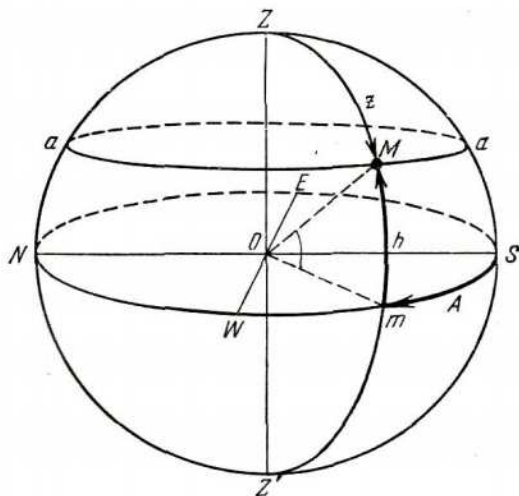


Şeýlelikde, asman sferasynyň merkezinde ýerleşen, göz önüne getirilýän gözegçi hakyky gözegçiniň ýagtyltgyçlary asmanda görüşi ýaly, asman sferasynyň üstünde ýagtyltgyçlaryň özara ýerleşişini görmelidir.

Asman sferasynyň aýlanmasy asmanyň aýlanmasyna meňzeşdir. Asman sferasy asman jisimleriniň görünýän ýerleşiş ýagdaýlaryny we hereketlerini öwrenmek üçin hyzmat edýändir. Degişli ölçegleri geçirmek üçin gerek bolan esasy çyzyklary we nokatlary asman sferasynyň üstünde belleýärler.

Asman sferasynyň O merkezinden geçýän we gözegçilik edilýän nokatda asma çyzygyň ugry bilen gabat gelýän ZOZ' göni çyzyga *asma ýa-da wertikal çyzygy* diýilýär (4-nji çyzgy). Asma çyzygy asman sferasynyň üstüni iki nokatda kesýär: gözegçiniň dik depesinde kesýän nokadyna Z zenit, diametral garşylykly kesme nokadyna bolsa Z' nadir diýilýär.



4-nji surat. Asman sferasy we gorizontal koordinatalar sistemasy.

Tekizligi asma çyzygyna perpendikulýar bolan, asman sferasynyň (SWNE) uly aýlawyna hakyky ýa-da matematiki gözýetim diýilýär. Matematiki gözýetim asman sferasynyň üstüni deň iki: depesi z zenitde ýerleşen, gözegçä görünýän ýarpa we depesi z' nadirde ýerleşen, gözegçä görünmeýän ýarpa bölýär.

Matematiki gözýetimi görünýän gözýetimden tapawutlandyrmak zerurdyr.

M ýagtyltgyjyn üstünden geçýän we tekizligi matematiki gözýetimiň tekizligine parallel bolan, asman sferasynyň kiçi

M. A. ANNAMANOW, H. MELÄÝEW

ASTRONOMIÝA

Ýokary okuw mekdepleriniň talyplary üçin
okuw gollanmasy

Türkmenistanyň Bilim ministrligi tarapyndan hödürlenildi

Aşgabat 2010

aýdylýar.

Geodezik giňlik (belgilenişi ýok) diýip Ýeriň ekwatorynyň tekizligi bilen sferoidiň berlen nokadyna geçirilen perpendikulýaryň (normalyň) aralygyndaky OT_2q burça aýdylýar.

Astronomik gözegçiliklerden diňe astronomik giňligi kesgitläp bolýar. Geodezik we grawimetrik ölçeglerden berlen nokatda asma çyzygyň gyşarmasyny, ýagny asma çyzygynyň normal bilen gabat gelmezligi kesgitlenýär. Bu gyşarma boýunça ϕ astronomik giňlikden geodezik giňligi hasaplanýar. Asma çyzygyň gyşarmasy adatça $3''$ kiçidir (anomal ýerlere degişli däl) we astronomiýanyň meselelerinde astronomik we geodezik giňlikleriň arasynda tapawut etmeýärler. Geosentrik giňlik ony astronomik giňlik bilen baglanyşdyrýan analitik geometriýanyň formulalary boýunça hasaplanylýar. Geosentrik we astronomik giňlikleriň tapawudy $12'$ - dan uly bolmaýar, Ýeriň polýuslarynda we ekwatorynda ol nola deň bolýar.

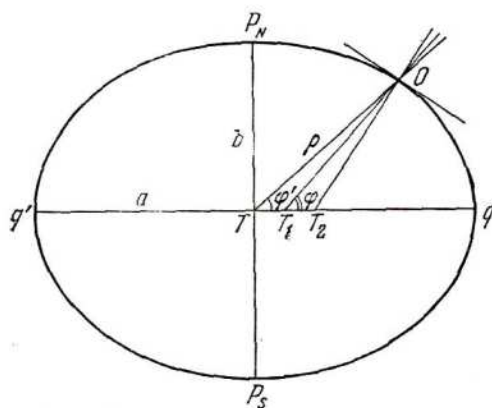
§9. Asman sferasy we onuň bilen baglanyşykly esasy düşünjeler

Asman jisimleriniň görünýän ýerleşiş ýagdaýlary we hereketleri öwrenilende gözegçilik edilyän pursat üçin belli bir takyklyk bilen olaryň ýerleşiş ýagdaýlaryny kesgitlemek zerurdyr. Şonda olara çenli uzaklygy bilmek zerurlygy ýokdur, sebäbi hemme jisimler bize erkin radiusly sferanyň içki üstünde ýerleşen ýaly bolup görünýärler. Şonuň üçin ýagtyltgyçlaryň görünýän ýerleşiş ýagdaýlary diňe ugurlar, özara ýerleşiş ýagdaýlary bolsa ugurlaryň arasyndaky burç ýa-da merkezinden hemme burçlar başlanýan sferanyň uly aýlawlarynyň degişli dugalary bilen kesgitlenilýär.

Merkezi giňişligiň islendik erkin nokadynda ýerleşen, islendik radiusly, üstünde giňişligiň berlen nokadyndan kesgitli wagt pursaty üçin asman jisimleriniň, ýagtyltgyçlaryň asmanda görünýän ýerleşiş ýagdaýlary bellenen sfera asman sferasy diýilýär.

$R=6370\text{km}$ bolan şar görnüşli diýip kabul etmek mümkindir. Ýer üstüniň islendik nokady üçin asma çyzygynyň ugry Ýeriň merkezinden geçer we onuň radiusyna gabat geler. Geografik meridianlar we ekwator, radiusy Ýeriň radiusyna deň bolan birdeň töwerekler (aýlawlar) bolar. Onda Ýer üstüniň islendik nokadynyň geografik giňligi ekwatoradan berlen nokada çenli bolan meridianyň dugasy, geografik uzaklyk bolsa – başlangyç meridiandan berlen nokadyň üstünden geçýän meridiaňa çenli ekwatoryň dugasy bilen ölçenip biliner.

Ýeriň ölçegleri we görnüşi has takyk hasaplanylmalý meseleler çözülende ony massasynyň paýlanylyşy birhilli bolmadyk, aýlanma ellipsoidi (sferoid) görnüşli diýip kabul edýärler. Bu ýagdaýda Ýer üstüniň islendik nokady üçin asma çyzygynyň ugry sferoidiň T merkezinden geçmez (3-nji çyzgy), Ýer ekwatorynyň tekizligini başga T_1 nokatda keser we sferoidiň T merkezini onuň O nokady bilen birleşdirýän ρ radius-wektor bilen gabat gelmez.



3-nji surat. Geografik giňlikleriň dürli görnüşleri.

Berlen nokadyň töwereginde massanyň deňölçegsiz paýlananlygy üçin T_1O asma çyzygy sferoidiň üstüne O nokatda galtaşýan tekizlige geçirilen T_2O perpendikulýara gabat gelmän biler. Şol sebäpli Ýer üstüniň her bir nokady üçin geografik giňligiň astronomik, geosentrik we geodezik görnüşlerini

tapawutlandyrmaly.

Astronomik giňlik (φ) diýip, Ýeriň ekwatorynyň tekizligi bilen berlen nokadyň asma çyzygynyň aralygyndaky OT_1q burça aýdylýar.

Geosentrik giňlik (φ') diýip, Ýeriň ekwatorynyň tekizligi bilen berlen O nokadyň radius-wektorynyň aralygyndaky OTq burça

MAZMUNY

Giriş

§1. Astronomiýa dersi we onuň meseleleri	14
§2. Astronomiýanyň döreýşi we ösüş ýollary	15
§3. Astronomiýanyň bölümleri	17
§4. Astronomik barlaglaryň esasy we çeşmesi	19
§5. Älemiň gurluşy barada umumy düşüňjeler	21

I bap. Asman sferasy barada esasy düşüňjeler

§6. Asman jisimleriniň özara ýerleşşi. Ýyldyz toparlary	24
§7. Ýyldyzlaryň, Günüň, Aýyň we planetalaryň görünýän hereketleri	25
§8. Geografik koordinatalar	28
§9. Asman sferasy we onuň bilen baglanyşykly esasy düşüňjeler	31
§10. Gorizontal we ekwatorial koordinatalar sistemalary	34
§11. Dünýä polýusynyň beýikligi barada teorema	38
§12. Asman sferasynyň aýlanmasy bilen baglanyşykly hadysalar	40
§13. Gije-gündiz hereketinde ýagtyltgyçlaryň koordinatalarynyň üýtgemegi	43
§14. Ekliptika. Ekliptik koordinatalar sistemasy	45
§15. Günüň ekwatorial koordinatalarynyň üýtgemesi	48
§16. Günüň dürli giňliklerde gije-gündiz hereketi	50
§17. Wagt ölçeginiň esaslary	53
§18. Ýyldyz gije-gündizi. Ýyldyz wagty	54
§19. Hakyky Gün gije-gündizi. Hakyky Gün wagty	56
§20. Ortaça Gün gije-gündizi. Ortaça Gün wagty	58
§21. Wagt deňlemesi	59
§22. Wagt hasaplamagyň sistemalary	61
§23. Kalendar	64
§24. Sferik üçburçluk we sferik trigonometriýanyň Formulalary	68
§25. Parallaktik üçburçluk we koordinatalary özgertmek	72
§26. Refraksiýa	74
§27. Gije-gündiz parallaksy	76

§28. Ýagtyltgyçlaryň dogýan we ýaşýan wagtlaryny hem azimutlaryny kesgitlemek	78
---	----

II bap. Planetalaryň görýnýän we hakyky hereketleri

§29. Planetalaryň ýyldyzlaryň arasynda görýnýän hereketleri	81
§30. Ptolemeýiň Älem baradaky taglymaty	83
§31. Kopernigiň Älem baradaky taglymaty	86
§32. Planetalaryň konfigurasiýalarynyň werünyän hereketleriniň düşündirilişi	88
§33. Planetalaryň hereketiniň sinodik we siderik periodlary	89
§34. Kepleriň kanunlary	90
§35. Planetalaryň orbitalarynyň esasy häsiýetnamalary. Nazary astronomiýanyň esasy meseleleri	93
§36. Mehanikanyň esasy kanunlary	97
§37. Nýutonyň bütindünýä dartylma kanuny	98
§38. Dartylma güýjüniň massa we şekile baglylygy	99
§39. Dartylma güýjüniň we agyrlyk güýjüniň toždestwolaýyn deňligi	101
§40. Agyrlyk güýjüniň Ýeriň üstünde üýtgemesi	102
§41. Dartylmanyň tebigaty we tapawutly häsiýetleri	103
§42. Dartylma güýjüniň täsiri astynda material nokadyň hereketi (iki jisim meselesi)	104
§43. Kepleriň birinji (umumylaşdyrylan) kanuny	106
§44. Kepleriň ikinji kanuny	107
§45. Kepleriň üçünji (takyklan) kanuny	108
§46. Tolgunmaly hereket barada düşünje	110
§47. Tolgundyryjy güýç barada düşünje	111
§48. Aýyň hereketini tolgundyryjy güýç	112
§49. Daşgynlar we gaýtgynlar	114
§50. Üç we köp jisim meselesi	118
§51. Neptunyň açylyşy	119
§52. Asman jisimleriniň massalaryny kesgitlemek	120
§53. Ýeriň emeli hemralarynyň hereketi	123
§54. Kosmos apparatlarynyň hereketi	129

demirgazyk (*aa*) we günorta (*dd*) polýar aýlawlary diýilýär.

