň häzirki (ikinci) atmosfëra formirlenipdir. Onda esasan N_2 agdyklyk edýär. 500mln ýyl mundan öň ýerde O_2 33% bolupdyr.

Üçünji atmosfera – ikinji atmosferanyň ewolýusiýasy netijesinde emele gelip biler. Wagtyň geçmegi bilen onda N_2 , Ar ýygnanar we Ýeriň sowamagy netijesinde O_2 mukdary azalar.

Ýeriň howa bardasy ideal sfera däl. Atmosferanyň formasy Ýeriň agyrylyk merkezine otnositellikde simmetrik däl.

Atmosferanyň massasy $5,27 \cdot 10^{13}$ kg. Ýylyň ýyly döwründe sowuk döwründen takmynan 10^{10} kg köpdür. Bu biologiki prosesleriň işjeňleşmegi netijesinde emele gelyän gazlaryň netijesidir. Planetar ýylylyk netijesinde we massa çalşygynyň netijesinde atmosferanyň massasynyň möwsümleýin bölünişi bardyr.

Ýanwardan iýul aralygyndaky döwürde demirgazyk ýarym şardan, günorta ýarym şara $4 \cdot 10^{13}$ kg howa geçýär. Musson tropiki ýelleri wagtynda ýagny, ýylyň ikinji ýarymynda 0,078% atmosferanyň massasy günorta ýarym şardan, demirgazyk ýarym şara yzyna ýol geçýär.

Atmosfëra massasy beýiklik boýunça dogry paýlanylan däl. Onuň 50% golaýy aşaky 5 km gatlakda ýerleşen, 75% 10 km-e çenli beýiklikde, 90% 16 km-e çenli, 95% 20 km-e çenli, 99% golaýy aşaky 30 km gatlakda ýerleşen.

Atmosferanyň aşaky çägi materikleriň we okeanlaryň üstüdür. Atmosferanyň yokarky çäginı takyk anyklamak kyndyr.

Gaz bardasynyň barlygyny bolsa Ýeriň atmosferasynyň dyklyzlygy boýunça subut edýärler.

Ýeriň üstüniň $\rho \approx 1,24 \dots 1,30 \text{ kg/m}^3$ dyklyzlygy bar.

Atmosferanyň fiziki ýagdaýynyň esasy häsiýetnamalaryna dykzlygy, basyş, temperatura we howanyň çyglylygyndan başga hem gaty we suwuk garyndylary hem saklaýanlygy bilen tapawutlanýandyr. Bu häsiýetnamalar wertikallaýyn we gorizontallaýyn üýtgeýär. Esasy wertikal ugurda üýtgeýşi gözegçilik edilýär.

Mysal üçin: howanyň temperaturasy dikligine her kilometrden 6-7°C üýtgeýär, gorizontallaýyn bolsa 6-7°C temperatura 500-600 km üýtgeýär.

Häzirki wagtda atmosferany dikligine şu aşakdaky görkezijiler boýunça bölýärler:

1. Termiki režim (temperaturanyň dikligine paýlanşy we üýtgeýşi)
2. Atmosfera howasynyň düzümi
3. Atmosferanyň ýeriniň üstki gatlagy bilen arabaglanşygy.
4. Atmosferanyň uçýan apparatlara enjamlara täsiri.

Atmosferanyň bölünişiniň esasy görkezijileri

Atmosferanyň bölünişiniň görkezijileri	Atmosfera gatlagy	Gatlagyň ýokarky we aşaky çäkleriniň ortaça beýikligi. (km)
Temperaturanyň dikligine paýlanşy	Troposfera Stratosfera Mezosfera Termosfera Ekzosfera	0-11 11-50 50-90 90-450 450 ýokary
Atmosfera howasynyň düzümi Ionlaryň konsentrasıýasy	Gomosfera Geterosfera Atmosfera Ionosfera	0-95 95 ýokary 0-50 (60) 50 (60) ýokary
Atmosferanyň ýeriniň üstki gatlagy bilen arabaglanşygy.	Serhet gatlagy (sürtülme gatlagy) Erkin atmosfera	0-1 (1,5) 0-1 (1,5) ýokary
Atmosferanyň uçýan apparatlara enjamlara täsiri.	Dykyz gatlak Ýere ýakyn kosmiki giňişlik	0-150 150 ýokary

Gatlaklaryň çäkleri hemişelik däldir. Olar esasy ýeriň giňligine, ýylyň belli bir wagtyňa baglylykda üýtgeýär. Esasy hem temperatura paýlansyna görä gatlaklaryň çäkleri üýtgeýär.

Troposferanyň galyňlygy 16-18 km bolup, ol ekwatorda 8-10 km, käte polýar giňliklerde bolsa, 6 km çenli üýtgeýär.

Troposfera atmosferanyň esasy gatlagy bolup durýar. Onda dürli meteorologiki üýtgemeler bolup geçýär. Ol ýer şarynyň dikligine we keseligine dykyz we dürli jynsly howa gatlagydyr.

Bu ýerde atmosferanyň 79% massasy we aşaky giňliklerde 90% ýygnanandyr.

Atmosferanyň aýratyn gatlaklarynda howa temperaturasynyň *dikleyin gradiýent* temperatura boýunça hem bölýärler.

Troposfera – dikligine temperatura 100 m beýiklige galanynda 0,65°C çenli aşaklaýar. Ol esasy ýeriň üstüniň örtügi suw, gar, toprak, doňak we ş.m-e bagly bolýar.

Stratosfera – dikligine temperatura 25-30 km çenli hemişelikdir. Stratosferanyň beýleki bir esasy aýratynlygy 30-50 km beýiklikde temperatura progressiw ýokarlanýar. 30 km-de ortaça 55°C, 50 km-de 77°C çenli ýetýär.

Mezosfera – dikligine temperatura has hem peselýär. 55-60 km 0°C-a golaýlaýar. Mezosferanyň ýokarky çäklerinde tomusda -80...-90°C, gýşynda -40...-50°C golaýlaýar.

Termosfera – günüň gysga tolkunly radiýasiýasynyň kislorod we azot täsirinde sorulmagy netijesinde temperatura ýokarlanýar.

Ekzosferada – hem şeýle hadysa bolup geçýär.

Atmosferanyň temperaturasynyň keseligine üýtgeýşi 3 sany esasy aýratynlygy ýüze çykýar.

1. Temperaturanyň ekwatordan polýuslara çenli aşaklamagy
2. Ýakyn ýanaşyk ýerleşen parallellerde temperatura gradiýenti tapawutlanmagy.
3. Günorta ýarym şaryň ähli parallellerinde, demirgazyk ýarym şara garanyňda ýyl boýunça temperatura ortaça sowukdyr.

Atmosfera gatlaklarynyň aralarynda geçiş gatlaklary «pauza» gatlaklary ýerleşýär.

Tropopauza, stratopauza, mezapauza we termopauza .

Galyňlygy 1-2 km. Ol yer atmosferasy gündizine temperaturanyň çürt kesik ýokary we gijesine bolsa, örän pes bolmagyndan gorap saklaýar. Bu gatlakdan meteor akymlyry we kosmiki jisimler dykyz gurşawa düşende ýanýarlar. Köplenç yer üstüne yetmeyärler.

Atmosfera himiki düzümi boýunça *gomosfera* we *geterosfera* bölünýär. Yer üstünden 80-100 km beýiklige çenli bolan atmosfera gatlagy bolup, onda howanyň esasy himiki düzümi (suw buguny, kömürturşy gazyny we azoty hasaba almasaň) üýtgemeyär. Şonuň üçin oňa *gomosfera* diýilýär. 100 km beýiklikden ýokardaky atmosfera gatlagy bolup onda howanyň himiki düzümi we molekylyar agramy beýiklik boýunça üýtgeýär. Şonuň üçin oňa *geterosfera* diýilýär. Geterosferada atmosferany düzüji gazlar atom ýagdayynda bolyrlar. 120 km beýiklikde kislorodyň bütünleý diýen yaly ählisi, 220 km-den başlap yokarlygyna azotyň ählisi dissosirlenýär. Has ýokar belentliklerde wodorod atomy agdyklyk etýär.

Atmosferanyň himiki düzümini öwrenmek taryhyny 2 döwre bölýärler. Birinji döwrüň başy XVIII asyryda, ikinji döwrüň başyny bolsa XX asyryň 50-nji ýyllaryna gabat gelýär. Eýýäm birinji döwrüň başynda ýeriniň üstki atmosfera howasy gazlarynyň garyndysyndan esasy düzümi azotdan we kislorotdan durandygy kesgitlenipdir.

XIX asyryň soňlarynda inert gazlary (He, Ar, Kr, Xe, Ne) we kömürturşy gazy barada alnan maglumatlar birnäçe gezek anyklanypdyr we barlanypdyr. Netijede, ýer üstüne ýakyn arassa we gury atmosfera howasy tablissadaky himiki düzümden ybarat.

Atmosfera howasyny öwrenmegiň ikinji döwrüniň başynda atmosferany öwrenmek üçin meteorologiki we geofiziki raketalary hem-de radio we spektral usullary ulanypdyrlar. Şeýle hem 600 km-den 1500-1600 km-e çenli gelý, 2000-3000 km-den ýokary wodorod köpeliändigini ýüze çykarypdyrlar.

Seyleklikde, ýeriň atmosferasy ýuwaş-ýuwaşdan planetaara gaz düzümine geçýär. Onuň esasy düzümi 76% wodorod we 23% golaýy geliýden düzüldendir.

Atmosfera howasynyň ähli himiki elementlerinden we gazlaryndan esasy biologiki we geofiziki roly azoda, kisloroda, suw buguna, kömürturşy gazyna we azona degişli bolup durýar.

Gury howanyň himiki düzümi

N	Gazlar	Howada saklanyşy, %
1.	Azot	78,084
2.	Kislorod	20,946
3.	Argon	0,934
4.	Kömürturşy gazy	0,033
5.	Neon	$1,818 \cdot 10^{-3}$
6.	Geliý	$5,239 \cdot 10^{-4}$
7.	Kripton	$1.14 \cdot 10^{-4}$
8.	Wodorod	$5 \cdot 10^{-5}$
9.	Ksenon	$8,7 \cdot 10^{-6}$
10.	Ozon	$10^{-6} - 10^{-5}$

Bellik: Gury howa suw bugy bolmadyk gazlaryň garyndysydyr. Tablisadan görmüşi yaly gury atmosfera howasynda göwrümi boyunça azot we kislorod agdyklyk edýär. Atmosferada erkin kislorod takmynan $1,5 \cdot 10^{18}$ kg, azot $4 \cdot 10^{18}$ kg saklanýar. Beýleki sekiz sany himiki elementler bolsa 1% tutýar. Hakyky atmosferada görkezilen gazlardan başga: suw bugy, ammiak, wodorod peroksidi, ýod we metan bar. Troposferada bu gazlardan başga önümçilik gazlary (kükürtli gaz we florly wodorod), suw buglarynyň kondensasiýasynyň önümleri, dürli duzlaryň bölekleri, tozanlar, yanma hadysasynyň netijesinde emele gelen önümler, ösümlik tozanjyklary we dürli bakterialar bardyr.

Azot – atmosfera howasynyň esasy düzümi bölegi bolup durýar. Azot çylşyrymly organiki birleşmeler belok, maddalar görnüşinde

her bir ösümliğin we haýwan organizmiň düzümine girýär. Beloksyz ýaşaýyş ýok, azot bolsa belogyň aýrylmaz bölegidir.

Kislorod – ýerde iň köp ýaýran himiki element. Ol erkin görnüşinde atmosfera howasynyň 23,2% tutýar. Birleşme görnüşinde ol suwuň, dürli minerallaryň dag jynslarynyň, ösümlikleriň, haýwanlaryň düzümine girýär. Onuň atmosfera düşmeginiň esasy çeşmesi fotosintez prosesidir. Ösümlikler ýylda $2 \cdot 10^{11}$ kg kislorod berýär. Ol ösümlikleriň, haýwanlaryň dem almagyna, minerallaryň we gazlaryň okislenmegine harçlanýar. Umuman kislorodyň ýylda ösüşi $3 \cdot 10^{10}$ kg bolup, ol hem atmosferanyň 0,015% tutýar.