Tropikleriň aralygynda ýerleşen Ýer üstüne (ekwatory öz içine alýar) yssy ýa-da tropik guşaklyk diýilýär. Demirgazyk tropik bilen demirgazyk polýar aýlawynyň aralygyna demirgazyk aram guşaklyk, günorta tropik bilen günorta polýar aýlawynyň aralygyna bolsa günorta aram guşaklyk diýilýär. Polýar aýlawlaryndan aňyrdaky Ýer üstüne bolsa degişlilikde demirgazyk sowuk we günorta sowuk guşaklyk diýilýär.

Ýeriň geografik polýuslaryndan we *O* nokadyndan geçýän $P_N O O' P_S$ uly ýarymaýlaw *O* nokadyň geografik meridiany diýilýär. Angliýanyň Grinwiç observatoriýasynyň üstünden geçýän $P_N G G' P_S$ geografik meridian nolunjy ýa-da başlangyç meridian hasaplanylýar. Nolunjy meridian we ondan 180° uzaklykda ýerleşen meridian Ýer üstüni gündogar we günbatar ýarymşarlara bölýär.

Ýer üstüniň *O* nokady üçin agyrlyk güýji ugrukdyrylan *TO* göni çyzyga asma ýa-da wertikal çyzyk diýilýär. *O* nokadyň Ýer üstünde ýerleşen ýagdaýy iki geografik koordinatalar – geografik giňlik φ we geografik uzaklyk λ bilen kesgitlenýär.

O nokadyň φ geografik giňligi diýip, Ýer ekwatorynyň tekizligi bilen şol nokatdan geçýän asma çyzygynyň emele getirýän $O' T O$ burça aýdylýar. Eger nokat demirgazyk ýarymşarda ýerleşen bolsa, onda onuň geografik giňligi ekwatoran başlap 0° –dan $+90^\circ$ aralygyndaky bahalary, eger günorta ýarymşarda ýerleşen bolsa, onda ekwatoran başlap 0° –dan -90° aralykdaky bahalary alyp bilýär.

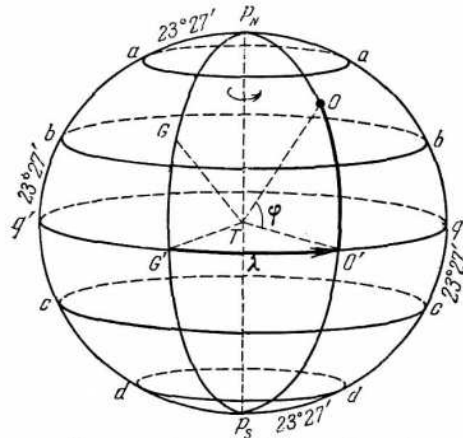
O nokadyň λ geografik uzaklygy diýip, başlangyç, nolunjy meridian bilen şol nokatdan geçýän meridianyň tekizlikleriniň arasyndaky $G' T O'$ burça aýdylýar. Geografik giňligi başlangyç meridiandan gündogarlygyna, Ýeriň aýlanma ugruna hasaplamak kabul edilendir we onuň çägi 0° –dan 360° -a (gradus ölçegde) ýa-da 0^h -dan 24^h -e (sagat ölçegde) çenli aralyklardaky bahalary alyp bilýär. Geografiýada giňlik başlangyç meridiandan gündogarlygyna hasaplananda 0° –dan $+180^\circ$ -e, günbatarlygyna bolsa 0° –dan -180° -e çenli ölçenýär.

Astronomiýanyň köp meseleleri çözülenide Ýer birhilli, radiusy

§8. Geografik koordinatalar

Hemme astronomik gözegçilikler soňky döwre çenli Ýeriň üstünde geçirilýär we gözegçiniň Ýer üstünde ýerleşen ornuna baglydyr. Şonuň üçin geljekde bize gerek boljak käbir geografik düşüňjeleri we adalgalary ýatlap geçeliň.

Ýeriň şar şekilli togalak görnüşi bardyr. Ýeriň aýlanma oky göz önüne getirilýän $P_N P_S$ göni çyzyk, onuň massa merkezinden geçýär we aýlanma oky diýilýär (2-nji çyzygy). Aýlanma oky Ýer üstünü iki nokatda kesýär, ýagny demirgazyk geografik polýusda P_N we günorta geografik polýusda P_S .



2-nji surat. Geografik koordinatalar

Ýeriň aýlanmasy sagat diliniň aýlanýan ugrunyň tersine bolýanyňa demirgazyk geografik polýus diýilýär. Ýeriň üstünde ýerleşen we tekizligi aýlanma okuna perpendikulýar bolan $q'G'O'q$ uly aýlawla Ýer ekwatory diýilýär. Ol Ýer üstünü iki sany: demirgazyk (P_N demirgazyk polýusly) we günorta (P_S günorta polýusly) ýarymşarlara bölýär. Tekizlikleri Ýer ekwatorynyň tekizligine parallel bolan kiçi aýlawlara geografik paralleller diýilýär. Ekwatordan $23^027'$ uzaklykda demirgazykda we günortada ýerleşen bb we cc geografik parallellere degişlilikde demirgazyk tropik we günorta tropik diýilýär. Ýeriň polýuslaryndan $23^027'$ uzaklykda ýerleşen geografik parallellere

III bap. Asman jisimleriniň ululyklaryny, şekillerini we uzaklyklaryny kesgitlemek

§55. Ýeriň radiusynyň kesgitlenilişi. Triangulýasiýa	133
§56. Ýeriň ölçegleri we görnüşi	135
§57. Asman jisimlerine çenli uzaklyklary kesgitlemek	137
§58. Astronomiýada uzaklyk ölçeg birlikleri	139
§59. Gözegçiliklerden günlük we ýyllyk parallaksalaryň kesgitlenilişi	140
§60. Astronomik birliğin kesgitlenilişi	142
§61. Asman jisimleriniň ölçeglerini we şekilini kesgitlemek.	144

IV bap. Ýeriň we Aýyň hereketleri. Tutulmalar

§62. Ýeriň Günün töweregindäki hereketi	146
§63. Ýerde pasyllaryň çalyşmagy	149
§64. Ýeriň öz okunyň daşynda aýlanýanlygynyň subutnamasy	151
§65. Ýeriň okunyň precession we nutasion hereketi	154
§66. Ýeriň okunyň precession hereketiniň netijesi	156
§67. Ýeriň polýuslarynyň hereketi	159
§68. Ýeriň öz okunyň töwereginde aýlanmagynyň deňölçegsizligi. Efemerid wagt	161
§69. Aýyň orbitasy we onuň tolgunmalary	164
§70. Aýyň görünýän hereketi we çärýekleri	165
§71. Aýyň aýlanma periodlary	168
§72. Aýyň öz okunyň töwereginde aýlanmagy we librasiýa	169
§73. Gün we Aý tutulmalary	172
§74. Tutulma pursatlaryny kesgitlemek	175
§75. Tutulmalaryň bir ýylyň dowamyndaky sany. Saros	178

V bap. Amaly astronomiýanyň we fundamental astronomiýanyň esasy meseleleri we gurallary

§76. Amaly astronomiýanyň meseleleri	180
§77. Wagtyň we geografik giňligiň kesgitlenilişi	181
§78. Geografik giňligi φ we sagada düzedişi u kesgilemek	183
§79. φ we λ geografik koordinatalary bilelikde kesgitlemek	186
§80. Ýerdäki jisimiň azimutyny kesgitlemek	188

§81. Fundamental astrometriýanyň meseleleri	189
§82. Ekwatorial koordinatalary (α we δ) kesgitlemegiň absolýut we otnositel usullary	191
§83. Ýyldyzlaryň hususy hereketleri	195
§84. Fotografik astrometriýa	197
§85. Astronomiýa kataloglary we ýyldyz kartalary	199
§86. Burç ölçeýän gurallar. Astronomik turba	201
§87. Uniwersal gural	202
§88. Sekstant	206
§89. Meridian tegelek	208
§90. Passaž guraly	210
§91. Zenit teleskop, prizmalı astrolýabiýa, fotografik zenit turba	212
§92. Astronomik sagatlar we hronometrler	216

VI bap. Astrofizikanyň esaslary

§93. Astrofizikanyň meseleleri we esasy bölümleri	222
§94. Astrofizikada öwrenilýän elektromagnit şöhleleri	223
§95. Astrofotometriýa barada düşünje	227
§96. Molekulýar fizikadan käbir maglumatlar	234
§97. Ýagtylygyň maddadan geçende güýjüniň peselmegi	240
§98. Şöhlenenmäniň häsiýetnamalary we spektral derňewiň esaslary	243
§99. Spektral çyzyklaryň Dopler hadysasyna görä süýşmesi	256
§100. Temperaturany kesgitlemegiň usullary	261
§101. Asman jisimleriniň himiki düzümlerini we dykzlyklaryny kesgitlemek	266

VII bap. Astrofiziki gurallar we gözegçilik etmegiň esasy usullary

§102. Teleskoplar	270
§103. Adamyň gözi kabul ediji hökmünde	289
§104. Astrofotografiýa	290
§105. Şöhlenenmäni fotoelektrik kabul edijiler	294
§106. Spektral abzallar	299
§107. Aerostatlaryň, uçarlaryň we komos apparatlarynyň	

mydama şol bir ýyldyz toparynda bolman, bir gije-gündiziň dowamynda günbatardan-gündogara 13^0 süýşüp, bir ýyldyz toparyndan beýlekisine geçýändigini görkezýär. 12 ýyldyz toparlary boýunça süýşüp, Aý asmanda doly bir aýlawy 27,32 gije-gündizde geçýär.

Dowamly gözegçilikler Günün hem Aýa meňzeşlikde, 12 ýyldyz toparlary boýunça asmanda günbatardan-gündogara ýuwaşlyk bilen süýşýändigini, hereket edýändigini görkezýär. Ýöne onuň tizligi örän kiçidir, ýagny bir gije-gündizde 1^0 töweregi bolup, doly aýlawy bir ýylda geçýändir.

Günün we Aýyň ýollarynyň geçýän ýyldyz toparlaryna zodiak („zoon“ grek sözi, türkmençe haýwan) ýyldyz toparlary diýilýär. Zodiak ýyldyz toparlarynyň atlary: Hamal (Guzy), Sowur (Öküzçe), Jöwza (Ekizler), Seretan (Leňňeç), Eset (Şir), Sünbüle (Gyz), Mizan (Terezi), Akrap (Içýan), Kowus (Keman), Jedi (Owlak), Daluw (Gowa), Hut (Balyk). Gün haýsy ýyldyz toparynda bolsa ol ýyldyz toparyny gözegçilik edip, görüp bolmaýar we diňe takmynan ýarym ýyldan soň gowy görünýär.

Gadym döwürlerde ýyldyz toparlarynyň arasynda daşky görnüşleri boýunça ýyldyzlara örän meňzeş, ýöne olardan tapawutlykda ýyldyz toparlarynda şol bir orunlaryny saklaman, Güne we Aýa meňzeş hereket edýän baş sany asman ýagtyltgyçlaryny anyklapdyrlar. Bu asman jisimlerini *planetalar* diýip atlandyrypdyrlar. Gadymy rimliler planetalara öz hudaýlarynyň atlaryny dakypdyrlar: Merkuriý, Wenera, Mars, Ýupiter we Saturn.

Gün we Aýdan tapawutlykda planetalar zodiak ýyldyz toparlary boýunça wagtyň köp bölegini günbatardan gündogara tarap hereket edýärler, süýşýärler. Ýöne wagtal-wagtal gündogardan günbatara hereket edýärler. Gün we Aýyň hereketine meňzeşlikde, planetalaryň günbatardan gündogara bolan hereketine göni, dogry hereket, gündogardan günbatara bolan herekete bolsa ters, götünleýin hereket diýilýär.

tarapda iň ýokarky nokadynda bolup, günbatarda ýaşýarlar. Şunlukda her bir ýyldyz elmydama gözyetimiň gündogar tarapynyň şol bir nokadyndan dogup, günbatar tarapyň şol bir nokadynda ýaşýandyr.

Egerde ýüzüimizi demirgazyk tarapa bakyp dursak, onda gözegçiliklerden ýyldyzlaryň dogup-ýaşýandygyny, käbir ýyldyzlaryň bolsa hereket etmeýän umumy bir nokadyň töwereginde aýlanyp, doly aýlawlary çyzýandygyny görmek bolýar. Bu nokada dünýäniň demirgazyk polýusy diýilýär.