Häzirki atmosferada kislorodyň mukdary hemişelikdir.

Häzirki wagtda kislorodyň ýanma prosesine sarp edilýän mukdary has hem artdy. Sarp edilen kislorod täze formada ýagny, bir bölegi uglerod bilen birleşip CO_2 we wodorod bilen gaýtadan birleşip atmosferada suw bugy görnüşinde gaýdyp geldi.

Häzirki wagtda dünýäde her ýylda ýangyjyň ýanmagyna 10^{13} kg töweregi erkin kislorod gaýtargysyz sarp edilýär. Atmosferada käbir gazlaryň bolmagy temperaturanyň ýokarlanmagyna täsir edýär. Şonuň ýaly atmosferanyň gyzmagynda esasy suw bugunyň, kömürturşy gazynyň we azonyň roly ulydyr.

Suw bugy – atmosfera okeanlaryň we deňizleriň bugarmagy netijesinde düşýär. Ýylda $577 \cdot 10^3$ km³ golaý suw bugarýar. Olaryň 85,8% okeanlaryň we deňizleriň hasabynadyr. Howa temperaturasynyň näçe ýokary bolsa howadaky suw bugunyň möçberi hem ýokarydyr. Suw bugunyň esasy massasy atmosferanyň 2-3 km aşaky gatlagynda ýygnanandyr. Suw bugy iň ýokary temperaturada materiklerde 4% golaýlaýar. Iň pes temperaturada bolsa, hat-da 0% çenli peselýär. Suw bugunyň kondensasiýasy ya-da kristallizasiýasy netijesinde ümür ýa-da bulutlar emele gelýär. Şeýle hem suw bugy uzyn tolkunly şöhleleriň yerde siňdirilmeginde esasy rol oýnaýar. Olar 20mk uzynlykly bolan şöhleleri tutuşlaýyn siňdirýär.

Kömürturşy gazy – atmosferada 0,02-0,04% golaýy bar. Bu reňksiz gaz 1,5 esse howadan agyr. Atmosferada CO_2 mukdary

hemişelik dälidir. CO₂ esasan organiki maddalaryň okislenmegi, ýangyjyň ýanmagy, dem alynmagy netijesinde emele gelýär. Ýöne köp bölegi ýer gabygynyň jaýryklaryndan wulkaniki prosesleriň netijesinde mineral çeşmeleriň suwundan, himiýa önümçilik işleriniň netijesinde emele gelýär. CO₂ siňdirilmegi bolsa fotosintez hadysasynyň netijesinde bolup geçýär. Fotosintez esasy ýagtylykda gijesine geçensoň, CO₂ atmosferanyň gündiz bilen deňşdireniňde 15-20% ýokarlanýar.

CO₂ agramly bölegi okeanlar tarapyndan sorulýar we olar suwda karbonatlar görmüşinde emele gelýär. CO₂ materiklerde 1-2km, okeanlarda 0,5-2% belentliklerde ýerleşýär. CO₂ atmosferany ýyladyjydyr sebäbi, ol gysgatolkunly şöhleleri aňsat, uzyn tolkunly şöhleleri kynlyk bilen geçirýär.

Azon – atmosfera gatlagynda azon ýaýrandyr. Azon gazy azlygyna garamazdan 3,2* 10 stratosferada we mezosferada döreýän hadysalarda uly orun eýeleýär. Azonyň maksimal mukdary 22-25 km beýiklikde ýerleşýändir. Azonyň mukdary pasyllar boýunça üýtgeýändir. Ýazyna köpeliýär, gýüzüne peseliýär. Azon gatlagy 3mm galyňlykdadyr. Azon gatlagy ýer atmosferasyny ýylamakdan goraýar ýagny, ultramelewşe şöhlelerden goraýar. Ýagny infragyzyly uzyn tolkunly radiýasyny özüne siňdirýär. Esasy ol gysgatolkunly şöhleleri melewşe we gök reňkli şöhleleri pytradýar. Şonuň üçin asmanyň gök reňkli bolup görünmegi ýüze çykýar.

2.3. Gidrosferanyň düzümi böllekleri

Ýer togalagy litosfera, atmosfera, gidrosfera we biosfera gatlaklaryndan ybaratdyr. Gidrosfera iki sözden duzulip, gidro-suw, sfera-gatlak, ýagny, yeriň suw gatlagy diýen manyny aňladýar. Gidrosfera ýer togalagyndaky suwlaryň hemme görnüşleriniň jemidir, ol okeandaky, gury yerdäki, yerastyndaky, atmosferadaky, janly organizmlerdäki suwlary we duzluklary özüne birlesdirýar. Ýer üstüniň 361 mln km² - ini okeanlar, deňizler, buzluklar, koller, deryalar, batgalyklar

tutýar.Gidrosferany hemmetarap-layyn öwrenyan ylma gidrologiya diýýlar.Gidrologiýanyň duzum bölekleri gidrografiya ,gidrometriya bolup,olar hem öz gezeginde potamologiya (deryalary öwrenyan), limnologiya (kölleri öwrenyan),okeanologiya(okeanlary öwrenyan),glyasiologiya(buzluklary öwrenyan)diýen ylmy ugurlary bolunýarlar.

Suwuň görnüşleri. Tebigatda suw üç halda :suwuk halda,gaty halda we bug halda bolyar.Suwuk haldaky suwlara okean,deňiz ,derya,yerasty,batgalyklardaky suwlar degişlidir.Bular gidrosferanyň agramly bolegini tutýar.Gaty haldaky suwlara edebi garlyklar we buzluklar,bug halyndakylara-atmosferadaky,ösumlikleriň yapraklar-yndan bigarmasy netijesinde emele gelen suwlar degişlidir.Bug gornuşindaki suwa gury yeriň we dunya okeanynyň üstundaki bugaryan suwlary hem goşmak bolar.

Tebigatda suwuň aýlanyşy. Dünýä okeanynyň suwlary gury yeriň suwy bilen birleşip tebigatda kop sanly aýlaw edip,olar hemişelik bolyar.Bu aýlawlar şu aşakdaky tertipde amala aşyrylýar.Gury yeriň üstünden we dunya okeanyndan gun yylylygynyň tasiri bilen suw bugaryar. Şu bug halyndaky suw asmana goterip atmosfëra aralaşýar ,ol yerde bolsa suwuk hala geçýar we dartyşguyji netijesinde yere,dunya okeanyna ygal görnuşinde düşýar.Suwuň bu hereketine kiçi aýlaw diýýlar.Mundan başga-da suwuň uly aýlawly hereketi hem bar .Ol şu aşakdaky yaly bolup geçýar .Dunya okeanyndan bugaran suwlar howa massalaryň komegi bilen gury yere-materikleriň üstüne yayrayar, ol yerde-de toplanyp olar bulutlara öwrulyarlar we ol bulutlar ygal gornuşinde gury yere duşýarlar, ýene-de gury yerden hem-de yerasty akymalar bilen denizlere, okeanlara düşýarler.Ýer gabygynyň yokarky gatlagynda (12-çaç 16km çuňluga çenli)suwlardyr.Olar esasan atmosfëra ygallarynyň yere sirmegi netijesinde emele gelyarler. Ýerasty suwlaryň ujypsyz mukdaryny magmadan bolunip aýrylyan suwlar düzyärler. Suw geçirijilik hasiyeti boyunça dag jynslary4 topara

bolunýarlar:1Suw geçiriji jynslar(cage çagyl),2Suw geçirmeyan ya-da suwa çydamly jynslar(kaliy,nahar duzlary, hekler);4Suwy saklayan jynslar (suwy hiç tarapa gotberman ,siňdirman saklayan jynlar)

Ýerasty suwlary yer gatlaklarynda ýaşaýyş şertlerine laýyklykda grunt suwlary we gatлага suwlary diýen iki topara bolunýarlar. Toprak suwlary –yer üstüne iň golay yatan yerasty suwlar bolup, olar tutuşlygyna suw geçirmeýän gatlak bilen örtülen dälidir. Toprak suwlary yer gatlagynyň hemme yerlerinde yayrap olaryň yatýş çüňlугy bir yerden başga yere örän tapawutlydyr. Köplenç halatda toprak suwlarynyň ýaýraýşy yyl pasyllaryna ygallaryň düşüşine daglydyr.Bu suwlaryň topraga siňşi gaty hayal geçyar,meselem cage her gije-gundizde 1,5-2m/s tizlikde siňyar.

Gatlagara suwlar-diýlip iki suw geçirmeyan yer gatlagynyň arasynda yerleşen yerasty suwlara aydylyar.Olar yer gatlaklarynyň arasynda gysylyp durup,haçan-da olaryň üsti açylyp skwazina bilen peydalanýnda ter üsti üstüne örän batly zarp bilen çüwdurilip atylyp çykyarlar.Gatlaklar ara suwlary Turkmenistanda skwazinalar ,ayratyn hem olar Kopetdag etegi etraplarynda has köp yayrandyr.

*Mineral suwlar we olaryň peydalanýşy.*Yerasty suwlarynyň yeriň üstüne tebigy görnüşde akyp çykmagyna çeşmeler diýilyar Çeşmeler sowuk (suwuň temperaturasy 20° -dan geçmeyar),yyly (suwuň temperaturasy 20-37°),gyzgyn (suwuň temperaturasy 37°-dan yokary)halatda bolyarlar.Eger-de gyzgyn çeşme hemişe atylyp çykyp dursa ,onda oňa geyzer diýilyar. Geyzerler wulkanlaryň giň yayran oblastlary(Islandiya,Kamçatka,Täze Zelandiya Yaponiya) üçin hasiyetlidir.Çeşmeler suwlarynyň duzluluk derejeleri boýunça mineral suwy we suýji suwly diýen iki topara bolunýar.Bu çeşmeler köplenç halatda suwa düşmek we içmek arkaly kesel bejerişde giňden peydalanýlyar.Turkmenistanda mineral çeşmeler kop sanlysy bar (Arçman,Durun,Berzeňni,Farab,Daşoguz we beýlekiler)Olar ilatyň saglygyny goramakda uly ähmiyete eyedirler.Arçman

kurortynyň baş kesel bejeriş serişdesi onuň jana şypa beriji mineral suwudyr. Gelejekde yurdumyzyň mineral çeşmeleriniň bazasyna birnäçe täze kurortlar halkyň hyzmatynda bolar.

Türkmenistanda yerasty suwlaryny ılatyň yaşayan yerlerini suw bilen üpjün etmekde, Garagum çölünde dowardarçylyk ösdurmekde gadymy wagtlardan bari peydalanylypdyr. Hut şu maksatlar üçin çölde guyular gazylypdyr, olaryň kopusi häzir hem maldarlaryň esasy dayanjy bolup hyzmat edyar. Köpetdag eteklerinde yerasty suwlaryny ekerançylykda ılaty agyz suwy bilen upjün etmekde kârizleriň uly ähmiyeti bolandyr. Garagumyň takyklarynda yagyş ,gar suwuny uzak wagtlap saklamak üçin yorite sardoplar gurupdyrlar.

Umuman aydanynda ,Türkmenistanda yerasty suwlary rejeli peydalanylanda yurdumyzda suw meseleleri uzak wagtlap çözüldi diyip hasap edip bolar.

Buzluklar. Yer üstünde buzlaryň tebigy taydan toplanmagyna buzluklar diyilyar. Olar yagan garlaryň toplanmagy netijesinde emele gelyarler. Buzluklar adatça gar araçäğinden yokarda doňan garlaryň toplanmydyr. Gar araçägi bu düşen garlaryň eran garlara deň bolan yerleridir, ylyň dowamynda näçe gar yagsa, şonça –da ereyar. Yagny yagan gar bilen eran mukdary deňdir .Şu araçäkden yokarda yagan gar eremeyer we ol doňup yuwaş-yuwaşdan buza öwrulyar.

Gar araçägi polyar sebitlerinde tä okean derejesine çenli aşak düşyar, tropiklerde bolsa 5000-6000metre çenli yokary goterilyar.

Dag buzluklary. Dag buzluklary adyndan belli bolşlerinde emele gelyarler. Dag buzluklaryň gorşünü relyefe baglydyr, olar aşaklygyna hayal hereket edyarler.

Materik buzluklary we aysbergleri. Hazirki zaman buzlanmasynyň 98,5 prosent meydany tutyar, gury yeriň üstünde galyň gatlak bolup, giň giden giňişlikleri tutyarlar. Materik buzluklary yeriň relyefine garamazdan ,guberçek ya-da galkan görnüşindedirler. Olar merkezden eňnit boyunca hereket edyarler, yone olaryň hereketi örän hayaldyr. Gije –gundizde 3sm-e çenli suysyar. Materik buzluklaryndan bolunip aýrylyp uly buz

bolegi deňiz-okeana duşup hereket etse onda oňa aysbergler diýýlar.Aysbergleriň galyňlygy nahili uly möçberdedigini subut edýar.Dunyaniň iň uly materik buzlary Antarktidada we Grenlandiyada yerleşendir.

Yer togalagynnda buzluklaryň umumy meýdany 16,1km²ya-da gury yeriň 2-prosesinde barabardyr.GDA-da buzluklar 82 muň km² çäginı tutýar.Buzluklar adamzat jemgyýeti üçin ägirt uly suýji suw gorudyr.Olarda dunyaniň ähli deýalarynyň we kolleriniň suwlaryny bilelikde alanyndan hem kop suw bardyr.

Atratyn hem dag buzluklaryň adamlaryň durmuşynda ,işinde ägirt uly ähmiýrti bardyr.Ol buzluklardan deryalar öz gozbaşyny alyp gaydyrlar.Meselem :Amyderya,Syrderya,Pamir,Tyan-Şan,daglaryndaky buzluklaryndan iymitlenýarler.

Deryalar. Deryanyň basseýni we suwayryt.Derya diýip yeriň belli bir meýdanyndan hemişe akyan tebigy suw akymyna aydylyar.Deryalarynyň başlanyan yerine olaryň gozbaşy diýýlar. Gozbaşy koller,batgalyklar,çüşmeler,buzluklar bolup bilerler Deryalar deňizlere,kollere guýýarlar.Çöiuk zolaklarynda kabire deryalar tutuşlygyna suwaryş üçin peýdalanyyp,olar hiç yere guymayarar.Deryanyň guýyan yerine onuň ayagy diýýlar.Gozbaşyndan ayagyna çenli aralyga deryanyň uzynlygy diýýlar.

Deltalar deryanyň deňze ya-da kole guýyan yerinde gyrmançanyň toplanmagyndan emele gelyarler.Olar koplenç üçburçlyk görnüşindedir.Bu yerde derya kop sanly şahalara bolunip sübsa meňzeş gornuşindedirler.

Estuariýalar-deryanyň kole ya-da denze guýyan yerinde şahalara bolunman diňe bir hana boyunça guýýar.Ol hana deňze tarap has giňelip guýguç gornuşinde bolyar.Estuariýalar Temza,Sena,Kongo,Ob deryalar üçin hasiyetlidir.Adatça bu gornuşli deryalaryň guýyan yerleri öran çüň bolyarlar.

Derya ulgamy. Deryalar özleriniň goşantlary bilen derya ulgamlaryny emele getirýarler.Her derya ulgamynda baş gornuşli we goşantlar tapawutlanyarlar.

Deryanyň basseýni diýlip deryanyň suw ygynanyan çägene aydylyar. Deryalarynyň basseýni deňizleriniň ,okeanlarynyň basseýnlerine girýarlar ya-da akmayan basseýnleri emele getirýarlar. Meselem, Amur deryasy, Ýuwaş okean basseýnine degişli bolsa, onda Amyderýa, Aral köli ýapyk basseýnine degişlidir.

Suwayrydy -bu derya basseýnleriniň arasyndaky araçäkdir. Daglyk yurtlarda suwayrydy köplenç halatda dag geçirileri boýunça geçýar, düzlüklerde suw aýrydy gaty aýdyň däldir.

Derýa deresi-deryanyň akyan pesligi bolup ,ol gozbaşdan guýyan yerine çenli eňňitdir. Dere deryanyň hanasyna, çaylyma we kenar yakasyna bolunýar.

Kanallar we suw howdanlary. Tebigy suw baylyklary adamzadyň bahbitleri üçin peydalanmak maksady bilen emeli suw desgalary guryarlar. .Olar örän köp durludirler. Bulardan has giňýayranlary kanallar we suw howdanlarydyr.

Kanal-diýlip suwy emeli usul bilen akdyrmak maksady üçin gurlan suw akýş hanasyna aydylyar. Her bir kanal mohum gidrotehniki desgadyr. Kanallar haysy maksat üçin gurlandygyna garap birnäçe toparlara blunýarlar.

Suw howdanlary-Deryalarda, kanallarda suwuň ortaça yylylyk akymyny kadalaşdyrmak ya-da suw goruny toplamak üçin gurulyan emeli kole suw howdany diýilyar.

Garagum derya - Turkmenistanyň halk hojalygynyň ösmeginde örän mohum ähmiýete eýedir. Bu deryanyň gurulmagy 1954-nji yylda başlandy ,ol gözbaşyny Amyderyadan alyp Lebap, Mary, Ahal, Balkan welaýatlaryny suw bilen üpjün edýär.

III. Geofiziki meýdanlar

3.1. Ýeriň elektromagnit meýdany

Ýeriň elektromagnit meýdany onuň ähli gabyklaryndaky elektrik özara täsirlenýän zaryadly bölejikleriň arasyndaky hemişelik täsir edýän mehanizm bolup durýar. Bu bölejikleriň ýagdaýlarynyň wagta we giňişlige görä üýtgemesi magnit meýdany bilen geçirilýän elektrik toguny döredýärler. Bu ýerden şeýle netije gelip çykýar, Ýeriň elektromagnit meýdany ýüze çykmanyň iki formasy bolan ýeketäk bir maksady görkezýär. Olaryň biri özüniň hususy tok çeşmesi bolan elektrik meýdany, başgasy bolsa hereket edýän elektrik zaryadlary we magnitizm görterijileriň (elektronlar, pratonlar we başgalar) spin momentleri bilen döreýän magnit meýdany.

Elektrik we magnit meýdanlaryň arasyndaky baglanyşyk kesgitli bir ölçegde elektromagnit meýdanynyň üýtgeýiş intensiwligine baglydyr. Onuň haýal üýtgemelerinde bu baglanyşyk uly bir rol oýnaýar, ýa-da belli boluşy ýaly bir meýdanyň güýjenmesi, başganyň üýtgemegini oýandyrýar, bu üýtgemeleriň tizligine proporsionaldyr. Şeýle ýagdaýlarda elektromagnit meýdany şertleýin iki aýratyn elektrik we magnit meýdanlary ýaly seretmek bolýar. Fiziki hakykatynda bolsa bitewi bir elektromagnit meýdany (E) elektrik we (H) magnit güýjenmesi bolan, t wagt boýunça we birmeňzeş bolmadyk bahasy bar bolan (λ, φ) giňişligiň dürli nokatlarynda üýtgeýän, ýagny $E(\lambda, \varphi, t)$ we $H(\lambda, \varphi, t)$ bolup durýandyr.

Ýeriň elektromagnit meýdanynyň we onuň düzümi bölekleriniň ylmy-praktiki bahalary örän ulydyr. Sebäbi; meselem geofizikanyň we astrofizikanyň ösüşi Gün aktiwliginiň Ýerde bolup geçýän dürli proseslerde uly rolunyň bardygy hakdaky düşüňjä getirdi. Bu magnit aktiwligi we dürli tebigy prosesleriň arasyndaky berk baglanyşygyň goýulmasynyň suratlandyrmasy tapdy. Hususanda Ýeriň atmosfera basyşynyň, howanyň temperaturasynyň (esasanam polýar raýonlarda), guraklyklar,

sowuk böwsülende we başga prosesleriň Ýeriň elektromagnit meýdany bilen berk baglydygy tapyldy. Bu bolsa ýer atmosferasyny abýektiw analiz etmek hökmany suratda elektromagnit parametrlerini we häsiýetlerini hasaba alyp ýerine ýetirmelidigini aňladýar.

Ýeriň gabyklarynyň elektromagnit häsiýetleri we parametrleri. Ýeriň gabyklarynyň elektromagnit häsiýeti birnäçe aşaky parametrler bilen häsiýetlendirilýär: udel elektrik giňşligi σ , udel elektrik garşylygy ρ_e , otnositel dielektrik syzyjylygy ε we başga käbirleri bilen. Olaryň barysy wagt we giňşlik boýunça üýtgeýärler we dürli geosferada bir meňzeş däl bahalara eýedirler.

Elektrik geçirijilik. Has esasy we hemmesinden gowy öwrenilen elektrik geçirijiligi σ bolup durýandyr. Ony Ýeriň her bir gatlagy üçin serederis. Elektrik geçirijiligi giňşligiň häsiýeti hökmünde daşky elektrik meýdanyň täsirinde elektrik zarýadyny geçirýärler, özem köplenç ululyga ters ululyk bolan udel elektrik garşylygynyň mukdaryny bahalandyrýarlar $\left(\sigma \left(\rho_e = \frac{1}{\sigma} \right) \right)$. ρ_e -niň

ölçeğ birligi Om-yn metre köpeldilmegi bolup durýandyr (Omm), σ baha bolsa simena metrlerde ölçenilýär (Sm/m).

Tebigatyna baglylykda elektrik zarýadlaryny elektronly, ionly we garşylykly elektrik geçirijilerini tapawutlandyrmak kabul edildi. Olaryň birinji metallara, magdan jisimlerine, silikat we oksid materiallaryna häsiýetli, ikinjisine bolsa elektrolitlere, olaryň suwukly garyndylaryna we tebigy suwlara häsiýetlidir. Dag jisimlerine adatça elektron, ion we garyndyly elektrik geçirijilik, atmosfera boýunça ionly häsiýetlidir.

ρ_e bahalar boýunça tebigy maddalary geçirijiler ($10^{-4} \dots 10^{-1}$ Omm), ýarymgeçirijiler ($10^{-1} \dots 10^6$ Omm) we dielektriklere ($>10^6$ Omm) bölýärler. Şeýle bölünmeler şertlenendir, sebäbi gury we çyg daş jynslary, deňiz we süýji suwlar, ýerleşdirilen we üýtgeýän elektromagnit meýdany özlerini ýa geçiriji ýaly, ýa-da dielektrikler ýaly alyp baryp bilýärler.

Geçirijiler we dielektriklerin arasyndaky tapawudyň fiziki tebigaty aşakydan ybaratdyr.