Dünýäniň demirgazyk polýusynyň çen bilen ýerleşýän ýerini Kiçi Ýediginiň iň ýagty ýyldyzynyň ýerleşşi boýunça kesgitläp bolýandyr. Bu ýyldyz ýyldyz kartalarynda α harpy bilen belgilenýändir we dünýäniň demirgazyk polýusyna ýakyn ýerleşeni üçin Demirgazyk ýyldyzy diýip atlandyrylýandyr. Demirgazyk ýyldyzy bilen dünýäniň demirgazyk polýusynyň aralygy häzirki döwürde 1^0 kiçidir.

Gün we Aý edil ýyldyzlar ýaly gündogarda dogýarlar, günorta tarapda asmanda iň ýokarky nokadyna baryp, günbatarda ýaşýarlar. Ýöne ýyldyzlardan tapawutlylykda, geçirilýän gözegçilikler Günüň we Aýyň ýylyň dürli günlerinde gündogaryň dürli nokatlaryndan dogýandygyny, şeýle hem günbataryň dürli nokatlarynda ýaşýandygyny görkezýär.

Gyş paslynyň başynda Gün günorta-gündogarda dogup, günorta-günbatarda ýaşýandyr. Ýöne gün geçdigiçe onuň dogýan we ýaşýan nokatlary gözyetimiň demirgazyk tarapyna süýşýärler. Şunlukda Günüň günortanyna gözyetimden ýokary galmasy gündünden artýar we gündiziň dowamlylygy artyp, gije gysgalýar.

Tomusnyň başynda demirgazyk-gündogarda we demirgazyk-günbatarda Günüň dogýan we ýaşýan nokatkary käbir çäge ýetensoň, gözyetimiň demirgazyk tarapyndan günorta tarap süýşüp başlaýar. Günüň günortanky beýikligi we gündiziň dowamlylygy kemelip, gijäniň dowamlylygy artýar. Gyşyň başynda Günüň dogýan we ýaşýan nokatlary belli bir çäge ýetip, ýene-de demirgazyga süýşüp başlaýarlar we ýokarda aýdylanlar ýene-de gaýtalanýarlar.

Ýönekeý we dowamly bolmadyk gözegçilikler Aýyň asmanda

astrofiziki barlaglarda ulanylyşy .Radiolokasiya barada düşünj

305

VIII bap. Gün

§108. Gün barada umumy maglumatlar	309
§109. Günüň spektri we himiki düzümi	311
§110. Günüň hemişeligi we onuň ölçenilişi	315
§111. Günüň daşky gatlaklarynyň temperaturasy	317
§112. Günüň içki gurluşy	319
§113. Fotosfera	325
§114. Konwektiw zolak we granulýasiýa	331
§115. Gün atmosferasynyň daşky gatlaklary	333
§116. Hromosfera	334
§117. Gün täji	337
§118. Günüň radiotolkunlary şöhlendirmegi	343
§119. Gün atmosferasynda işjeň emele gelmeler	345
§120. Gün işjeňligi	354

IX bap. Gün sistemasy

§121. Umumy maglumatlar	357
§122. Ýer	359
§123. Ýeriň magnit meýdany. Gün-Ýer arabaglanyşygy	374
§124. Aý	381
§125. Planetalaryň fazalary. Olaryň görünmek şertleri	393
§126. Merkuriý	395
§127. Wenera	398
§128. Mars. Ýere meňzeş planetalaryň gurluşynyň umumy meseleleri	408
§129. Ýupiter	420
§130. Saturn	428
§131. Uran we Neptun. Äpet planetalaryň gurluşynyň umumy meseleleri	431
§132. Kiçi planetalar	434
§133. Kometalar	437
§134. Meteorlar	443
§135. Meteoritler	447

§136. Zodiakal ýagtylyk we garşydan şöhle saçma	451
X bap. Ýyldyzlar	
1. Adaty ýyldyzlar	453
§137. Adaty ýyldyzlaryň spektrleri we olaryň spektrleri boýunça toparlara bölünüşleri	454
§138. Kolorimetriýanyň esaslary	457
§139. Absolýut ýyldyz ululygy we ýyldyzlaryň ýagtylanyjylygy	461
§140. Spektr-ýagtylanyjylyk diagrammasy	464
§141. Ýyldyzlaryň temperaturalary	468
§142. Ýyldyzlaryň ölçeglerini kesgitlemegiň usullary	469
§143. Radius – ýagtylanyjylyk – massa baglanyşygy	471
§144. Ýyldyzlaryň gurluşlary we jümmüşlerindäki fiziki şertler	476
§145. Ýyldyzlaryň umumy gurluşy we atmosferalary	482
2. Planetar dumanlyklar	485
3. Goşa ýyldyzlar	488
§146. Goşa sistemalaryň umumy häsiýetnamalary	489
§147. Wizual-goşa ýyldyzlar	491
§148. Tutulma üýtgeýän ýyldyzlar	493
§149. Spektral-goşa ýyldyzlar	497
4. Fiziki üýtgeýän ýyldyzlar	501
§150. Pulsirläp üýtgeýän ýyldyzlar	502
§151. Eruptiw üýtgeýänler, pulsarlar we neýtron ýyldyzlar	510
§152. Rentgen şöhlelenmeleriniň çeşmeleri	522
XI bap. Biziň Galaktikamyz	
§153. Biziň Galaktikamyza degişli ýyldyzlar	525
§154. Ýyldyzlara çenli uzaklyklary kesgitlemek	527
§155. Galaktikada ýyldyzlaryň paýlanylyşy	528
§156. Ýyldyz toplumlary we assosiasiýalary	534
§157. Ýyldyzlaryň giňişlikdäki tizlikleri we Gün sistemasynyň hereketi	537
§158. Galaktikada ýyldyzlaryň aýlanmasy	540
§159. Ýyldyzara tozanlar	542

ulanylýar. Ondan başgada has ýagty ýyldyzlaryň hususy atlary hem bardyr. Mysal üçin: Uly Köpegiň α ýyldyzynyň ady Sirius, Lira ýyldyz toparynyň α ýyldyzy-Wega, Orion ýyldyz toparynyň α ýyldyzy- Betelgeýze, β ýyldyzy bolsa Rigeldir. Ýyldyzlaryň atlary we bu belgileniş usuly häzirki wagtda hem ulanylýandyr. Emma gadymy astronomlaryň ýyldyzlary toparlara bölüp geçiren araçäklerine üýtgemeler girizilendir. Käbir uly ýyldyz toparlary birnäçe özbaşdak ýyldyz toparlaryna bölünip, ýyldyz toparlary ýagty ýyldyzlar boýunça dälde, ýyldyzly asmanyň meýdançalary boýunça bölünendir. Häzirki döwürde ýyldyzly asman 88 sany meýdança- ýyldyz toparlaryna bölünendir.

Ýyldyz toparlaryndaky ýagty ýyldyzlar asmanda gowşak ýyldyzlary, başga asman jisimlerini tapmak üçin ugur görkezijilerdir. Şol sebäpli asmanda ol ýa-da beýleki ýyldyz toparyny çalt tapmany öwrenmek hökmandyr. Şonuň üçin ýyldyz kartalaryny gowy öwrenip, ýyldyz toparlarynyň ýagty ýyldyzlarynyň emele getirýän şekillerini ýatda saklamak zerurdyr.

§7. Ýyldyzlaryň, Günün, Aýyň we planetalaryň görünýän hereketleri

Bulutsyz gije birnäçe sagadyň dowamynda ýyldyzly asmana gözegçilik edip, ýyldyzly asmanyň hemme ýyldyzlar bilen bütewilikde, gözegçiniň ýerleşen nokadyndan geçýän hyýaly, göz önüne getirilýän okuň daşyndan endigan aýlanýandygyny görüp bolýar. Asmanyň we ýagtyltgyçlaryň aýlawly hereketine gije-gündiz (günlük) hereket diýilýär, sebäbi bir doly aýlaw bir gije-gündiziň dowamynda amala aşyrylýar. Gije-gündiziň dowamynda aýlawly hereket sebäpli ýyldyzlaryň we beýleki asman jisimleriniň gözýetimiň taraplaryna görä ýerleşişleri üýtgäp durýar.

Egerde gözegçi ýyldyzlaryň gije-gündiziň dowamyndaky aýlawly hereketine Ýer şarynyň demirgazyk ýarymyndan günorta tarapa bakyp gözegçilik edýän bolsa, onda ýyldyzlaryň aýlawly hereketi çepden saga, ýagny sagat diliniň aýlanýan ugrunadyr. Ýyldyzlar gözýetimiň gündogar tarapynda dogýarlar, günorta

I bap. ASMAN SFERASY BARADA ESASY DÜŞÜNJELER

§6. Asman jisimleriniň özara ýerleşşi. Ýyldyz toparlary

Ýer üstüniň haýsy nokadynda ýerleşýändigimize garamazdan ähli asman jisimleri - ýyldyzlar, Aý, Gün, planetalar, süýnýän we guýrukly ýyldyzlar bize görä dürli uzaklyklarda hereket edýän hem bolsalar, olaryň hemmesi asman sferasynyň belli bir deň uzaklygynda, ýagny asman sferasynyň iç ýüzünde ýerleşýän ýaly bolup görünýärler.

Gündizine bulutsyz asmanyň mawy reňki bardyr we onda iň ýagty asman jisimini-Güni görüp bolýar. Günden başgada Aýy, käbir ýagdaýlarda bolsa planetalary görmek mümkindir. Bulutsyz gije garaňky asmanda ýyldyzlary, Aýy, planetalary, dumanlyklary, käwagtlar bolsa kometalary (guýrukly ýyldyzlary) we başga jisimleri görmek bolýar. Ýyldyzly asmana gözegçilikler asmanda tertipsiz ýerleşen sansyz köp ýyldyzlaryň bardygyny görkezýär. Hakykatda abzalsyz, gursalsyz ýöne göz bilen seredilende bütin asmanda görüp bolýan ýyldyzlaryň sany alty müňden köp däl, deňişlikde asmanyň ýarysynda üç müňden köp däl.

Asmanda ýyldyzlaryň özara ýerleşişleri örän haýal üýtgeýändir. Has takyk ölçegler geçirmezden ýyldyzlaryň özara ýerleşişlerinde üýtgemeleri yüzlerçe ýyllaryň, köp ýyldyzlar üçin bolsa müňýyllyklaryň dowamynda ýüze çykarmak, anyklamak mümkin däl.

Asmanda ugur kesgitlemek maksady bilen, eýýäm gadym döwürlerde ýagty ýyldyzlary toparlara bölüpdirler. Ýyldyz toparlaryna haýwanlaryň (Ýolbars, Balyk, Aždarha we ş.m.), gadymy rowaýatlaryň gahrymanlarynyň (Kassiopeýa, Perseý, Andromeda we ş.m.), toparyň ýagty ýyldyzlarynyň emele getirýän şkiliniň meňzeýän predmetinin (Demirgazyk täji, Üçburçluk, Terezi we ş.m.) atlary dakylpdyr.

XVII asyrdan başlap her bir toparyň ýagty ýyldyzlaryny grek elipbiýiniň harplary bilen belgiläp başlanylýar. Biraz soňrak ulanylyp başlanan, ýyldyzlary sanlar bilen belgilemek usuly häzirki döwürde esasan hem gowşak ýyldyzlary belgilemek üçin

§160. Ýyldyzara gaz	549
§161. Kosmos şöhleleri. Galaktikanyň täji we magnit meýdany	559
§162. Galaktikanyň umumy düzümi	564

XII bap. Galaktikadan daşary astronomiýa

§163. Galaktikalaryň toparlara bölünişi we spektrleri	567
§164. Galaktikalara çenli uzaklyklary kesgitlemek	573
§165. Galaktikalaryň fiziki häsiýetnamalary	575
§166. Galaktikalaryň ýadrolarynyň işjeňligi we kwazarlar	579
§167. Galaktikalaryň giňişlikdäki paýlanylyşy	583

XIII bap. Asman jisimleriniň gelip çykyşlary we ösüşleri

§168. Kosmogoniýanyň meseleleri	586
§169. Ýyldyzlaryň gelip çykyşlary we ösüş ýollary	587
§170. Galaktikalaryň ösüş ýollary (ewolýusiýasy)	599
§171. Planetalaryň emele gelişleri. Kantýň, Laplasyň, Jinsiň çaklamalary	602
§172. Gün sistemasynyň emele geliş we ösüş ýollary barada häzirki zaman düşüňjeler	605

XIV bap. Kosmologiýanyň esaslary

§173. Kosmologiýanyň esaslary	609
§174. Nýutonyň kanunlaryna esaslanan, birhilli we izotrop Älemiň modeli	612
§175. Relýatiwistik kosmologiýa	616
§176. „Gyzgyn“ Älem modeli	618

Edebiýatlar	625
--------------------	-----

GIRIŞ

§1. Astronomiýa dersi we onuň meseleleri

Astronomiýa asman jisimleriniň we olaryň sistemalary bilen baglanyşykly hadysalary, olaryň hereketlerini, gurluşyny, gelip çykyşyny we ösüş ýollaryny öwrenýän, Älem baradaky ylymdyr.

Astronomiýanyň wezipesi Güni we ýyldyzlary, planetalary we olaryň hemralaryny, guýrukly ýyldyzlary, süýnýän ýyldyzlary, dumanlyklary, ýyldyz sistemalaryny, planetaara we ýyldyzara maddany öwrenmekden ybaratdyr.

Asman jisimleriniň gurluşyny we ösüş ýollaryny, olaryň giňişlikde ýerleşişlerini we hereketlerini öwrenmek bilen, astronomiýa bütin Älemiň gurluşyny we ösüşini düşünmeklige mümkinçilik berýär.

Astronomiýa sözi iki sany grek sözünden ybarat bolup, „astron“ –türkmençe ýyldyz, „nomos“ bolsa kanun diýmekdir, ýagny ýyldyzlar dünýäsiniň kanunalaýyklygyny öwrenýän ylym diýmeklikdir.

Asman jisimleri öwrenilende astronomiýa öz önünde üç sany esasy meseläni goýýar, ýagny:

1. Asman jisimleriniň giňişlikde görünýän, soňra bolsa hakyky ýerleşişlerini we hereketlerini, ölçeglerini we görnüşlerini kesgitlemek.

2. Asman jisimleriniň fiziki gurluşyny, ýagny olaryň üstündäki we jümmüşindäki fiziki şertleri (dykzlygy, temperaturany we ş.m.) we himiki düzümini öwrenmek.

3. Aýry-aýry asman jisimleriniň we olaryň sistemalarynyň gelip çykyşy, ösüşi, geljekki ykbaly bilen baglanyşykly meseleleri çözmek.

Birinji meseläniň soraglary gadym döwürlerde başlanan dowamly gözegçilikleriň we mehanikanyň üç ýüz ýyldan gowrak wagt bäri belli bolan kanunlarynyň esaslarynda çözülýär. Şol sebäpli astronomiýanyň bu bölümünde, esasan hem Ýere ýakyn ýerleşen asman jisimlerine degişli has köp maglumat toplanylandyr.

çäge Günden Alfa Sentawra çenli aralyk ýerleşer. Eger-de ol ölçeg ýene-de 10000 esse kiçeldilse, onda ol 16 kwadrat santimetre Galaktikamyzyň merkezinden Gün sistemasyna ýetýän aralygy ýerleşer. Eger-de ölçeg indi 100000 esse kiçeldilse, onda ol 16 kwadrat santimetre Älemiň 4 milliard ýagtylyk ýyly aralygy ýerleşer.

1-nji surat. Älemiň dürli ölçegli masştablary.

bir çetinden beýleki çetine ýagtylygyň 13,7 milliard ýyla golaý wagtda ýetjekdigini häzirki alnan maglumatlar görkezýär. Giňligi 85 santimetre ýetýän kosmosdaky infra-gyzyl şöhlelere gözegçilik edýän Spitser teleskopynyň kömegi bilen in uzakdaky galaktikalar üýşmeleşiniň suraty alyndy diýlip hasap edilýär. Ol Günden takmynan 9,1 milliard ýagtylyk ýyly uzaklykda ýerleşýär. Şeýlelik bilen, astronomlar Älemdäki in uzakdaky we in köne - garry asman jisiminiň suraty alyndy diýip hasap edýärler. Çünki alnan şekil, ol galaktikalar üýşmeleşiniň hut häzirki döwürden 9,1 milliard ýyl onki ýagdaýynyň görnüşidir diýip çak edýärler. Golaýda Gawaý adalarynda oturdylan in uly we in kuwwatly teleskop hasaplanylýan “Subaru” teleskopynyň kömegi bilen 12,88 milliard ýagtylyk ýyly uzaklykda ýerleşýän galaktikalaryň suratyny almak başardy. Kosmosdaky “Habbl” teleskopynyň kömegi bilen bolsa, galaktikalaryň 13 milliard ýyl mundan ön goýberen şöhesini tutmak başardypdy. Ondan uzakdaky galaktikalaryň suratyny almak ne “Habbl” teleskopyna, ne-de beýleki teleskoplara başardýar. Bu täsin galaktikalara Älemdäki in garry obýektler diýmek bolar. Çünki olar Uly Partlamadan 800-900 million ýyl geçen soň emele gelen asman jisimleridir. Ön in uzakdaky asman jisimi diýlip, Günden takmynan 7 milliard ýagtylyk ýyly uzaklykda ýerleşýän galaktikalar toplумы hasap edilýärdi. Emma Älemiň bize belli bolan çäginin aňyrsynda nämäniň bardygy we ol ýerde nähili fiziki hadysalaryň bolup geçýändigini astronomlara häzirki döwürde mälim däldir.

Dürli masştablardan peýdalanyň, belli bir çäge dürli ululyklaryň ýerleşýändigine göz ýetirmek bolýar (1-nji çyzgy). Meselem, Ahal welaýatynyň ini 40 km, uzynlygy 40 kilometre ýetýän çäginin meýdany 10000 esse kiçeldilen halatynda, onda ol bary-ýogy 16 kwadrat santimetre ýetýän meýdana ýerleşer. Eger Ahal welaýatynyň şol şekili ýene-de 10000 esse kiçeldilse, onda ol 16 kwadrat santimetr çäginde indi Gün sistemasynyň Ýerden Aýa çenli aralygy ýerleşer. Eger-de ol ölçeg ýene-de 10000 esse kiçeldilse, onda ýaňky 16 kwadrat santimetr çäginde Gün sistemasynyň Saturn planetasyna ýetýän aralygy sygar. Eger-de ol ölçeg ýene-de 10000 esse kiçeldilse, onda ol 16 kwadrat santimetr

Asman jisimleriniň fiziki gurluşlary barada toplanan maglumatlar azrakdyr. Ikinji meseläni çözmek soňky yüz ýyldan gowrak wagtda içinde, käbir soraglary çözmek bolsa geçen yüz ýyllygyň ikinji ýarymynda mümkin bolandyr.

Üçünji mesele birinji we ikinji meselelere garanynda çylşyrymlydyr. Bu meseläni çözmek üçin toplanan maglumatlar ýeterlik däldir we astronomiýanyň bu bölümi boýunça biziň bilimimiz häzirki döwürde umumy pikir ýöretmeler we birnäçe çaklamalar bilen çäklenendir.

§2. Astronomiýanyň döreýşi we ösüş ýollary

Asmanda bolup geçýän hadysalar: Günüň we Aýyň dogup ýaşmagy, Aýyň çärýekleriniň (fazalarynyň) wagta görä üýtgemegi, guýrukly we süýnýän ýyldyzlar, Aýyň, Günüň tutulmagy, ýyldyz asmanynyň pasyllara görä çalyşmagy adamlary gadymy zamanlardan bäri gyzyklandyryp gelipdir. Ýyldyzlaryň, Aýyň, Günüň, planetalaryň, süýnýän we guýrukly ýyldyzlaryň gözegçä görä dürli uzaklyklarda hereket edýänligine garamazdan, olaryň hemmesini asman sferasynyň belli bir deň uzaklygynda, ýagny asman sferasynyň iç ýüzünde ýerleşýän ýaly bolup görünýär. Adamlar astronomiýa ylmyna aň ýetirmezden, ekerançylygy, maldarçylygy we durmuş üçin zerur bolan beýleki köp işleri Günüň we Aýyň hereketlerine görä alyp barypdyrlar. Şeýlelik bilen astronomiýa adamzat durmuşynyň talabyna laýyklykda emele gelen in gadymy ylymlaryň biridir. Asman jisimleri baradaky ýazgylaryň ilkinjileri biziň eýýamymyzdan ozalky VIII asyra degişlidir. Ýöne has önki döwürlerde hem adamlar asman jisimleri bilen gyzyklanyp gelipdirler. Hytaý astronomlary biziň eýýamymyzdan 2 müň ýyl ozal Günüň we Aýyň tutuljak wagtynyň hasabyny çykarmagy başarypdyrlar. Üç müň ýyl mundan ozal bolsa Müsüriň ybadathana hyzmatkärleri Nil derýasynyň joşmagyny Ýaldyrak ýyldyzynyň dogýan wagtyna gabat gelýändigini bilen düşündiripdirler. Olar Ýaldyragyň dogan wagtyndan çen tutup, ýylyň dowamlylygyny has takyk

kesgitläpdirler.

Häzirki astronomiýa ylmy bolsa Gün sistemasyna degişli planetalaryň, asteroidleriň, guýrukly hem-de süýnýän ýyldyzlaryň we olardan örän uzakda ýerleşýän ýyldyz toparlarynyň, toplumlarynyň, ýyldyzlar sistemasynyň, ýyldyzara şöhlelenýän we şöhlelenmeýän gazlaryň tebigatyny, hereketini we ösüş ýollaryny öwrenýär.

Astronomiýa ylmyna goşant goşan alymlar. Gadymy grek alymy Gipparh astronomiýanyň ylym hökmünde ýüze çykmagyna uly goşant goşupdyr. Ol takmynan biziň eýýamymyzdan öň 190-125-nji ýyllar aralygynda ýaşap geçipdir. Gipparh ilkinjileriň hatarynda asman jisimlerine yzygiderli gözegçilik edipdir, olary san taýdan öwrenipdir. Ol Günüň we Aýyň göze görünýän hereketleriniň hasabyny ýöredipdir. Aýa çenli uzaklygy we ýylyň dowamlylygyny kesgitläpdir. 850 ýyldyzyň orunlaryny görkezýän ýyldyz katalogyny düzüpdir we ýyldyzlary ýagtylanyjylyklary boýunça 6 topara bölüpdir. Iň ýagty ýyldyza ol 0 dereje, zordan saýgarylýan ýyldyzlara bolsa 6 dereje beripdir. Onuň girizen ýyldyz ululygy (ý.u.) diýen ýagtylyk birliginiň fizikanyň we matematikanyň kanunlaryna laýykdygy hakdaky subutnamalar köp wagtdan soň takyklanylýar. Şol maglumatlara görä, asman jisimleriniň ýagtylygy bir dereje kiçi bolanda, onuň äleme şöhlelenmesiniň mukdary 2,512 esse azalýar. Gipparhyň girizen ýagtylyk birligi henize çenli ulanylyp gelinýär. Gipparh Demirgazyk polýusyň ornunyň üýtgeýänligini hem subut edipdir.

Gipparhdan soň astronomiýanyň ylym hökmünde ykrar edilmegi üçin köp zähmet çekenleriň biri hem biziň eýýamymyzyň 90-160-njy ýyllarynda ýaşap geçen gresiýaly Klawdiý Ptolemeýdir. Ol Älemiň merkezi Ýer diýip hasap edilýän geosentrik sistemasyny, özüniň beýleki asman jisimleri baradaky işleriniň köpüsini, hatda Gipparhyň işlerini hem “Almagest” (“Astronomiýanyň Beýik matematiki gurluşy 13 kitapda”) atly astronomiýadan ilkinji çap edilen sözlüğe girizipdir. “Almagestdäki” asman jisimleri baradaky maglumatlar 14 asyrlap has takyk we giň düşüňjeli maglumatlar diýlip hasap edilipdir. Ptolemeý tarapyndan düzülen ilkinji planetalaryň tablisalarynyň

§5. Älemiň gurluşy barada umumy düşüňjeler

Adam çaga wagty gözyetime Älemiň çägidir öýdýär. Ulaldygyça, onuň bilimi we düşüňjesi artyp, hatda çäksiz gum alaňlarynyň ortasynda ýa-da aňyrsy-bärsi görünmeýan ummanlaryň içinde duran pursatynda hem, bu çäkleriň bary-ýogy Ýeriň üstüniň belli bir gysgajyk aralykdygyna göz ýetirýär. Soňra ol ynsan kowmunyň ýaşap gelyän çäginin mawy Zeminde sähelçe ýerdigine, mawy Zeminiň bolsa Günüň, ýagny bize iň golaý bolan ýyldyzyň töwereginde aýlanýan münlerçe jisimleriniň arasyndaky 8 sany uly planetanyň biridigine akyl ýetirýär. Netijede, adam ýaşaýyşyň Älemde ýekeligini ýa-da ýeke dældigini subut etmek maksady bilen başga planetalary we asman jisimlerini öwrenýär, onda golaýdaky planetalara barmak arzuwy döreýär. Emma häzirlikçe adamzadyň mawy Zeminden uzaklaşmaga ýagdaýy yok. Şonuň üçin diňe Ýerdäki we kosmosdaky alnan maglumatlara görä, ol Älemiň gurluşy barada düşüňjeleri döretmäge mejbur bolýar. Çünki Äleme düşüňmek, olary tükelläp, belli bir netije çykarmak diňe ynsana mahsusdyr. Eger-de gözegçi Ýerden, Günden uzaklaşyp olara ser salsa, onda ol Aýyň, Ýeriň, hat-da Günüň-de şeýle bir uly dældigine göz ýetirip bilerdi. Ekliptikanyň, ýagny Ýeriň hereket edýän tekizliginiň depesine çykyp sereden gözegçi bolsa töwereginde 8 sany uly we münlerçe kiçi planeta aýlanýan täsin Gün sistemasyna syn salardy.