Idial dielektrikde udel elektrik geçirijilik nola ($\sigma=0$) deňdir. Bu geçirijilik $i_{geç}$ toklary diýip atlandyrylýanlaryň ýokdugyny, diňe i_g garyşyk toklar bardyr. Idial geçirijide ($\sigma \rightarrow \infty$) örän kiçi i_g bahaly geçirijilikli toklar bardyr. Şol bir wagtda elektromagnit meýdanynyň ω' ýygylgy, otnositel dielektrik syzyjylygy ε we $i_{geç}/i_g$ gatnaşyklary $(i_{geç}/i_g)_{maks} = \sigma/\omega'\varepsilon$ deňlik bardyr. $(i_{geç}/i_g)_{maks} \gg 1,0$, ýagdaýlarda, ýagny $i_{geç} \gg i_g$ ýa-da $\sigma \gg \omega'\varepsilon$ bolanda sreda edil geçiriji ýaly häsiýetlendirilýär. $(i_{geç}/i_g)_{maks} \ll 1,0$ bolanda sreda dielektrik bolup durýar. Bu ýerden elektromagnit meýdanyň ω' ýygylgynyň üýtgemegi σ -nyň üýtgemegi bilen geçirilýändigi düşünlidir. ω' ululygy geçiriji maddalaryň dielektrik häsiýetlerini alyandygy gelip çykýar. Meselem, W.A.Zarinskiň we W.I.Ýermakowanyň maglumatlaryna görä deňiz suwunyň kiçi ýygylklarda $(\sigma/\omega'\varepsilon = 1...10^{-4})$ geçiriji, aşaa ýokary ýygylklarda $(\sigma/\omega'\varepsilon) \approx 10^{10}$ bolsa dielektrik bolýandyr.

Ýeriň atmosferasy öz düzüminde neýtral molekulalary we atomlara, položitel we (-) zarýadlanan ionlara we erkin elektriclere eýedirler. Atmosferanyň elektrik zarýadly bölejikleriniň düzümine görä her nokatda ionizasiýa geçmeleri we ionly konstantalary bilen kesgitlenýän elektrik geçirijiligine eýedir. Atmosferada elektrik zarýadly bölejikleri esasy oýandyryjylyryň sanyna, ýa-da atmosferanyň esasy ionizaslaryna kosmiki şöhleler, gün we ýer radiasiýalary (şöhlelenme) degişlidirler.

Her sekuntda 1km^2 meýdana ýer atmosferasyndan serhedinden ýer üstüne ugrukdyrylan tarapa kosmosdan 1000-dan gowrak relýatiwistik zarýadly bölejikler uçýarlar (ýagtylygyň tizligine golaý tizlikde hereket edýän). Bu şöhleleriň uly böleginiň gelip çykyşy Bizň Gallaktikamyzdaky täze ýokarky diýip atlandyrylýan güýçli partlamalar bilen baglanyşyklydyr.

Bu kosmiki şöhleler (ilkinji kosmiki şöhledenme) ýokary derejede izotropdyrlar, olaryň akymlary bolsa wagta görä hemişelikdirler, olarda 1-den 10^{12} GeV energiýaly bölejiklere gözegçilik edýärler. Kosmiki şöhleleriň düzüminde hemmesinde köp pratonlardyr, ýagny wadorodyň ýadrosy, ýagny ähli bölejikleriň 90% golaýy. Meselem, geliý ýadrosynyň 7%-ne golaýy. Galan elementleriň ýadrolarynyň paýyna 3% golaýy ýetýändir. Atmosferanyň atom ýadrolary bilen özara täsirde bu bölejikler dürli alamatly we energiýaly elektronlaryň we mezonlaryň köp bol çabgasyny emele getirýärler (ikilenji kosmiki şöhledenmesi). Uly energiýaly mezonlar ýer üstüne ýetýärler we ýer gabygynyň çuňlugyna syzylýarlar, kiçi energiýalylar bolsa atmosferada hereket edende takmynan mgnowen bölünýärler. Atmosfera atom ýadrolaryna golaýda uçýan elektronlar özleriniň energiýalaryny böllekleyin şöhledenme bilen ýitirýärler. Şeýle bilen hem elektron-pozitron jübüti döreyärler, olar hem täze bir elektrik zarýadlanan bölejikleriň emele gelmegine getirýär, ahyrda bolsa şeýle bölejikler çabgalary ýüze çykyrlar. Bu ýerde görkezilen mehanizm atmosferada erkin zarýadlanan bölejikleriň döremegine ýeňil getirýär we onuň elektrik geçirijiligini üpjün edýär. atmosferanyň ionlaşmasynyň bu görnüşi deňiz derejesinde 1m^3 -a 1sekunda 2-4mln jübüt döredýär. Beýikligiň ösmegi bilen meselem, 18 km-a çenli kosmiki ionlaşmanyň kuwwaty kosmiki şöhleleriň akymynyň ösüşine proporsionallykda ulalýar. Gün radiasiýasynyň ultramelewşe we rentgen bölegine eýe bolan diapazony atmosferanyň ýokarky gatlaklarynda sındirilýär (40 km-dan ýokarda). Bu proses atmosferanyň atomlarynyň elektrik zarýadyny göreriji ionlara dargamasy bilen bolup geçýär. Korpuskulýar gün şöhledenmesi hem atmosferanyň Günün elektromagnit şöhledenmesi bilen döreyän çäklerde ionlaşdyrýar. Esasanam bu Ýeriň polýar etraplaryna degişlidir. Günün doly şöhledenmesi we onuň ýokary temperaturasy Günden akyp geçýän gazy ionlaşdyrýar, şonuň üçin hem onuň her bir atomy elektrik zarýadyny görerýär.

Ýeriň radiasiýasy atmosferany ýer üstüne gös-göni ýakynynda ionlaşdyrýar. Bu esasanam ýer gabyklaryndan ýaýramagynyň hasabyna dag jynslarynyň agyr elementleriniň radiaktiw bölünmesi bilen bolup geçýär. Ýer gabyklarynyň radiaktiw maddalarynyň şöhlenenmesi takmynan dolulygyna toprak gatlaklary bilen siňdirilýär. Şonuň üçin hem aşaky atmosferany ionlaşdyryjy gös-göni radioaktiw bölünmäniň ikilenji önümi bolup durýandyr.

Tebigy suwlar esasan güýçli elektrolitleriň erginleriniň garyndysyny görkezýär. Olarda elektrik zaryadlar daşky elektrik meýdanyň täsirinde ionlar bilen äkidilýärler. Ion geçirijiligiň teoriýasyndan tebigy suwuň udel elektrik geçirijiligiň m erginiň konsentrasiýasyndan, ionlaryň walentliginden $z \pm$, olaryň süýşýänligi we elektrohimiýa aktiwligini v baglydygy bellidir. CU birlikler ulgamynda bu baglanyşyk $\sigma = 10^4 \sum [vm_i' z \pm (U_0^+ + U_0^-)]$

(1) görnüşindedir, bu ýerde U_0^+, U_0^- bir zaryadyň süýşýänligi.

Doly suratda arassa bolan tebigy suw elektrigi gowy däl geçiriji bolup durýar. Sebäbi 18°C temperatura haýsydyr bir garyndysyz suwuň elektrik geçirijiligi $3,8 \cdot 10^{-6} \text{ Sm/m}$, distillirlenen suw $2 \cdot 10^{-4} \text{ Sm/m}$, deňiz suwy $3\text{--}7 \text{ Sm/m}$ düzýär. Arassa suwda dessesasiýasy bilen düşündirilýär.

Ýöne materikleriň we bütündünýä okeanlarynyň suwy hiç haçan himiki taýdan arassa bolmaýar. Olarda erginli maddalar (duzlar, organiki birleşmeler, gazlar) we tapawutly özbaşdak fazalar (organiki we organiki däl gelip çykyşly gaty bölejikler, gazyň düwmejikleri). Erginli maddalaryň esasy görkezijileri bolup ionlaryň kesgitli mukdaryny saklaýan duzlar bolup durýandyr. Sebäbi 1kg deňiz suwy özüde ortaça duzlulykda 0,019kg hlor ionyny, 0,011kg natriý, 0,0013kg magniý, 0,00009kg kükürt saklaýar. Bu bolsa deňiz suwunyň özüde başga himiki elementleriniň köp bolmadyk garyndyly NaCl , MgSO_4 suwly erginlerini görkezýändigini aňladýar. Şonuň üçin hem suwuň S duzlulygynyň ýokarlanmagy ionlaryň konsentrasiýasynyň ösmegi bilen bolup geçýär we şonuň netijesinde σ ulalýar. Deňiz

suwunyň σ -na şeýle hem ionlaryň konsentrasiýasynyň yrgyldy tizliginiň üýtgemegi bilen bolup geçýän suwuň \ddot{O}_s temperaturasynyň üýtgemegi hem täsir edýär. netijede bolsa deňiz suwunyň \ddot{O}_s niň ýokarlanmagy elektrik geçirijiliginiň ösmegine getirýär.

Ol deňiz suwy üçin häsiýetliden has uly bahaly çäklerde üýtgeýär we ol kristallaryň, minerallaryň we dag jynslarynyň (1 tablisa) σ ululyklarynyň dürli bolmagy bilen şertlenendir. Ýer

1-nji tablisa. Käbir minerallaryň, dag jynslarynyň we tebigy suwuklyklaryň elektrik parametrleri

atlary	ρ_e Om*m	ε	atlary	ρ_e Om*m	ε
Minerallar.			Diabaz	10^4 - 10^7	-
Kwars	10^{12} - 10^{14}	4,5-5	Gneýs	10^3 - 10^6	8-15
Kalsit	10^8 - 10^{12}	7,5-8,5	slanes	10^2 - 10^3	-
Meýdan şpaty	10^{10} - 10^{12}	4,5-5,5	Hek	10^2 - 10^3	15
Slyüda	10^{10} - 10^{15}	8	çäge	10 - 10^3	9-11
Grafit	10^{-4} - 10^{15}	-	laý	1-50	-
Antrasit	1-10	-	Daş kömri	10^2 - 10^4	-
Galenit	10^{-2}	-	topraklar	10 - 10^3	2-20
Mis sulfidleri	10^{-4}	-	mermer	10^3 - 10^8	8
Magnetit	10^{-3}	-	suwuklyklar		
Pirit	10^{-2}	-	Çeşme suwy	10 - 10^5	80
Wolframit	10^5	-	Deňiz suwy	0,15-1,5	80
Sfalerit	10^6	-	Distilirlenen suwy	10^5	80
kinowar	10^6 - 10^7	-	Ablolýut arassa suw	$3 \cdot 10^5$	80
Dag jynslary			newit	10^9 - 10^{14}	10-30
Granit	10^3 - 10^6	7-12			
Sienit	10^3 - 10^6	13-14			
gabbro	10^4 - 10^6	-			

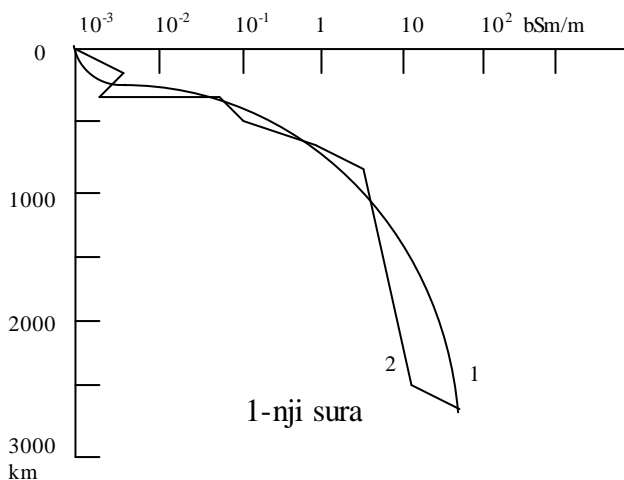
gabyklarynyň we ýer asty gatlaklaryň düzüm bölekleriniň σ -nyň ýeterlik ölçegde wagta görä we giňişlige görä üýtgeýän birnäçe

faktorlara baglylygy möhümdir. Olaryň hataryna funksiýa we dag jynslarynyň mineral gurluşlary, olaryň minerallaşan düzümleri, newit we gaz. Şonuň üçin hem birkomplektli öýjüksiz dag jynslary üçin σ -nyň birmeňzeş bahalary ýa-da dolý kesgitlidigini aýtmak bolýar. Dag jynslaryny köplenç ulanylanda σ -nyň berk bahasy çylşyrymly meseläni görkezýär. Şeýle ýagdaý ýeterlik derejede dag jynslarynyň öýjüklerinde ýerleşen suwuň elektrik geçirijiliginiň dürliligi we daşky minerallaşdyrýan suwlar bilen baglanyşyklydyr.