Galaktikanyň tutuş tekizliginiň bir çetine çykyp, oňa nazar salnan halatynda Ýerdäki ösümlikler we haýwanat dünýäsini emele getirip, olary millionlarça ýyllaryň dowamynda saklap gelyän Günüň-de Galaktikanyň 100 milliarddan gowrak ýyldyzlarynyň biridigini we onuň sary reňkli orta ululykdaky ýyldyzdygyny, Galaktikada Günden başga-da dürli reňklerdeki ululy-kiçili ýyldyzlaryň bardygyny anyklap bilerdi. Galaktikanyň çäklerinden çykyp syn edilen halatynda, dürli şekilli, ululy-kiçili galaktikalaryň birgideni ýüze çykarylardy, olaryň belli bir hyýaly merkezden daşlaşma häsiýetiniň bardygy äşgär bolardy. Älem diýlip hasap edilýän giňişligiň, ýagny Metagalaktikanyň ýa-da adamzada mälim bolan ähli asman jisimleriniň ýerleşýän çäginin

düşündürmek, hakykaty anyklamak üçin maglumat almaga mümkinçilik berýär. Köp astronomik hadysalary dogry düşündürmek, bu hadysalary ýüze çykarýan hakyky ýagdaýlary, sebäpleri anyklamak üçin takyk, esasy ölçegleri we hasaplamalary geçgeçirmek zerurdyr.

Mysal üçin, biziň gözümize hemme asman jisimleri birdeň uzaklykda ýerleşen, Ýer hereket etmeýän we Älemiň merkezinde ýerleşen, hemme ýagtyltgyçlar Ýeriň töwereginde aýlanýan, Gün bilen Aý ölçegleri boýunça deň ýaly bolup görünýärler. Diňe geçirilýän düýpli, esasy ölçegler we şol sanda alnan maglumatlaryň çuňlaý derňewi nädogry göz önüne getirmelerden ýüz döndürmeklige kömek edýär.

Asman jisimleri barada alynýan maglumatlaryň esasy çeşmesi, bu jisimler tarapyndan şöhlelendirilýän ya-da serpikdirilýän elektromagnit tolkunlarydyr. Elektromagnit tolkunlarynyň Ýeriň üstüne gelyän ugruny kesgitlemek asman jisimleriniň görünýän ýagdaýlaryny we hereketlerini öwrenmeklige mümkinçilik berýär. Kabul edilýän elektromagnit tolkunlarynyň spektral derňewi (hil we mukdar taýdan) asman jisimleriniň fiziki ýagdaýlaryny we himiki düzümini kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Astronomik barlaglaryň esasy özboluşlygy gözegçilik edilýän hadysalaryň soňky döwre çenli tejribede, eksperimentde goýup, gaýtalap bolmaýanlygy we gözegçilikleriň Ýeriň üstünden alyp barylýanlygydyr. Astronomlar öz islegleri boýunça gözegçilik edilýän, öwrenilýän jisimiň ýerleşen ýagdaýlaryny üýtgedip, ol ýa-da beýleki astronomik hadysalary gaýtalap bilmeýärdiler. 1957-nji ýylda Ýeriň ilkinji emeli hemrasynyň uçurylmagy astronomik barlaglaryň usullarynda düýpli özgertmelere getirdi, ýagny astronomik barlaglaryň täze eýýamy başlandy. Emeli hemralarda, kosmos gämilerinde we stansiýalarynda ýerleşdirilen abzallar we gurallar Ýeriň üstünde alyp bolmaýan gymmatly maglumatlary almaga mümkinçilik berdiler. Asman jisimlerini, tutuş Älemi öwrenmegiň täze usullarynyň döremegi we ösmegi bilen astronomiýa gözegçilik ylmyndan tejribe-gözegçilik ylmyna öwrülendir.

kömegi bilen, şol wagtky adamlara mälim bolan 5 sany ýagty planetanyň, ýagny Merkuriýniň, Weneranyň, Marsyň, Ýupiteriň we Saturnyň asman sferasyndaky orunlaryny 10 minutlyk takyklyk bilen kesgitlemek başardypdyr. Şonuň üçin Ptolemeýiň geosentrik sistemasy 14 asyrlap subutnamasyz dogry diýlip köpler tarapyndan kabul edilipdir. Ptolemeýiň sistemasynyň nädogrulygyny diňe polýak alymy Kopernik subut edipdir. Dogry, Älemiň merkezi Ýer däldigi hakda Kopernikden ozal hem aýdanlar az bolmandyr, emma olara gulak asylmandyr. Ptolemeýiň taglymatlaryna garşy çykanlaryň biri hem häzirki Türkmenistanyň çäginde ýaşap geçen Abu Reýhan Biruny (973-1048) bolupdyr.

Polýak astronomy Nikolaý Kopernik (1473-1543) Älemiň merkezi Gün diýen taglymaty 1524-nji ýylda öňe sürüpdir. Onuň geliosentrik sistemasy asman jisimleriniň hereketleri hakda bar bolan nätakyk düşüňjeleri aradan aýrypdyr.

Ybadathana işgäri bolan Jordano Bruno (1548-1600) bolsa Kopernigiň Älemiň merkezi Gün diýen sistemasyny derňäp, Gün hem asmanda görünýän ýyldyzlaryň biridir, Älem çäk-gyrasyzdyr diýlen netijä gelipdir. „Älem çäksizdir“ diýen sözleri üçin ybadathana işgärleri ony otda ýakmak hakda höküm çykarýarlar. 1600-nji ýylda Jordano Brunony hile bilen Italiýa getirip, ony otda yakypdyrlar.

Ulugbek, G.Galileý, E.Galley, I.Nýuton, I.Kepler ýaly astronomlar astronomiýanyň mizemez ylmy sütünlerini guran alymlardyr.

§3. Astronomiýanyň bölümleri

Häzirki zaman astronomiýasy bir-biri bilen jebis baglanyşygy bolan we belli bir derejede bölünişleri şertli bolan birnäçe sany özbaşdak bölümlere bölünýändir.

Astronomiýanyň esasy bölümleri:

1.Astrometriýa giňişlik we wagt ölçemek baradaky ylymdyr.

Ol : a) dürli koordinatalar sistemasynyň kömegi bilen asman jisimleriniň görünýän ýagdaýlaryny we hereketlerini

kesgitlemegiň matematiki usullaryny, şeýle hem ýagtyltgyçlaryň koordinatalarynyň wagtyň geçmegi bilen kanunalaýyk üýtgemeleriniň nazaryýetini işläp düzýän *sferik astronomiýadan*; b) gözegçiliklerden asman jisimleriniň koordinatalaryny kesgitleýän, ýyldyz kataloglaryny düzmek we esasy astronomik hemişelikleriň san bahalaryny kesgitlemek, ýagny ýagtyltgyçlaryň koordinatalarynyň kanunalaýyk üýtgemelerini hasaba almaga mümkinçilik berýän ululyklary kesgitleýän *fundamental astrometriýadan*; ç) geografik koordinatalary, azimuty, takyk wagty kesgitlemegiň usullaryny we ulanylýan abzallaryň ýazgylaryny berýän *amaly astronomiýadan* ybaratdyr.

2. Nazary astronomiýa asman jisimleriniň görünýän ýagdaýlary boýunça olaryň orbitalaryny kesgitlemegiň usullaryny we asman jisimleriniň orbitalarynyň belli bolan elementleri boýunça olaryň görünýän ýagdaýlaryny hasaplamagyň usullaryny işläp düzýändir.

3. Asman mehanikasy bütindünýä dartylma kanuny esasynda asman jisimleriniň hereket kanunlaryny öwrenýär, olaryň massalaryny we şekillerini, asman jisimleriniň sistemalarynyň durnuklylygyny kesgitleýär.

Bu üç bölüm astronomiýanyň birinji meselesini çözüändir we olara köplenç klassik astronomiýa diýilýär.

4. Astrofizika asman jisimleriniň gurluşyny, fiziki häsiýetlerini we himiki düzümini öwrenýär.

Astrofizika iki bölümden ybaratdyr: a) amaly astrofizika bölümünde astrofiziki barlaglaryň amaly usullary, enjamlary we gurluşlary işläp düzülýär we ulanylýar; b) nazary astrofizika bölümünde fizikanyň kanunlarynyň esasynda gözegçilik edilýän fiziki hadysalar düşündirilýär.

Astrofizikanyň asman jisimleriniň we ýyldyzara sredanyň radioşöhlenenmesini radiofiziki usullary peýdalanylýan öwrenýän bölümi radioastronomiýa ady bilen bellidir.

5. Ýyldyz astronomiýasy ýyldyzlaryň, ýyldyz sistemalarynyň we ýyldyzara maddanyň hereketiniň giňişlikde paýlanyşynyň kanunalaýyklygyny olaryň fiziki özboluşlyklaryny hasaba almak bilen öwrenýär.

Astrofizika we ýyldyz astronomiýasy bölümlerinde astronomiýanyň ikinji meselesi çözülýär.

6. Kosmogoniýa asman jisimleriniň we olaryň sistemalarynyň, şol sanda Gün sistemasynyň emele gelmegini we ösüş ýollaryny öwrenýän bölümdir.

7. Kosmologiýa Älemiň gurluşynyň we ösüşiniň umumy kanunalaýyklyklaryny öwrenýän bölümdir.

Asman jisimleri barada alnan hemme bilimleriň esasynda soňky iki bölümde astronomiýanyň üçünji meselesi çözülýär.

Astronomiýanyň beýleki ylymlar bilen arabaglanyşygy. Astronomiýanyň beýleki ylymlar bilen baglanyşygy inňän uludyr, çünki astronomiýa sapagy orta mekdepleriň okuwçylaryna berilýän fizika-matematika bilimleriniň dowamydyr. Astronomiýa ylmy fizika, matematika, himiýa we beýleki tebigat ylymlary esasynda döredilen, Älem baradaky ylmyň özboluşly sütünüdir. Asman jisimlerini öwreniş işleri tebigat baradaky beýleki ylymlaryň gazananlary esasynda alnyp barylýar.

Astronomiýanyň halk hojalygynda tutýan orny. Äleme şöhle saçýan asman jisimleri gadym zamanlardan bäri öz hereketleri bilen adamlary haýran galdyrypdyr, şol bir wagtyň özünde-de asman jisimleri dagda, düzde, çölde we deňizde ugur görkeziji bolup hyzmat edipdir. Gije-gündiziň çalyşmagy, Aýyň çärýekleriniň üýtgemegi, passyllaryň özgermegi bolsa adamlary öz işlerini asman jisimleriniň hereketlerine görä gurnamaga mejbur edipdir. Asman jisimleriniň hereketlerine esaslanyp, hasaplanylýan wagtyň we düzülýän senenamalaryň halk hojalygyndaky tutýan orny inňän uludyr. Geografik we topografik kartalar düzülende, deňiz daşgynlary we gaýtgyňlary hasaplanylýanda, dürli nokatlar üçin Ýeriň dartuş güýjüniň üýtgeýşi ölçelende we gazylyp alynýan magdanlar gözlenilende, astronomiýa ylmyňyň degişli bölümleri ulanylýar.