Suwly we gury ýagdaýdaky hem dag jynslarynyň elektrik geçirijilikleri stabil däl ululyk bolup durýarlar. Eger suwlaryň düzümi we başga käbir şertler (temperatura, şepbeşiklik we başg.) hemişelik bolup galsalar, onda dag jynslarynyň σ we ε -sy hem stabil ýa-da durnukly bolýarlar. Sebäbi örän az suw düzümliligi dag jynslary we has-da gury jynslar stasionar meýdanda arassa minerallaryň we σ -na ýakyn az elektrik geçirijilige eýedir. Suwly dag jynslary gury jynslaryň σ sy seýrek bolmadyk birnäçe tertip ýokary baha eýedir.

Ýer gabygynda we mantiýada elektrik geçirijiliginiň (ýa-da elektrik garşylygynyň) giňişlik boýunça paýlanyşygy entek ýeterlik öwrenilmedikdir. Häzirikçe çökdüri galyňlyklaryň garşylyklary ynamdar kesgitlenendir ($1-100 \text{ Om} \cdot \text{m}$). esasy kynçylyk diýip durýan ρ_e ululyga ýokary basyşyň we temperaturanyň bilelikdäki täsiri, şeýle-de ρ_e -niň düzümindäki uly bolmadyk wariasiýalarynyň täsiriniň bahalarynyň örän uly kynçylygyny hasaba alynýar. Şonuň üçin hem ýer gabygynyň dag jynslaryna udel elektrik garşylyklaryny laborator barlaglary we elektrozonlama ýoly bilen bahalandyryýarlar, ýokary mantiýany bolsa diňe ρ_e -niň temperatura baglylygy boýunça (1-nji surat). Häzirki gytak zonlama boýunça materikleriň ýokarky bölek gabyklarynyň kristalliki jynslar 20km çuňlukda $(5 \pm 3) \cdot 10^3 \text{ Om} \cdot \text{m}$ töweregi garşylyga eýedir, bu bolsa laborator derňewler boýunçadakydan birnäçe tertip kiçidir. 80km çuňlukda

ultraesasly jynslaryň garşylyklary tejribe kesgitlemeleri boýunça $5 \cdot 10^3 \text{ Om} \cdot \text{m}$ töweregi düzýärler.



Ýeriň ýadrosynyň elektrik geçirijiligi barada mundan hem has gytaklaýyn maglumatlar bar. Şonuň bilen birlikde geçirijiligi otnositel inçe çäklerde üýtgeýän erän metallardan durýar diýip çaklanylýar. Ýadrosynyň ρ_e -nyň bahasy köplenç nikel düzümi hasaba alynýan ýokary temperaturaly we basyşly oblasdaky arassa demriň garşylygynyň ýönekeý ekstrapolýasiýa usuly bilen alynýar. Şu şertler üçin köplenç Ýeriň ýadrosynyň ρ_e sy $11 \cdot 10^{-5} - 22 \cdot 10^{-4} \text{ Om} \cdot \text{m}$ çäklerde diýip kabul edilýär.

Ýeriň başga elektromagnit häsiýetleri. Elektrik geçirijiligi geçiriji sredanyň esasy elektrik häsiýetnamasy bolup durýandyr. Dielektrikler üçin şeýle häsiýetnama bolup otnositel dielektrik syzyjylygy ε hyzmat edýär. Ol maddalaryň molekulalarynyň polýar häsiýetlerine, temperatura, konsentrasiasyna we garyndylaryň häsiýetine, şeýle hem daşky meýdanyň ýygylgyna bagly bolup durýar. Distilirlenen, süýji duzsuz we deňiz suwunyň dielektrik häsiýetleri üçin 1-den $2 \cdot 10^4$ MGs ýygylkda takmynan birmeňzeşdir we ε ny ortaça 80 deňdir. Sebäbi süýji suw gowşak elektrolit ergini bolup durýar, onuň ε -si bolsa distilirlenen

suwuňkydan birnäçe ýokarydyr. Süýji suwuň temperaturasynyn 5,5-den 24,0°C çenli ýokarlananda onuň otnositel dielektrik syzyjylygy kiçelýär, 2,652 GGs ýygylkda bolsa ölçenende 80,52-den 77,44 çenlidir. Her kiçi ýygylkda ε bahany ölçenende deňiz we süýji suwuň temperatura baglylygy çyzykly bolýandyr.

Magnit kabul edijiligi χ_m maddalaryň daşky magnit meýdanynyň täsirinde özleriniň magnit momentini üýtgetme ukubyny häsiýetlendirýär. Ähli tebigy maddalaryň χ_m -ny san bahalary we alamatlary boýunça diamagnit, paramagnit we ferramagnite bölýärler. Howa üçin magnit kabul edijiligi praktiki taýdan bire deňdir, ýagny howa daşky magnit meýdana üýtgemeyär. Tebigy suwlar diamagnit maddalara degişlidirler. Olar üçin χ_m onlarça million birliklerden köpräk bolan otnositel ululyk bolup durýar. Ol temperatura we suwuň faza ýagdaýyna baglydyr (2-nji tablisa).

2-nji tablisa. Suwuň magnit kabul edijiligi

Suwuň faza ýagdaýy	Temperatura, K	$\chi_m \cdot 10^{-6}$
Suwuklyk	293	-12,97
Gaty	273	-12,93
Agyrwodorodly:	273	-12,65
suwuklyk	276,8	-12,76
gaty	276,8	-12,54

Diamagnit jisimleriň χ_m nyň otrisatel alamaty (agaç, mramor, aýna, newit, gips, daş duzy, şeýle hem metallar – altyn, kümüş, gurşun, mis we başg.) magnit momentiniň ugrunyň daşky magnit meýdana garşy tarapa ugrukdyrylandygyny häsiýetlendirýär. Bu bolsa diamagnit maddalaryň magnit meýdanynyň täsirinde täsir edýän meýdanyň ugruna ters ugurda magnitlenýändiginiň aňladýar; olar Ýeriň gowşak magnit meýdany döredýärler, ýagny otnositel magnit anomalýalaryny.

3.2.Ýeriň beýleki elektromagnit häsiýetleri

Elektrik geçirijilik geçiriji gurşawlaryň esasy elektrik häsiýetnamasydyr. Dielektrikler üçin bolsa şeýle häsiýetnama bolup göräli dielektrik syzyjylyk ϵ hyzmat edýär. Ol maddanyň molekulalarynyň polýar häsiýetlerine, temperature, garyndylaryň konsentrasýasyna we häsiýetlerine, şeýle hem daşky meýdanyň ýygýlygyna bagly. 1—:den 2×10^4 MGs ýygýlyklar üçin distilirlenen, arassalanan we deňiz suwlary üçin ϵ ortasy 80 deň. 2,652GGs ýygýlykdaky ölçeglere görä temperaturanyň 5,5-den 24°S çenli ýokarlanmagynda arassa suwuň göräli dielektrik syzyjylygy 80,52-den 77,44 çenli azalýar.

Dag jynslary üçin ϵ giň çäklerde üýtgeýär. Dag jynslarynyň dielektrik syzyjylygy olaryň çyg saklaýjylygynyň ýokarlanmagy bilen artýar. Olaryň turşudan esasa geçmeginde, esasy jynslarda plagioklazlaryň we reňkli minerallaryň köplügi sebäpli olar üçin ϵ -ň bahasy ösýär.

Magnit duýujylyk (m/d) ϵ_m daşky magnit momentini täsirinde maddalaryň öz magnit momentini üýtgetmek ukybyny häsiýetlendirýär. ϵ -nyň san bahasyna we alamatyna görä ähli tebigy maddalary diamagnitlere, paramagnitlere we ferromagnitlere bölýärler. Howa üçin magnit duýujylyk bire deň, ýagny howa daşky magnit momentini ýoýmaýar. Tebigy suwlar – diamagnit maddalardyr. Olar üçin ϵ_m otirisatel bahany alýar. Ol suwuň temperaturasyna we faza ýagdaýyna bagly.

Diamagnitlere – agaç, mermer, aýna, nebit, gips, daş duzy, Metallardan-altyn, kúmúş, gurşun, mis we ş/m.

Paramagnitlere – molekulýar kislarod, azodyň oksidi, seýrek ýerleriň duzy, demir toparyň elementleri.

Ferromagnitlere – demir, nikel, kobalt we beýleki metallar, bu metallaryň käbir oksidleri.

Diamagnetleriň otrisatel alamaty daşky magnit momentiniň täsirinde olaryň bu meýdana garşylykly ugurda magnitlenýändigini aňladýar. Olar ýeriň magnit momentiniň gowşamagyna ýagny otrisatel magnit anomaliýalaryny döredýärler.

Paramagnetde magnit duýujylyk položitel we daşky magnit momentin ugry bilen gabat gelýär. Paramagnet duýujylyk maddanyň agrigat halyna, himiki düzümine, temperaturasyna baglylykda adaty $10^{-5} - 10^{-3}$ birlikler aralygynda boýar. Paramagnet maddalary saklaýan dag jynslary uly položitel magnit anomaliýalary döredýärler. Olaryň magnit duýujylygy 1-den sähel uly.

Ferromagnet maddalar güýçli magnitlenmäge ukyply. Olar üçin $\chi_m +$ položitel we birlikleri, käwagtlar 10-lyklary hat-da 1000 birlikleri hem düzýär. Olar berlen meýdanda diamagnet we paramagnetlere garanda 1000000 esse güýçli magnitlenip bilýärler. Ferramagnet maddalaryň barlygy srbäpli magnit momentleri 10-larça we 100-lerçe esse güýçlenýär. Bu ýerde kuwwatly položitel magnit anomaliýalaryň emele gelmegine getirýär. Bu maddalaryň başga bir aýratynlygy olaryň eýe bolan magnitlenmesini saklama ukybydyr.

Ýer gabygynyň we çün ýer jümmüşiniň jynslarynyň magnitlenmesi olaryň düzümi bilen kesgitlenýär we jynsyň magnitlenmesi bilen dykzlygynyň baglanyşygy esasynda bahalandyrylýar. Şol esasyda çökündi dag jynslary ferramagnet maddalary özünde saklamaýan bolsa ol magnitli däl hasaplanylýar. Metamorfik dag jynslary magnitlenmedik we güýçli magnitlenen bolup bilerler. Meselem, slanslaryň magnit duýujylygy $10^{-4} - den - 10^{-3}$ bolup bilýär. Atylyp çykan jynslar has magnitlenen bolýarlar.

3.3. Yeriň esasy magnit meýdany we magnit anomaliýalary

Magnitlenme hadysalary adamzada eýýäm gadym zamanlarda hem belli bolupdyr. Hytaýlylar, araplar, grekler we başga halklar biziň eramyza çenli köp asyrlar öň haýsydyr bir “syrlý daşyň” demir bölegini özüne çekmäge ukybynyň bardygyny bilipdirler. Ilki başda bu daşy gerkules daşy, soňra lidiý daşy, siderit, Magnus daşy we başgalar diýip atlandyrypdyrlar. Ahyrky netijede bolsa bu atlaryň ählisi “magnit” terminine çalşyldy.

Magnit häsiýetlerini ilkinji bolup eýýäm XIII asyrdä “demirgazyk we günorta polýusy” düşünjesini girizen we komposy kämilleşdiren fransuz Petr Peregin öwrenip başlapdyr. Soňky barlaglar magnitde ýokary temperatura şertlerinde demiriň okislenmeginde emele gelýän gara ýa-da mele mineral-magnit demir magdanyny saklaýandygyny görkezýär. Onuň dykzylgy $(4,9...5,2) \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. ol ýer üstünde köp duş gelýär, atylp çykan dag jynslaryna gatnaşýar, kähalatda demir görmüşinde gabat gelinýär; özünde 10% demir saklaýar.