§4. Astronomik barlaglaryň esasy we çeşmesi

Astronomiýanyň esasy- gözegçiliklerdir. Gözegçilikler Älem giňişliginde bolup geýýän astronomik hadysalary dogry

Gündelik durmuşda dekret ýa-da guşaklyk wagtyňa köplenç “ýerli” wagt diýilýär we ony astronomiýada ulanylýan ýerli wagt diýen düşünje bilen bulaşdyrmaly däl.

Uzak wagt aralyklaryny hasaplamak üçin niýetlenen sistema kalendar diýilýär. Adamzadyň köp asyrylyk taryhynda kalendarlaryň köp dürli görnüşleri düzülendir we ulanylandyr. Muňa garamazdan, hemme kalendarlary üç esasy görnüşe bölmek mümkindir: Gün, Aý we Aý-Gün kalendarlary. Gün kalendar tropik ýylyň dowamlylygyna, Aý kalendar sinodik aýyň dowamlylygyna, Aý-Gün kalendar bolsa bu hadysalaryň ikisiniň hem periodlaryna esaslanandyr.

Gün kalendarynyň, öň belleýşimiz ýaly, esasy ölçeg birligi bolup tropik ýyl kesgitlenendir. Tropik ýylyň dowamlylygy orta Gün gije-gündizlerinde 365,2422, ýa-da 365 gije-gündiz 5sagat 48 minut 46 sekunda ($365^g\ 5^h\ 48^m\ 46^s$) deňdir. Gün kalendarý düzülen-de iki şertli ýerine ýetirilmegi hökmanydyr:

2) kalendar ýyly özünde gije-gündizleriň bitin sanyny saklamalydyr. Eger bu şert ýerine ýetmese ýylyň başy gije-gündiziň dürli wagtlaryna (irdene, gündize, agşama we ş.m.) gabat geler.

Aleksandriýaly astronom Sozigen tarapyndan işlenip düzülen we Ýuliy Sezar tarapyndan biziň eýýamymyzdan ön 46-njy ýylda ulanylyp başlanan kalendarda bu şertler aşaky ýönekey düzgüni ýerine ýetirmek bilen saklanylýar:

Asman sferasynyň zenitden, M ýagtylgyçdan we nadirden geçýän uly ýarymaýlawyna (ZMZ) ýagtylgyjyň *beýikliginiň aýlawy*, *wertikal aýlawy* ýa-da *ýöne aýlawy* diýilýär.

Tekizligi asman sferasynyň tekizligine parallel bolan, asman sferasynyň (bMb) kiçi aýlawyna M ýagtyltgyjyň *asman ýa-da gije-gündiz paralleli* diýilýär. Ýagtyltgyjyň gije-gündiziň dowamynda görüňň hereketleri gije-gündiz parallelleri boýunça amala aşyrylýandyr.

Dünýä polýusyndan we M ýagtyltgyçdan geçýän, asman sferasynyň PMP' uly ýarym töweregine ýagtyltgyjyň *sagat aýlawy* ýa-da *ýapgytlyk aýlawy* diýilýär.

Asman ekwatory matematiki gözýetim bilen iki nokatda: gündogar E nokatda we günbatar W nokatda kesişýär. Gündogaryň we günbataryň nokatlaryndan geçýän beýikligiň aýlawlaryna *birinji wertikallar*, ýa-da deňşililikde *gündogar we günbatar wertikallar* diýilýär.

Tekizligi asma çyzygyndan we dünýä okundan geçýän, asman sferasynyň $PZQSP'ZQ'N$ uly aýlawyna *asman meridiany* diýilýär.

Asman meridiany asman sferasynyň üstüni iki sany: *gündogar* (E gündogar nokady bilen) we *günbatar* (W günbatar nokady bilen) ýarymsfera bölýär.

Asman meridianynyň tekizligi we matematiki gözýetimiň tekizligi NOS göni çyzyk boýunça kesişýär we oňa *günortan çyzygy* diýilýär.

Asman meridiany matematiki gözýetim bilen iki nokatda: demirgazygyň N nokadynda we günortanyň S nokadynda kesişýär. Dünýäniň demirgazyk polýusyna golaýyna *demirgazyk nokat*, dünýäniň günorta polýusyna golaýyna bolsa *günorta nokat* diýilýär.

Asman meridiany asman ekwatory bilen hem iki nokatda: günorta nokada ýakyn ýerleşen, ekwatoryň ýokarky Q nokadynda we demirgazyk nokada ýakyn ýerleşen, ekwatoryň aşaky Q' nokadynda kesişýär.

Asman meridianynyň $PZQSP'$ dugasy onuň ýokarky, $PNQ'Z'P'$ bolsa aşaky bölegidir.

§10. Gorizont we ekwatorial koordinatalar sistemalary

Ýagtyltgyjyň asmanda, ýa-da haýsy hem bolsa bir nokadyň sferada ýerleşşi asman sferasynyň esasy tekizliklerine we olar bilen baglanyşykly çyzyklaryna, nokatlaryna görä anyk kesgitlenýändir hem-de asman koordinatalary diýilýän iki ululyk (merkezi burçlar ýa-da uly aýlawlaryň dugalary) bilen

wagtynyň tapawudy (1.26) aňlatmanyň soňky deňlemesine deňdir:

$$T_m - T_n = \lambda - n^h. \quad (1.28)$$

Bu ýerde λ -nokadyň Grinwiçden gündogar uzaklygy, n^h -nokadyň ýerleşen sagat guşaklygynyň belgilenen sanyna deň bolan bitin sagatlaryň sany (sagat guşaklygynyň esasy meridianynyň uzaklygy). Sagat guşaklyklarynyň araçäkleriniň esasy meridianlardan takmynan $7^0,5$ uzaklykda ýerleşýändigleri üçin ($T_m - T_n$) tapawut $\pm 30^m$ töweregi bolup biler we diňe sagat guşaklyklarynyň araçäklerine ýakyn ýerler üçin biraz uly bolmagy mümkin.

Berlen n guşaklygyň guşaklyk wagty bütindünýä wagty bilen arabaglanyşygy:

$$T_n = T_o + n^h. \quad (1.29)$$

Dürli nokatlaryň guşaklyk wagtlarynyň tapawudynyň ýerleşen sagat guşaklyklarynyň belgilenen sanlarynyň tapawudyna deň bolan bitin sagada deňdir.

4. Dekret wagty.

Edara-kärrhanalary we ýaşayyş jaýlaryny ýagtylandyrmak üçin harçlanýan elektrik energiýasyny has tygşytly paýlamak, tomus aýlary gündiziň ýagty wagty doly peýdalanmak maksady bilen köp döwletlerde guşaklyk wagtyň üstüne bir sagat goşular, ýagny guşaklyk wagty boýunça işleýän sagatlaryň dilini 1^h öňe süýşürýärler.

Wagty süýşürmek ýörite görkezme boýunça amala aşyrylýar. Öňki SSSR döwletiniň hökümetiniň 1930-njy ýylyň 16-njy iýunyndaky karary (dekreti) bilen ýurduň ähli sagat guşaklyklarynda sagat dili guşaklyk wagtyndan 1sagat öňe süýşürildi. Bu wagt dekret wagty diýip atlandyryldy. Islendik ýer üçin T_d dekret wagtynyň, T_n guşaklyk wagtynyň we T_o bütindünýä wagtynyň aralarynda baglanyşyk bardyr:

$$\left. \begin{aligned} T_d &= T_n + I^h \\ T_d &= T_o + n^h + I^h \\ T_d &= T_m - \lambda^h + n^h + I^h \end{aligned} \right\} \quad (1.30)$$

Angliýa 1967-nji ýylda dekret wagtyna geçendir, ýagny nolunjy sagat guşaklygynda ýerleşýändigine garamazdan birinji sagat guşaklygynyň wagtyna geçendir. Bu wagta Angliýada

bütindünýä wagty ulanmak amatsyzdyr. Ýerli orta Gün wagty ulanmagyň amatsyzlygynyň sebäbi wagt hasaplamagyň ýerli sistemalarynyň sansyz köplügidir, ýagny geografik meridianlaryň sanyna deňdir. Şonuň üçin ýerli wagtda bellenen wakalaryň we hadysalaryň yzygiderligini kesgitlemek üçin, bu wakalaryň we hadysalaryň bolup geçen pursatlaryndan başga-da meridianlarynyň uzaklyklarynyň tapawudyny bilmek zerurdyr.

Bütindünýä wagtynda bellenen wakalaryň we hadysalaryň yzygiderligini kesgitlemek ýeňildir. Ýöne bütindünýä wagty bilen Grinwiç meridianyndan has uzakda ýerleşen meridianlaryň ýerli wagtalarynyň uly aratapawudy bütindünýä wagtynyň gündelik durmuşda ulanylmagyny çylşyrymlaşdyrýar.

1884-nji ýylda orta wagt hasaplamagyň guşaklyk sistemasy teklipl edilýär. Bu sistema boýunça wagt hasaplamak biri – birinden uzaklygy 15^0 (ýa-da 1^h) bolan, diňe 24 sany esasy geografik, ýagny sagat guşaklygynyň merkezinden geçýän, meridianlar boýunça ýöredilýär. Sagat guşaklygy diýip, esasy meridianlardan takmynan $7^0,5$ uzaklykda ýerleşen, demirgazyk polýusdan başlap günorta polýusa çenli geçýän çyzyklar bilen Ýer üstüniň şertli bölünen meýdançalaryna aýdylýar. Bu çyzyklar, ýa-da sagat guşaklyklarynyň araçäkleri diňe ummanlarda, deňizlerde we ilatsyz ýerlerde takyk geografik meridianlar boýunça geçýändir. Galan ýagdaýlarda sagat guşaklyklarynyň araçäkleri döwlet, administratiw-hojalyk, geografik serhetler boýunça ,degişli meridianlardan eýläk ýa-da beýläk süýşüp geçýändir. Sagat guşaklyklary 0-dan 23 e çenli sanlar bilen belgilenendir. Grinwiç meridiany nolunjy sagat guşaklygynyň esasy meridianydyr. Birinji sagat guşaklygynyň esasy meridiany Grinwiç meridianyndan 15^0 gündogardan, ikinji- 30^0 , üçünji- 45^0 we ş.m.23-nji sagat guşaklygynyň esasy meridianynyň uzaklygy 345^0 -a deňdir(günbatar uzaklygy 15^0).

Islendik sagat guşaklygynyň esasy meridianynyň ýerli orta Gün wagtyna guşaklyk wagty diýilýär we T_n bilen belgilenýär. Şol guşaklygyň çäginde ýerleşen hemme ýerlerde wagt hasaplamak guşaklyk wagty boýunça ýöredilýär.

Islendik nokadyň ýerli wagty T_m orta wagt bilen T_n guşaklyk

aňladylýandyr.

Astronomiýanyň dürli meselelerini çözmek üçin asman koordinatalar sistemalarynyň dürli görnüslerinden peýdalanylýar. Bu sistemalar bir-birlerinden esasy tekizligiň we hasabyň başlangyjynyň saýlanylyşy bilen tapawutlanýarlar.

Gorizont koordinatalar sistemasy

Gorizont koordinatalar sistemasynyň esasy tekizligi bolup matematiki gözýetimiň tekizligi *NWSE* hyzmat edýär, hasabyň başlangyjy zenitden we matematiki gözýetimiň nokatlarynyň birinden başlanýar (4-nji çyzgy).

Bir koordinatasy bolup z zenit aralygy ýa-da ony çalyşýan, ýagtyltgyjyň gözýetimden h beýikligi hyzmat edýär.

M ýagtyltgyjyň h beýikligi diýip, wertikal aýlawyň matematiki gözýetimden M ýagtyltgyja çenli bolan mM dugasyna ýa-da matematiki gözýetimiň tekizligi bilen M ýagtyltgyja tarap ugruň emele getirýän mOM merkezi burçuna aýdylýar.

Eger ýagtyltgyç asman sferasynyň görünýän böleginde ýerleşen bolsa, onda onuň beýikligi zenite tarap hasaplanýar we onuň ululygy 0^0 - dan $+90^0$ - a çenli bahalary alyp biler. Eger ýagtyltgyç asman sferasynyň görünmeýän böleginde ýerleşen bolsa, onda onuň beýikligi nadira tarap hasaplanýar we onuň ululygy 0^0 - dan -90^0 - a çenli bahalary alyp biler.