Eýýäm 1000 ýyl öň hytaýlar, meselem Yeriň magnit meýdanynyň bardygy hakda (geomagnit meýdany) belläpdirler. Olara hem edil gadymy Músür we Wawilon halklaryna belli bolşy ýaly, ýagny ýer üstüniň islendik nokadynda magnit strelkany kesgitli bir ýagdaýy eýelemeklige ymtylýar, meselem demirgazyk-günorta ugurlara gabat gelýän. Strelkanyň şol ýagdaýa ýer üstüne görä görnükli bir orun üýtgemesi barlanylmaýar. Bu bolsa berlen nokadyň birnäçe ýakynlygynda birjynsly magnit meýdanynyň bardygyna şaýatlyk edýär. Eger şu magnit strelkasyny ýer üstüniň dürli we biri-birinden aýra ýerlerinde ýerleşdirilse, onda strelkanyň demirgazyk-günorta çyzyga görä birmeňzeş däl ugurlara gönükdirilýändigini bellemek bolar. Bu bolsa Yeriň ulanylmaga degişli bolan ähli üstüni magnit meýdanynyň birjynsly dälidigini aňladýar.

Geomagnit meýdany 25% takyklykda birjynsly magnitlenen şaryň meýdany hökmünde kabul etmek bolar. Onuň H_T

güýjenmesi we ony düzyän Z we H -lar M' magnit momenti we ψ magnit giňişligi bilen berk baglansykly gatnaşykdadyr, ýagny

$$H_T = (M'/r^3)\sqrt{1+3\sin^2\psi}; \quad Z = (2M'/r^3)\sin\psi;$$

$$H = (M'/r^3)\cos\psi, \quad (1)$$

Bu ýerde $M'=ml$; r -şaryň merkezinden gözegçilik edilyän nokada çenli aralyk.

Magnit polýuslarynda $\psi = \pm 90^\circ$ bolýar. Şonuň üçin hem $H=0$, wertikal düzüji Z we meýdanyň H_T güýjenmesi özara deňdirler ($H_T = Z = 2M'/r^3$) we $48,8-55,7$ A/m-den ybaratdyr. $\psi = \pm 90^\circ$ -da ýapgytlanma $I=90^\circ$ deň. Magnit ekwatorunda $\psi = 0^\circ$. Bu ýerde meýdanyň H_T güýjenmesi we gorizantal düzüjisi H özara deňdirler ($H_T = H = M'/r^3$) we $31,8$ A/m-den ybaratdyr. $\psi = 0^\circ$ -da $I=0^\circ$ deňdir.

Şu aýdylanlardan we (1) formuladan ýeriň magnetiziminiň elementleriniň magnit ekwatoryndan magnit polýuslaryna hereketi boýunça manaton üýtgeýär diýen netije çykarmak bolar. Hakykat ýüzünde olaryň üýtgemesi has çylşyrymly häsiýete eýedir, sebäbi ýer üstüniň köp mukdardaky bölekleriniň geomagnit meýdanlary birnäçe kilometrleriň we şeýle-de metrleriň dowamynda birden üýtgemelere duçar bolýarlar. Ýagny magnit anomaliýalary diýip atlandyrylýar.

Magnit anomaliýalaryny lokal (belli bir ýere degişli), regional (birnäçe döwlete degişli) we bütündünýä anomaliýalaryna bölyärler. Adatça lokal anomaliýalary $15-20$ km çenli meýdany tutýar. Olary sebäbi magnit häsiýete eýe bolan dag jynslary bolup durýarlar. Bu jynslar geomagnit meýdanda ýerleşýärler, magnitlenýärler we goşmaça meýdany döredýärler. Demir magdan çykarýan ýatakly we başga ýokary düzümlü ferromagnit mineral jynsly ýerlerde hasda güýçli magnit meýdany döredýärler. Regional magnit anomaliýalary onlarça we yüzlerçe kilometr meýdany tutýarlar. Şeýle anomaliýalary sebäpli bolup hem özleriniň magnit häsiýetleri boýunça dürli

jynslar bolup durýandyr. Kristalliki atylp çykýan (bazaltlar, diabazlar) we metamorfiki (demir elementli kwarsitler we başgalar) jynslary köp mukdarda magnitlenme saklaýarlar we şonuň esasynda hem berlen regionda magnit meýdanyny ýiti güýçlenmesini döredýär. Bütündünýä anomaliýalarynyň tutýan zonasy birnäçe müň kilometrler çenli giňlikdedir, ýagny kontinentler bilen deňeşdirip boljak. Bu anomaliýalaryň sebäbi dolulygyna düşündirilmeýdiki. Diňe olaryň ýüze çykmagynda ýer gabyklarynyň we ýokary mantiýanyň geologiki we fiziki aýratynlyklar esasy rol oýnaýar diýen çaklama bar. Alty sany bütündünýä anomaliýalarynda (1-nji tablisa) tutuşlygyna Aziýa we Ýewropa materiginiň bolsa bölegini öz içine alýan položitel gündogar – aziýa materiginiň anomaliýasy intensiw ýokary derejelidir. Has kuwwatly otrisatel anomaliýanyň merkezi günbatar afrikada ýerleşendir, bu anomaliýa tutuş Afrika we Atlantik ummanynyň bölegine çenli giňelen, ýaýrandyr.

1-nji tablisa. Bütündünýä magnit anomaliýalary

Anomaliýalaryň merkezleriniň ýerleşşi	Döwür 1885ý.			Döwür 1950ý.		
	φ^0	λ^0	$Z \cdot 10^3 \text{ A/m}$	φ^0	λ^0	$Z \cdot 10^3 \text{ A/m}$
Gündogar Aziýa	35	110	+11,06	45	100	+13,93
Günbatar Afrika	0	20	-9,87	0	10	-12,34
Demirgazyk Amerika	42	268	-6,68	40	270	+4,95
Ýuwaş ummanynyň demirgazyk bölegi	45	182	-1,67	50	190	-2,39
Günbatar Ýewropa	60	0	-8,44	70	340	-7,08

Bularyň barysy magnit anomaliýalarynyň özlari bilen tötänleýin däl tebigy hadysalary bolup durýar. Diýmek, bu

anomaliýalar adaty normal hadysalar bolup durýarlar, sebäbi köp giň regionlaryň magnit meýdanyň anomaliýalaryň şol ýa-da beýleki ýüze çykmaýan bir böleginde ýokdur. Megerem, ýerde magnit anomaliýaly ýerler, olarsyz ýerlerden köp bolsa gerek.

Magnit anomaliýalary položitel we otrisatel bolup bilýärler. Olaryň birinjisiniň aglaba köpüsine Demirgazyk ýarym şarynda, ikinjisi bolsa Gündogarda gabat gelinýär.

Ýeriň magnit meýdanynyň gelip çykyşy hakdaky sorag häzirkä güne çenli doly çözüp gutarylmaýdyk bolup galýar, ol ylmy gipotez entek çykmaýar. Muňa garamazdan magnit kartalary we uly regionlaryň aýraşdyrılan kartalary, şeýle-de geomagnit meýdany barlamaklyk mümkinçiligini Ýanowskiýe berdiler. Ol geomagnit meýdanyň birnäçe meýdanlardan, has dogrusy

$$H_T = H_0 + H_M + H_a + H_{BH} + \delta H_{BH} \quad (2)$$

durýandygyny gurnamak başartdy. Bu ýerde H_0 – ýer şaryň birjynsly magnitleme döreden soňky meýdany ýa-da dipol meýdany diýen atlandyrylýan, H_M – Ýeriň çuň gatlaklarynyň birjynsly däldegi bilen şertlenen içki sebäpleriň döredýän dipol däl meýdan; H_a – ýer gabygynyň ýokarky bölekleriniň dürli magnitlenmesiniň döredýän meýdany ýa-da anomal meýdan diýip atlandyrylýan; H_{BH} – daşky sebäpler bilen baglanyşykly çeşme meýdany; δH_{BH} – daşky sebäpleriň döredýän wariasiýa meýdany.

$H_0 + H_M = H$ jem Ýeriň esasy magnit meýdanyny emele getirýär. Anomal meýdan iki sany bölekden, ýagny regional häsiýetli H_p meýdandan, hakyky atlandyrylýşy regional anomaliýa we uly bolmadyk meýdan bilen çäklenen ýerli häsiýetli H_a meýdandan ýagny ýerli (lokal) anomaliýa diýip atlandyrylýandan ybaratdyr.

Ýeriň esasy magnit meýdanynyň tebigatyny ýaňyrakky wagtlarda hem dürliçe düşündirýärdiler. Meselem, H_a meýdany ýer gabygynda, ýeriň mantiýasynda we ýadrosynda ferromagnit materiallaryň barlygy bilen düşündirýärdiler. Bu bolsa geomagnit meýdanyň elektrik toklar bilen dälde, eýsem Ýeriň maddalarynyň magnetizmi bilen baglanyşyklydygyny aňladýar.

Şunlukda hem Ýerde demir massasynyň deňölçegsiz paýlanyşygy birjynsly däl geomagnit meýdany ýa-da magnit anomalýalary döredýär. Bu ferromagnit gipotezasy diýip atlandyrylýan çaklama iki sany ýagdaý sebäpli kabul edilmedi. Olaryň birinjisi dat fizigi Erstedniň (1820ý) elektrik tokly geçirijiniň töwereginde magnit meýdanyň ýüze çykmasyny açandan soň we fransuz fizigi Amperniň (1827ý) magnetizm hadysalaryny Ýeriň içindäki sirkulyar elektrik toklarynyň täsiri sebäpli geomagnit meýdanyň barlygyny açandan soň şeýle ýagdaý ýüze çykdy. Ferromagnit gipotezasyny kabul etdirmezlige syrykdyrýan ikinji ýagdaý bolsa jynslaryň magnetiziminiň geomagnit meýdanyň düşündirmek üçin arassa magnetikden durýan örän inçe üst gatlagynda (30km golaý) magnit massalary jemlenendir diýip kabul etmek zerurdyr. Hakykat ýüzünde bolsa şeýle magnit gabygy bolup bilmez.

Esasy geomagnit meýdanda ýöne uly bolmadyk asyrlar boýy wariasiýa mahsusdyr. Ol özleri bilen birnäçe on ýyllyklaryň we ýüz ýyllyklaryň periodyň dowamynda geomagnit meýdanyň ortaça ýyllyk bahalaryny görkezýärler. Alynan maglumatlar Ýeriň töwereginde üýtgeşmelerde hemmeler meýdan diýip atlandyrylýan periodiklik ýa-da birnäçe asyrlar (500-600 ýyl) bilen deňeşdireniňde takyk sikillige gabat gelinýär. Ýöne ýer magnetiziminiň gidiş elementleri hakdaky dünýäde bar bolan ynamdar maglumatlaryň az wagtylygy sebäpli periodiki asyrlaryň wariasiýalaryna berk kanunalaýyklary goýup bolmaýar. Esasy magnit meýdany ýeterlik çylşyrymly usulda üýtgeýär we ilkinji gödek ýakynlaşmany W. N. Žarkow käbir spektr bilen häsiýetlendirýär. Bu spektrda yrgyldynyň üç ýygylgyny bölmek bolar: periody $7,5 \cdot 10^3$ ýyla degişli esasy, ortaky, periody takmynan 10^3 ýyl we ýokary, periody 10^2 ýyl we azrak ýyl töweregi bolan. Esasy geomagnit meýdanyň yrgyldysynyň ortaça periody pallomagnit we arheomagnit maglumatlara görä 10^3 ýyl töweregidir. Hususy ýagdaýda 550, 700, 1200, 1800 we 7000 ýyl periodlar ýüze çykarlandyr. Arheomagnit maglumatlar geomagnit meýdanyň güýjenmesi soňky 8000 ýylyň dowamynda indiki usul

bilen üýtgäpdir diýip hasaplamaga mümkinçilik berýär: ol köp bahalary biziň eramyzyň başynda alypdyrlar we häzirki wagtdakydan iki gezek köp bolupdyr.

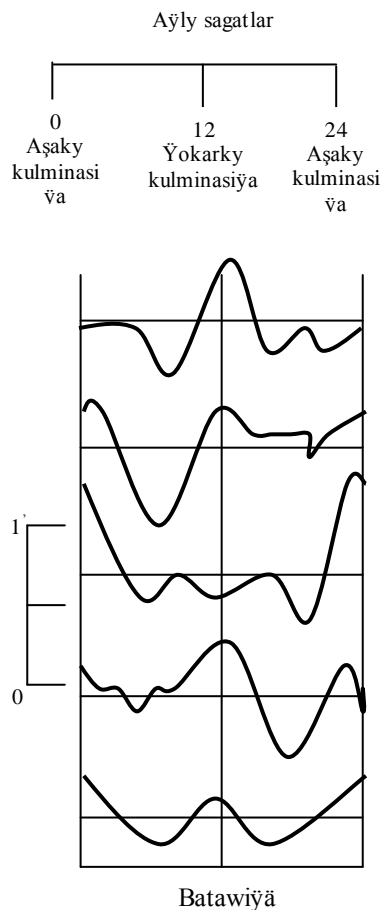
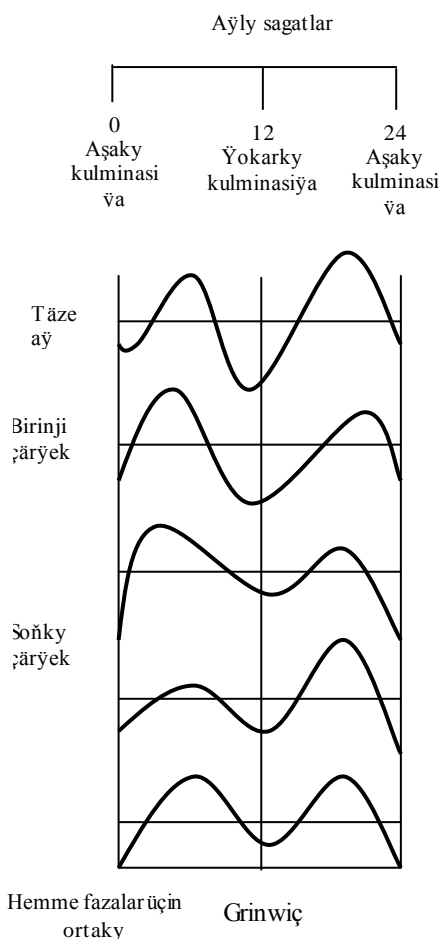
Üýtgeýän (daşky) geomagnit meýdany Ýeriň esasy magnit meýdanyň üstünde goýulýar we onuň wagta görä dürli üýtgemesini döredýär. Olaryň birnäçesi kesgitli kanunalaýyklyga boýun bolup birsydyrgyn bolup geçýärler we asuda (gyşarmadyklar) üýtgeşmeler (wariasýalar) diýip atlandyrylýar, başgaly bolsa tertipsiz häsiýete eýedirler, geomagnit meýdanyň parametrleri (periodlary, ampletudalary, fazalary) birden ýiti we özlerniň bahalaryny üznüksiz üýtgedýärler. Şeýle ýagdaýlarda geomagnit meýdanyň wariasýalaryny gyşarmaly diýip atlandyrylýar.

Sebäplerden we gyşarmadyk wariasýalaryň periodyna (1-nji surat) baglylykda günli-sutkalaýn, aýly-sutkalaýn we ýyllyk klaslara bölünýärler. Günli-sutkalaýn wariasýalar özleri bilen günli sutkasynyň dowamlylygyna deň bolan periodly ýer magnetizmiň elementleriniň üýtgemesini görkezýär.

Aýly-günleýin wariasýalar Aýň agyrylyk güýjenmesi we ýer atmosferasynyň täsiri bilen şertlen ýer magnetizmiň elementleridir. Wariasýanyň periody aýly ýarym güne (12 sagat 25 minut 14sekunt) deňdir, ýagny merdianaly ýerden aýyň iki gezek yzygiderli geçmesindäki aralyk wagtydyr. Bu wariasýalaryň tapawutlandyryjy aýratynlyklary bolup, olaryň elementleriniň egri üýtgeşmeleriniň aýly sutkasynyň dowamynda iki sany maksimuma (iň uly) we minimuma (iň kiçi) baha eýe bolýandygydyr, ýagny Aýly aýyň dowamynda gündelik çalyşýan geçýän momentleridir.

Şeýle-de 1m we ondan hem aza birnäçe milliamper H we Z ampletudaly, perodiki häsiýetli wariasýanyň başga görnüşleri hem bardyr. Şeýle gyşarmalaryň periody sekundyň ýüzden bir

ülüşinden birnäçe minutlaryň çäginde ýerleşýär. Geomagnit meýdanyň şeýle üýtgeşmeleri gysga periodly yrgydyrlar ýa-da magnit pulsasiýalary diýip atlandyrylýar.



1-nji surat
Ýer magnetizminiň elementleriniň aýly-sutkalaýyn
wariasiýalary

Şeýle-de geomagnit meýdany periodiki däl gyşarmany synagdan geçirýär – magnit tupanlary. Şeýle wariasiya wagtynda magnit strelkasy ýiti we duýdansyz tisginýär, käwagtlyk otnositel asudalygyna galýar. Soňra çaltlyk bilen bir tarapdan beýleki bir tarapa iki ýana urunyp başlaýar. Şeýle ýiti yrgydylarda strelkalar

birnäçe gradusa ýetýärler we arakesme bilen birnäçe sagatlara we şeýle-de sutkalara çenli uzalýar.

Magnit tupanlary özüleri bilen häzirlilikçe köp zady düşüniksiz bolan örän çylşyrymly hadysalary görkezýär. Häzirki wagtda olaryň emele gelmesiniň mehanizmi hakda gipotezalaryň hatary bardyr. Şeýle hem, inlis geofizigi Çempen gün bölekleriniň neýtral akymy geomagnit meýdan bilen gabatlaşyp polýarlanýärlar we elektrik toguny döredýärler. Magnit tupanlarynyň emele gelmesiniň mehanizmini hakda başgada çaklamalar bardyr. Günde tegmilleriň emele gelen wagtynda güýçli partlamalaryň we zarýadlanan bölekleriň kuwwatly akymalarynyň zyňlmalary bolup geçýär. Bu bölekleriň güýçlendirilen akymy (gün ýeli) günün ýere öwrülip duran tarapyndaky magnitosferany gysýar. Geomagnit meýdany bu bölekleri tutýar we olary zarýadlary we massalary boýunça sortlaýar (saýlaýar). Magnitosferalaryň gysylmasy zarýadlanan bölekleriň geomagnit meýdana ýer üstünden 1,5-2,0 ýer diametr aralygynda geçýänçä dowam eder. Netijede ýeriň töwereginde radiusy $(23...25) \cdot 10^3 \text{ km}$ töwerekli elektrik kontury emele geler. Bu tokly sistemanyň magnit meýdany esasan we bir wagtda tutuş ýer şaryny öz içene alýan magnit tupanyny döredýär. Şonuň üçin hem magnit tupanlary planetar häsiýete eýedir, ýöne Ýeriň birnäçe yerlerinde olaryň ýüze çykmany ýeriň magnetizminiň elementleriniň yrgyldysynyň ampletudasynyň, başgalarda başga, az ýa-da köp bardygyny görkezýär. Ýerde magnit tupanlarynyň sany gün aktiwligine baglydyr. Magnit tupanlarynyň ýygylgy näçe uly bolsa, şonçada günün aktiwligi uludyr. Ýöne gün aktiwligi we magnit tupanlarynyň sanlarynyň arasynda berk göni baglanyşyk ýokdyr. Gün aktiwliginiň maksimum ýyllarynda bolsa ýylda birnäçe tolkuna gözegçilik edilýär. Ýylyň dowamynda tupanlara güýz we ýaz gije-gündiziň deňleşýän wagtynda ýygdan, gys we tomus günün in gysgalyp başlaýan we uzalyp başlaýan wagty bolsa seýrek gözegçilik edilýär. Magnit tupanlarynyň şeýle içki ýylylyk paýlanmasy ýeriň tekizliginiň ýagdaýyna we ekliptika otnositelde şertlenendir. Sebäbi ýer

ekwatorynyň tekizliginiň gije-gündiziniň deňleşýän periody we ekliptikalar özara gabat gelýärler, ýer üsti gün tegmilleriniň plazmasynyň täsirine has köpräk duçar boljudy. Magnit tupanlarynyň ýüze çykmasynyň esasy kanunalaýyklygy Günüň ýokarky gatlaklarynyň ok boýunça aylanma periodyna degişli bolan olaryň 27 sutkadan gaýtalanmasy bolup durýandyr. Tupanlaryň periodikligi şeýlede gün tegmilleriniň ýüze çykmasyna hem şertlenendir.

Ýer magnetizminiň elementleri amplitudalary örän uly tupanlary wertikal we gorizonta düzüjileri üçin magnit gyşarmasynyň birnäçe gradus bolmagy üçin $-2-4A/m$ we ondan hem köpe ýetýär. Bu amplitudalar geomagnit giňişligine baglydyr: ol näçe az bolsa amplitudada şonça-da azdyr. Tupanlaryň dowamlylygy adaty birnäçe sutkadan durýandyr: örän ulular üçin 1-2 sutka, aralyklar üçin -4-5 sutka deňdir.

3.4. Ýer gatlaklarynyň temperatura meýdany

Ýer gatlaklarynyň esasy parametri - olaryň temperaturalary bolup durýar, ýagny temperatura basyş bilen birlikde köp zatlary kesgitleýär. Mundan başga-da dag jynslary ýer gatlaklarynyň ýylylyk geçirijiligi, elektrik geçirijiligi howanyň temperaturasyna we basyşyna bagly. Ýer gatlaklaryndaky temperaturanyň bahasyny we ýagdaýyny bilmeklik her hili ýer asty tunnelleri, metrolary, şahtalary we şuna meňzeş gazma işlerinde ulanmakda örän möhümdir.

Ýeriň üstüniň temperaturasy wagta görä üýtgeýär durýar ýer asty gatlaklaryň temperaturasy bolsa belli bir wagtda belli bir temperaturany saklamak ukyby bar ýer üstüniň we ýer astynyň gatlaklarynyň hemmesiniň temperaturasynyň üýtgemegi iki sany faktoryň esasynda bellenýär:

1. Suw ýylylyk häsiýetleri;
2. Dag jynslary we ýylylyk çeşmeleri.

Birinji häsiýet ýylylygyň ýer topragynyň gaty ýerlerinde ýaýramagy (ýylylygyň) ýagtylygyň gözbaşy ýeriň

bütewileşmegine hem-de onuň ýer gabygynyň ýokarky gatlaklarynyň temperaturasyny döredýär.

Ähli suwuk dag jynslary düziminiň köp ýylylyk geçirilşi ýer gabygynda atmosferanyň gidrosferanyň köp çyglylygy gidýär. Ony W harpy bilen bellenýär. Köplenç ony prosentlerde onuň massasy we göwrümi aňladylýar. Onuň çyglylyk agram (W_a)-de göwrümi (W_g)-da bellenilýär.

$$W_a - (P_a) (P_g) 100 : W_g = (V_a \setminus V_g) 100$$

Nirede P_a we P_g bar bolsa ol suwuň hemde dag jynslaryň umumy massasydyr. V_a we V_g suwuň hemde dag jynslarynyň göwrümi (miniral jisimler suw we howa) W_a we W_g ähmiýeti olaryň özara gatnaşygy

$$W_a = W_g \gamma_T / [(W_g \gamma_a + \gamma'_T (1 - II))],$$

bu ýerde γ_a we γ_T - deňşlikde suwuň we gaty mineral maddanyň dykzylygy; $II = V_{howa} / V_T$ - dag jynsynyň öýjükliligi; V_{howa} , V_T - dag jynsynyň nusgasynda deňşlikde howanyň we gaty mineral bölejikleriň göwrümi. W_a -nyň bahasy 1-den 55-70% çenli giň aralykda üýtgeýär. Ol dag jynslarynyň şkalasyna hem-de onuň ýylylyk geçirijiligine bagly. Şonuň esasynda suw molekulalarynyň suw ýygnaýjylykly kaplýarlaryny hem-de growitasiýaly bolup biler onuň sklaýjylygy dagjynslarynyň galyňlygyna molekulýar, kaplýar hem-de garawitasiýa güýçlerine baglydyr.