M ýagtyltgyjyň z zenit aralygy diýip wertikal aýlawyň Z zenitden ýagtyltgyja çenli bolan ZM dugasy ýa-da asma çyzygy bilen M ýagtyltgyja tarap ugruň emele getirýän ZOM merkezi burçuna aýdylýar. Zenit aralyklary zenitden nadira tarap ugurda hasaplanýlar we onuň ululygy 0^0 - dan 180^0 - a çenli bahalary alyp bilýär. Asman sferasynyň görünýän böleginde ýerleşen ýagtyltgyçlar üçin $z \leq 90^0$, görünmeýän bölegindäki ýagtyltgyçlar üçin $z > 90^0$.

Şol bir ýagtyltgyjyň zenit aralygy we beýikligi üçin

$$z + h = 90^0 \quad (1.1)$$

gatnaşyk dogrudyr.

Şol bir almukantaratda ýerleşen ýagtyltgyçlaryň beýiklik koordinatalary deňdir we zenit aralyklary deňdir.

Beýiklik ýa-da zenit aralygy ýagtyltgyjyň wertikal aýlawdaky

ýerleşişini kesgitleýär.

Wertikal aýlawyň özüniň asman sferasyndaky ýerleşişini bolsa A azimut koordinata ululygy bilen kesgitlenýär.

M ýagtyltgyjyň A azimuty diýip matematiki gözýetimiň günorta S nokatdan ýagtyltgyjyň üstünden geçýän wertikal aýlawda çenli bolan Sm dugasyna ýa-da günortan çyzygynyň we ýagtyltgyjyň üstünden geçýän wertikal aýlawyň tekizliginiň matematiki gözýetimiň tekizligi bilen kesişme çyzygynyň aralygyndaky merkezi SOM burça aýdylýar.

Azimutlar asman sferasynyň aýlanýan ugry boýunça, ýagny S günorta nokatdan günbatara tarap hasaplanylýarlar we olaryň ululyklary 0^0 –dan 360^0 -a çenli bahalary alyp bilýärler. Azimutyň günorta S nokatdan günbatarlygyna 0^0 –dan $+180^0$ - a çenli (günbatar azimut) we gündogarlygyna ululyklary 0^0 –dan -180^0 -a çenli (gündogar azimut) hasaplanylýan wagtly hem bolýar.

Şol bir wertikal aýlawda ýerleşen ýagtyltgyjylaryň azimutlary deňdir.

Birinji ekwatorial koordinatalar sistemasy.

Bu koordinatalar sistemasynyň esasy tekizligi bolup asman ekwatorynyň QQ' tekizligi hyzmat edýär, hasabyň başlangyjy bolsa asman ekwatorynyň nokatlaryndan başlanýar (5-nji çyzygy).

Koordinatalarynyň biri ýagtyltgyjyň δ ýapgytlygydyr. M ýagtyltgyjyň δ ýapgytlygy diýip $PMmP'$ sagat aýlawynyň asman ekwatoryndan ýagtyltgyja çenli bolan mM dugasyna ýa-da asman ekwatorynyň tekizligi bilen ýagtyltgyja tarap ugruň emele getirýän merkezi mOM burçuna aýdylýar.

Ýapgytlyk koordinatasy dünýäniň demirgazyk polýusyna tarap hasaplananda (ýagtyltgyç asman sferasynyň demirgazyk ýarym sferasynda ýerleşen bolsa) onuň ululygy 0^0 –dan $+90^0$ a çenli bahalary, eger-de dünýäniň günorta polýusyna tarap hasaplananda (ýagtyltgyç asman sferasynyň günorta ýarym sferasynda ýerleşen bolsa) onuň ululygy 0^0 –dan -90^0 a çenli bahalary alyp bilýär.

Seýrek ýagdaýlarda δ ýapgytlyk polýar aralyk bilen çalşyrylýar, ýagny sagat aýlawynyň dünýäniň demirgazyk polýusyndan ýagtyltgyja çenli bolan PM duga ýa-da dünýäniň oky bilen ýagtyltgyja tarap ugruň emele getirýän merkezi POM

§22. Wagt hasaplamagyň sistemalary

1. Ýerli wagt we uzaklyk.

Berlen geografik meridianda ölçenen wagta şol meridianyň ýerli wagty diýilýär. Şol bir geografik meridiana degişli hemme ýerlerde islendik pursatda ýazky gije-gündiz deňleşme nokadynyň (ýa-da Günüň , ýa-da orta Günüň) sagat burçy deňdir. Şonuň üçin bütin geografik meridianda şol bir pursatda ýerli (ýyldyz we Gün) wagt birmeňzeşdir.

Eger Ýer üstüniň iki nokadynyň geografik uzaklyklarynyň tapawudy $\Delta\lambda$ bolsa, onda islendik ýagtyltgyjyň has gündogarda ýerleşen ýagdaýyndaky sagat burçy şol ýagtyltgyjyň günbatarda ýerleşen ýagdaýyndaky sagat burçundan $\Delta\lambda$ uly bolar. Şonuň üçin iki sany geografik meridianyň şol bir fiziki pursatda islendik ýerli wagtlyarynyň tapawudy şol meridianlaryň sagat ölçeglerinde aňladylan uzaklyklarynyň tapawudyna deňdir.

$$\left. \begin{aligned} S_1 - S_2 &= \lambda_1 - \lambda_2 \\ T_{01} - T_{02} &= \lambda_1 - \lambda_2 \\ T_{m1} - T_{m2} &= \lambda_1 - \lambda_2 \end{aligned} \right\} \quad (1.26)$$

Astronomik gözegçiliklerden gözegçilik geçirilýän meridianyň ýerli wagty alynýar.

2. Bütindünýä wagty.

Grinwiç meridianynyň (nolunjy meridianyň) ýerli orta Gün wagtyna bütindünýä wagty diýilýär we T_0 bilen belgilenýär.

$T_{m2} = T_0$ we $\lambda_2 = 0$, $T_{m1} = T_m$ we $\lambda_1 = \lambda$ diýip, (1.26) aňlatmadan alarys:

$$T_m = T_0 + \lambda \quad (1.27)$$

Ýer üstüniň islendik nokadynyň ýerli orta wagty mydama bütindünýä wagtyna, Grinwiçden gündogarlygyna položitel hasaplanylýan we sagat ölçeglerinde aňladylan, berlen nokadyň uzaklygynyň goşulmagyna deňdir.

Astronomik kalendarlarda köp hadysalaryň pursaty T_0 bütindünýä wagtynda berilýär. Bu hadysalaryň pursatlaryny T_m ýerli wagtda (1.27) aňlatmadan hasaplanýar.

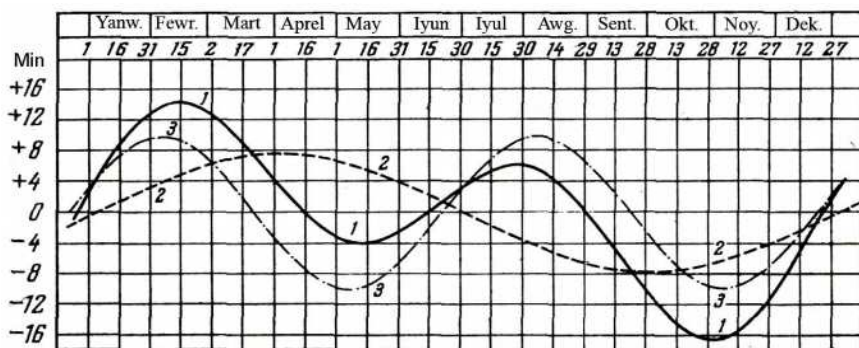
3. Guşaklyk wagty.

Gündelik durmuşda ýerli orta Gün wagty, şeýle hem

deňlemesi) položitel hem, otrisatel hem bolup bilýär.

Wagt deňlemesi we onuň ýylyň dowamyndaky üýtgemesi 14-nji çyzygyda bütewi çyzyk bilen görkezilen. Bu egri bir ýyl we ýarym ýyl periodlary bolan iki sany sinusoidalaryň jemidir. Bir ýyl periody bolan sinusoida (punktir çyzyk) Günň ekliptika boýunça deňölçegsiz hereketiniň netijesi bolan hakyky wagtdan orta wagtyň tapawudyny berýär. Wagtdan deňlemesiniň bu bölegine merkeziň deňlemesi ýa-da eksentrisitetden deňleme diýilýär.

Ýarym ýyl periodly sinusoida (nokatly punktir çyzyk) ekliptikanyň asman ekwatoryna ýapgytlygy sebäpli ýüze çykýan wagtlyryň tapawudyny görkezýär we oňa ekliptikanyň ýapgytlygyndan deňleme diýilýär.



14-nji çyzygy. Wagtdan deňlemesiniň çyzygysy.

1- wagtdan deňlemesi, 2- merkeziň deňlemesi, 3- ekliptikanyň ýapgytlygyndan deňlemesi.

Wagt deňlemesi 15-nji aprel, 14-nji iýuin, 1-nji sentýabr we 24-nji dekabryň töwereginde nola öwrülýär we bir ýylyň dowamynda dört gezek ekstremal bahalary alýar. Olardan bellemeli 11-nji fewral töweregi ($\eta = +14^m$) we 2-nji noýabr töweregi ($\eta = -16^m$). Wagtdan deňlemesini islendik pursat üçin hasaplamak mümkindir. Wagtdan deňlemesi Grinwiç meridianynda her bir orta ýarygije üçin astronomik kalendarlarda çap edilýändigini. Ýöne olaryň käbirlerinde wagtdan deňlemesi hakyky wagtdan orta wagtdan aýrylan görnüşde ($\eta = T_O - T_m$) berilýär we şol sebäpli alamaty garşylyklydyr.

burçuna aýdylýar. Polýar aralyk dünýäniň demirgazyk polýusyndan günorta polýusyna tarap ugurda hasaplanylýar we onuň ululygy 0° –dan 180° -a çenli bahalary alyp bilýär. Asman sferasynyň demirgazyk ýarym sferasynda ýerleşen ýagtyltgyçlar üçin $p < 90^\circ$, günorta ýarym sferasynda ýerleşenleri üçin bolsa $p > 90^\circ$.

Şol bir ýagtyltgyjyň polýar aralygy we ýapgytlygy üçin

$$p + \delta = 90^\circ \quad (1.2)$$

gatnaşyk dogrudyr.

Şol bir gije-gündiz parallelinde ýerleşen ýagtyltgyçlaryň ýapgytlyk δ koordinatalary deňdir we polýar p aralyklary deňdir.

Ýapgytlyk ýa-da polýar aralyk ýagtyltgyjyň sagat aýlawynda ýerleşişini kesgitleýär. Sagat aýlawynyň özüniň asman sferasynda ýerleşişini bolsa t sagat burçy bilen kesgitleýär.

M ýagtyltgyjyň sagat burçy diýip asman ekwatorynyň ýokarky Q nokadyndan sagat aýlawyna $PMmP'$ çenli bolan asman ekwatorynyň Qm dugasyna ýa-da asman meridiany we sagat aýlawynyň tekizliginiň aralygyndaky merkezi QOm burça aýdylýar.

Sagat burçlary asman sferasynyň aýlanýan ugry boýunça, ýagny asman ekwatorynyň ýokarky Q nokadyndan günbatara tarap hasaplanylýar we olaryň ululyklary 0° –dan 360° -a çenli (gradus ölçeglerde) ýa-da 0^h -dan 24^h -a çenli (sagat ölçeglerde) bahalary alyp bilýärler. Sagat burçunyň asman ekwatorynyň Q ýokarky nokadyndan günbatarlygyna 0° –dan $+180^\circ$ -a (ýa-da 0^h -dan $+12^h$ -a) çenli (günbatar sagat burçy) we gündogarlygyna 0° –dan -180° -a (ýa-da 0^h -dan -12^h -a) çenli (gündogar sagat burçy) hasaplanylýan wagtlyry hem bolýar.

Şol bir ýapgytlyk aýlawynda ýerleşen ýagtyltgyçlaryň sagat burçlary deňdir.

Ikinji ekwatorial koordinatalar sistemasy.

Bu sistemanyň esasy tekizligi bolup asman ekwatorynyň tekizligi hyzmat edýär. Koordinatalaryň biri ýagtyltgyjyň δ ýapgytlygydyr. Beýleki koordinata ululygy bolsa ýagtyltgyjyň sagat aýlawynyň ýerleşişini kesgitleýän α göni ýokary göterilişidir.