Belli boluşy ýaly esasy dag jynslarynyň ýylylyk häsiýetnamasy onuň ýylylyk sygymy (C), ýylylyk geçirijiligi λ , temperatura geçirijiligi K_t bilen aňladylýar.

Dag jynslarynyň ýylylyk sygymy (C) onuň gyзма hem-de sowama derejesini kesgitleýär. C_p göwrüm we C_{ud} udel ýylylyk sygymlar tapawutlandyrylýar. Olaryň özara baglanyşygy:

$$C_p = \rho C_{ud}$$

Halkara birlikler ulgamynda C_p ululyk $J/(m^3 K)$ we C_{ud} ululyk $J/(kg \cdot K)$ ölçenilýär.

Dag jynslary üç fazaly sreda hökmünde

$$C \rho = C_1 \eta_1 + C_2 \eta_2 + C_3 \eta_3$$

deň bolan ýylylyk sygyma eýedir, bu ýerde C_1 , C_2 , C_3 - deňşlilikde suwuň, gaty mineralyň ýa-da organiki bölejigiň we howanyň göwrüm ýylylyk sygymy; η_1 η_2 η_3 – suwuň, gaty bölejikleriň hem-de howanyň eýeleýän göwrüminiň ültüşleri.

Diýmek, suwun ýylylyk sygymynyň göwrümi ýerdäki ähli elementleriňkiden hem uly we ol deňdir $4,19 \cdot 10^6 \text{ J/(m}^3 \cdot \text{K)}$ minerallaryň aňlatmasy C_1 -de üýtgeýär $1,46 \cdot 10^6$ -dan $2,72 \cdot 10^6 \text{ J/(m}^3 \cdot \text{K)}$ çenli howa üçin C_2 örän az $150,72 \text{ J/(m}^3 \cdot \text{K)}$ şu maglumatlara görä $C_3 < C_2$ -den şonuň üçin C_3 η_3 5,31-nji formulada hasaba almak hem bolýar.

Dag jynslarynyň göwrümi üçin berlen C_2 η_2 deňdir Const görnüşinde kabul edýäris şonuň üçin ýylylyk saklaýjylygyny göwrümi onuň cyglylyk saklaýjylygynyň göwrümi bilen kesgitlenýär. Wo e r täsiri näçe uly hem bolsa şu tablisanyň kömegi bilen barlap bolýar.

Dag jynslary	Dürli göwrüm çyglylykda (%) göwrüm ýylylyk sygymy (1000,J/(m ³ K))				Ýylylyk	
	0	20	50	100	Gury jynslar	Suw bilen üçün edilen jynslar
Çäge	1466,5	1676,0	2011,2	2639,7	0,113	0,460
Toýun	1089,4	1508,4	2266,6	3771,0	0,138	0,879
Torf	838,0	1340,8	2346,4	3938,6	0,193	1,633

Gury dag jynslary üçin ($W_g=0$) C_2 -niň täsiri azalýar şeýle hem II howa boşlugy köpelsede (meselem torf) şonçada C_2

kiçi dag jynslarynyň howanyň hem-de suwuň bolmagy bilen ýylylyk saklaýjylygy ulalýar. Dag jynsy näçe çyg bolsa onuň haýal gyzmagyna getirýär, gury bolsa tersine.

Ýeriň ortaça ýylylyk saklaýjylygy ilkinji ýakynlaşykda indiki görnüşde bolup biler. Geosferanyň esasy içki massany düzýän zatlar şular (TK) ýer gabygy üçin $2,6 \cdot 10^{22}$ kg mantiýa (Tm) $4,0 \cdot 10^{24}$ kg daşky ýadro. $1,85 \cdot 10^{24}$ kg içki ýadro üçin $9,7 \cdot 10^{22}$ kg (Týa= $2 \cdot 10^{24}$ kg) Ýylylyk geçirijilik dürli-dürli bolýar ýagny ol dag jynsynyň düzümine, görnüşine gatylygyna, suwuklygyna balgy bolýar. Dag jynslarynyň görnüşlerinde suwuk jynslar ýylylygy oňat geçirýär, gaty jynslary bolsa tersine örän haýal geçirýär.

Ýylylygyň esasy çeşmesi bolup ilkinji nobatda bize iň ýakyn ýyldyz bolan gündir. Ol ýere şöhle görnüşinde ýylylyk goýberýär. Ol ýeriň ýüzine (daglara, suwa) deň derejede paýlanylýar. Emma olar ýylylygy geçirilşi, saklanylşy boýunça tapawutlanýarlar. Ýagny toprak çalt gyzýar şonüň üçin hem çalt sowaýar, suw onuň tersine haýal gyzýar we haýal sowaýar şol sebäpden suw ýylylyk saklaýjy esasy çeşmedir

Edebiýatlar

1. Gurbanguly Berdimuhamedow, „Türkmenistanda saglygy goraýşy ösdürmegiň ylmy esaslary,” Aşgabat, 2007.
2. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Mälikgulyýewiç Berdimuhamedow. Gysgaça terjimehal. Aşgabat, 2007.
3. „Halkyň ynam bildireni”. Aşgabat, 2007.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow, „Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, halky söýmek bagtdyr”. Aşgabat, 2007.
5. „Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň daşary syýasaty. Wakalaryň hronikasy”. Aşgabat, 2007.
6. Gurbanguly Berdimuhamedow “Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhybelentligiň ýurdy”, Aşgabat, 2007.
7. Gurbanguly Berdimuhamedow. Eserler ýygyndysy. Aşgabat, 2007.
8. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň ýurdy täzeden galdyrmak baradaky syýasaty. Aşgabat, 2007.
9. „Parahatçylyk, döredijilik, progress syýasatynyň dabaralanmagy”. Aşgabat, 2007.
10. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Umumymilli “Galkynyş” Hereketiniň we Türkmenistanyň Demokratik partiýasynyň nobatdan daşary V gurultaýlarynyň bilelikdäki mejlislerinde sözlän sözi.
11. “Täze Galkynyş eýýamy. Wakalaryň senenamasy-2007 ýyl”. Aşgabat, 2008.
12. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
13. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
14. Akbibi Ýusubowa „Beýik Galkynyşyň waspy”, Aşgabat, 2008.

15. Toýlyýew G. „Mehanikadan leksiýalaryň konspekti“, A. 1971, 1972 ý.
16. Toýlyýew G. „Elektrodinamikanyň başlangyçlary“, I, II bölümler, A. 1977, 1978 ý.
17. Ç.Gurbangeldiýew, Ö. Allakow „Mehanika“ A. 2005 ý.
18. Nurgeldiýew A. we başgalar „Molekulýar fizika we termodinamika“ A. 2007 ý.
19. A.Gurbanmuhammedow „Elektrik we magnit hadysalary“, A. 2007 ý.
20. A.Ataýew „Atom we ýadro fizikasy“ A.2006ý.
21. Матвеев А.Н. “Механика и теория относительности”, М., 1976г.
22. Матвеев А.Н. “Молекулярная физика”, М., 1981г.
23. Матвеев А.Н. ”Электричество”, М., 1980г.
24. Матвеев А.Н. ”Оптика ”, М. 1986г.,
25. Сивухин Д.В. “Курс общей физики”, М., 1979г.
26. Савелев И.В. “Курс общей физики”, М., 1988г.
27. Чечкин С.А. “Основы геофизики”, Л., 1991г.
28. Зубов С.М. “Основы геофизики ландшафта”, Минск, 1985г.
29. Трухин В.И., Показеев К.В., Куницын В.Е. “Общая и экологическая геофизика”. Изд-во ФИЗМАТЛИТ 2005г.
30. Трофимова Т. И. “Курс физики” М., 2004
31. Воронов В. К., Подоплелов А. В. “Современная физика”: М.: ,2005.
32. Грибов Л. А., Прокофьева Н. И. “Основы физики”: М.:, 1998.
33. Трофимова Т. И. “Справочник по физике для студентов и абитуриентов”.-М.: , 2001.
34. Gurbanow A., Akmyradow B. “Molekulýar fizika we ýulylyk” A., 1986ý.
35. В.Знаменский, “Полевая геофизика”, М., 1990г.
36. В.К. Хмелевский “Геофизика”, М., 2009г.

Mazmuny

Giriş	7
FIZIKA I.Mehanika.....	10
1.1. Fiziki ululyklar we olaryň ölçenilişi.....	10
1.2.Mehaniki hereket . Hasaplama ulgamy.....	13
1.3. Göniçyzykly deňölçegli we deňölçegsiz hereketler Tizlik we tizlenme.....	15
1.4. Egriçyzykly hereket. Töwerek boýunça hereketiň kinematikasy.....	17
1.5. Dinamikanyň esasy kanunlary.....	19
1.6. Mehaniki iş, energiýa, kuwwat.....	25
1.7. Hidrostatikanyň elementleri.....	35
II.Molekulyar fizika we termodinamika	39
2.1. Molekulyar-kinetik nazaryýetiň esaslary. Ideal gaz kanunlary.....	39
2.2.Termodinamikanyň birinji we ikinji kanunlary.....	45
2.3.Real gazlar	53
III.Elektrik we magnit hadysalary.....	56
3.1.Elektrostatik hadysalar we olaryň kanunlary.....	56
3.2.Elektrostatik meýdanynyň potensialy.....	64
3.3.Geçirijiler we dielektrikler elektrik meýdanynda.....	67
3.4.Hemişelik elektrik togy we onuň kanunlary.....	74
3.5.Magnit meýdany.....	86
3.6.Elektromagnit induksiýa hadysasy.....	89
IV.Optika.....	93
4.1.Ýagtylygyň tebigaty. Ýagtylygyň interferensiýasy.....	93
4.2.Ýagtylygyň difraksiýasy. Ýagtylygyň polýarlanmasy...	97
4.3. Ýagtylygyň dispersiýasy. Ýagtylygyň ýuwdulmagy we dargamagy	104
4.4. Ýylylyk şöhledenme kanunlary	108
4.5. Ýagtylygyň serpinkme we döwürleme kanunlary. Dolý içki serpinkme. Aragatnaşygyň optiki ulgamlary	114
V.Atomyň we atom ýadrosynyň fizikasy.....	121
5.1. Atomyň we atom ýadrosynyň gurluşy.....	121
5.2.Radoişjeňlik.....	128

GEOFIZIKANYŇ ESASLARY

I.Geofizika barada esasy düşüňjeler.....	138
1.1. Geofizikanyň mazmuny we meseleleri.....	138
1.2. Geofiziki gözlegleriň usullary.....	142
1.3. Ýer barada umumy maglumatlar.....	151
II.Geosfêralar we olaryň gurluşy.....	153
2.1. Ýeriň daşky we içki gurluşy.....	153
2.2. Atmosfêranyň gurluşy, formasy we ölçegleri	156
2.3. Gidrosfêranyň düzümi bölekleri.....	164
III. Geofiziki meýdanlar.....	170
3.1. Ýeriň elektromagnit meýdany.....	170
3.2.Ýeriň beýleki elektromagnit häsiýetleri.....	179
3.3. Ýeriň esasy magnit meýdany we magnit anomaliýalary	181
3.4.Ýer gatlalarynyň temperatura meýdany.....	189
Edebiýatlar.....	193