M ýagtyltgyjyň α göni ýokary göterilişi asman ekwatorynyň γ ýazky gije-gündiz deňleşme nokadyndan ýagtyltgyjyň üstünden geçýän sagat aýlawyna çenli bolan γ m dugasyna ýa-da ýazky gije-gündiz deňleşme nokadyna tarap ugruň we ýagtyltgyjyň sagat aýlawynyň aralygyndaky merkezi γOm burça aýdylýar.

Göni ýokary göteriliş koordinatalary asman sferasynyň gije-gündiziň dowamynda aýlanýan ugruna ters bolan ugurda hasaplanylýar we 0^0 –dan 360^0 -a çenli (gradus ölçeglerde) ýa-da 0^h -dan 24^h -a çenli (sagat ölçeglerde) bahalary alyp bilýärler.

Şol bir sagat aýlawynda ýerleşen ýagtyltgyjylaryň göni ýokary göteriliş koordinatalary deňdir.

Ýagtyltgyjyň gorizont koordinatalary (z , h , A) we t sagat burçy asman sferasynyň gije-gündiziň dowamynda aýlanýanlygy üçin üznüksiz üýtgeýärler, sebäbi aýlawly herekete gatnaşmaýan, hereketsiz nokatlar boýunça hasaplanandyrlar.

Ýagtyltgyjyň ekwatorial koordinatalary (α göni ýokary göterilişi we δ ýapgytlygy) asman sferasynyň gije-gündiziň dowamyndaky aýlanmasy sebäpli üýtgemeyärler, çünki olar aýlawly herekete gatnaşýan asman ekwatorynyň nokatlaryndan hasaplanylýandyrlar we ýagtyltgyjyň bu nokatlara görä ýerleşşi üýtgemeyändir.

Gorizont koordinatalar sistemasy ýagtyltgyjylaryň görünýän ýerleşişlerini gös-göni burç ölçeyji abzallaryň kömegi bilen kesgitlemek üçin peýdalanylýar.

Birinji ekwatorial koordinatalar sistemasy (ýapgytlyk we sagat burçy) esasan hem amaly astronomiýanyň esasy meseleleriniň biri bolan takyk wagty kesgitlemekde ulanylýar.

Ikinji ekwatorial koordinatalar sistemasy fundamental astronomiýanyň meseleleri çözüleninde peýdalanylýar. Bu sistemada ýyldyz kataloglary we ýyldyz kartalary düzülýär.

§11. Dünýä polýusynyň beýikligi barada teorema

Ýeriň öz okunyň daşyndan aýlanýanlygy sebäpli Ýerdäki gözegçä asman sferasy Ýeriň aýlanýan ugrunyň tersine,

pursatyndan islendik başga bir ýagdaýyna çenli geçen, orta Gün gije-gündiziniň ülüşlerinde aňladylan (orta Gün sagatlarynda, minutlarynda we sekuntlarynda) wagta orta Gün wagty ýa-da ýöne orta wagt diýilýär we T_m bilen belgilenýär.

Berlen meridianda islendik wagt pursatynda orta wagt T_m orta ekwatorial Günüň sagat ölçeglerinde aňladylan t_m sagat burçuna 12^h goşulmagyna deňdir, ýagny:

$$T_m = t_m + 12^h \quad (1.19)$$

Orta ekwatorial Gün asmanda hiç hili bellenen däl. Şol sebäpli onüň sagat burçuny ölçemek mümkin däl. Orta Gün wagty gözegçiliklerden kesgitlenen hakyky Gün wagty ýa-da ýyldyz wagty boýunça hasaplamalaryň üsti bilen alynýar.

1925-nji ýyla çenli astronomik gözegçiliklerde orta gije-gündiziň başlangyjy diýip orta Günüň ýokarky kulminasiýa pursaty hasaplanylýardy. Şol sebäpli „astronomik“ we „raýat“ orta wagtly tapawutlandyrylýardy. 1925-nji ýyldan astronomlar hem orta wagty ýarygijeden hasaplap başladylar, „astronomik wagty“ we „raýat wagty“ diýen bölünişiň zerurlygy aradan aýryldy.

§21. Wagt deňlemesi

Orta wagt bilen hakyky Gün wagtynyň şol bir pursatdaky bahalarynyň aralygyndaky tapawuda wagt deňlemesi diýilýär we η bilen belgilenýär

$$\eta = T_m - T_0 = t_m - t_0 = \alpha_0 - \alpha_m \quad (1.20)$$

Soňky gatnaşykdan alarys:

$$T_m = T_0 + \eta, \quad (1.21)$$

ýagny, islendik pursatda orta Gün wagty hakyky Gün wagtynyň üstüne wagt deňlemesiniň goşulmagyna deňdir.

Şeýlelikde, Günüň t_0 sagat burçuny ölçäp, (1.18) aňlatmadan hakyky Gün wagty kesgitlenilýär we şol pursat üçin wagt deňlemesini bilip, (1.21) aňlatmadan orta Gün wagty tapylýar:

$$T_m = t_0 + 12^h + \eta$$

Orta ekwatorial Gün meridiandan hakyky Günden kä ön kä soň geçýär. Şol sebäpli olaryň sagat burçlarynyň tapawudy (wagt

Bu iki sebäplerin täsirleri netijesinde hakyky Gün gije-gündizi 22-nji dekabrdä 23-nji sentýabrdakydan 50-51 sekunt dowamlydyr. Hakyky Gün gije-gündizleriniň dowamlylygynyň üýtgap durmaklygy ony gündelik durmuşda wagt hasaplamak üçin ulanmaga amatsyz edýär.

§20. Ortaça Gün gije-gündizi. Ortaça Gün wagty

Dowamlylygy üýtgemeyän, hemişelik bolan, şol bir wagtyň özünde Günün hereketi bilen baglanyşykly bolan gije-gündiz almak üçin astronomiýada iki sany hyýaly nokat – orta ekliptik we orta ekwatorial Gün diýen düşüňjeler girizilýär. Orta ekliptik Gün ekliptika boýunça Günün orta tizligi bilen deňölçepli hereket edýär we onuň bilen 3-nji ýanwarda we 4-nji iýulda gabat gelýär.

Orta ekwatorial Gün asman ekwatory boýunça orta ekliptik Günün hemişelik tizligi bilen deňölçepli hereket edýär we onuň bilen bir wagtda ýazky gije-gündiz deňleşme nokadyndan geçýär.

Diýmek, islendik wagt pursaty orta ekwatorial Günün göni ýokary göterilişi orta ekliptik Günün uzaklygyna deňdir. Olaryň göni ýokary göterilişleri bir ýylyň dowamynda diňe dört sapar, ýagny olaryň gije-gündiz deňleşme nokatlaryndan geçýän pursatlarynda we orta ekliptik Günün durma nokatlaryndan geçýän pursatlarynda birmeňzeş bolýandyrlar.

Göni ýokary göterilişiniň gündeke artmalary $\Delta\alpha$ birmeňzeş bolan orta ekwatorial Gün diýen düşüňjäniň girizilmegi bilen Gün gije-gündiziniň dowamlylygynyň üýtgemeleri we hakyky Gün wagtynyň deňölçegsizligi aýrylýar. Orta ekwatorial Günün şol bir geografik meridianda iki yzygider birmeňzeş kulminasiýalarynyň wagt aralygyna orta Gün gije-gündizi, ýa-da ýöne orta gije-gündiz diýilýär. Orta ekwatorial Günün kesgitlemesine görä orta Gün gije-gündiziniň dowamlylygy hakyky Gün gije-gündiziniň bir ýyldaky dowamlylyklarynyň orta bahasyna deňligi gelip çykýar.

Orta ekwatorial Günün aşaky kulminasiýa pursaty (orta ýarygije) berlen meridianda orta Gün gije-gündiziniň başlangyjy diýip kabul edilendir. Orta ekwatorial Günün aşaky kulminasiýa

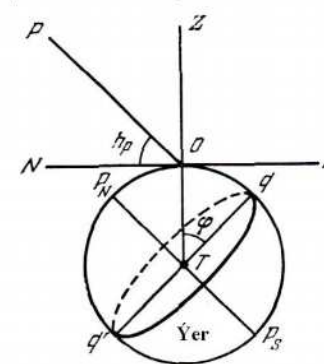
günbatardan gündogara aýlanýan ýaly bolup görünýär. Şonuň üçin, Ýeriň üstüniň islendik nokadynda ýerleşen gözegçi asman sferasynyň dünýäniň, ýagny Ýeriň aýlanma okuna parallel gönüniň daşyndan aýlanýandygyny görýär.

Gözegçi Ýeriň üstündäki ornuny üýtgedende asma çyzygynyň ugry üýtgeýändir we aýlanma oky bilen dürli burçlary emele getirýändir. Asman sferasynyň aýlawlarynyň we nokatlarynyň özara ýerleşşi dünýäniň oky we asma çyzygy bilen baglydyr. Diýmek, gözegçiniň Ýeriň üstündäki ornuna hem baglydyr.

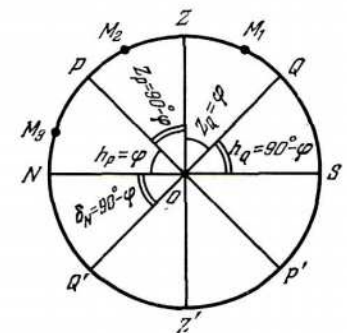
Bu baglanyşyk teorema görnüşinde kesgitlenilýär: dünýä polýusynyň h_p gözýetimden beýikligi mydama gözegçilik edilýän nokadyň φ astronomik giňligine deňdir.

Teoremanyň subudy çyzydan gelip çykýandyr (6-njy çyzygy).

Bu ýerde $\angle PON = h_p$ we $\angle OTq = \varphi$ özara perpendikulýar



6-njy surat. Dünýäniň polýusynyň beýikligi bilen geografik giňligiň arabaglanyşygy.



7-nji surat. Asman sferasynyň asman meridianynyň tekizligine proyeksiýasy.

taraplary bolan burçlardyr.

Bu teoremanyň netijesi hökmünde, gözegçilik edilýän nokadyň geografik giňligine aşakdaky ululyklaryň hem deňdigi gelip çykýar (7-nji çyzygy):

- 1) zenidiň ýapgytlygy $\delta_Z = \varphi$;
- 2) demirgazyk nokadyň polýar aralygy $p_N = \varphi$;
- 3) ekwatoryň ýokarky nokadynyň zenit aralygy $z_Q = \varphi$.

Dünýä polýusynyň zenit aralygy (1.1) gatnaşygyň esasynda :

$$z_P = 90^\circ - h_p = 90^\circ - \varphi;$$

Diýmek, $(90^\circ - \varphi)$ ululyga aşakdakylar degişlidir

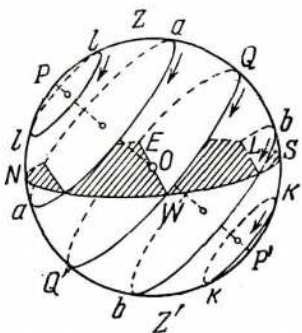
- 1) zenidiň polýar aralygy $p_Z = 90^\circ - \varphi$;
- 2) demirgazyk nokadyň ýapgytlygy $\delta_N = 90^\circ - \varphi$;
- 3) ekwatoryň ýokarky nokadynyň beýikligi $h_Q = 90^\circ - \varphi$.

§12. Asman sferasynyň aýlanmasy bilen baglanyşykly hadysalar

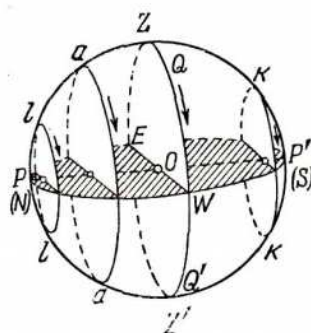
1. Ýagtyltgyçlaryň dogup ýaşmasy.

Asman sferasynyň gije-gündiziň dowamynda aýlanýanlygy sebäpli hemme ýagtyltgyçlar tekizligi asman ekwatorynyň tekizligine parallel bolan aýlawlary çyzýarlar, ýagny olar gije-gündiz ýa-da asman parallelleri boýunça hereket edýärler.

Gözegçiniň ýerleşen ýeriniň φ geografik giňligine we ýagtyltgyçlaryň δ ýapgytlyklaryna baglylykda olaryň gije-gündiz parallelleri matematiki gözýetimi iki nokatda kesýärler, gözýetimden bütewiligine ýokarda ýa-da aşakda ýerleşip bilýärler (8-nji çyzgy).



8-nji surat. Orta geografik giňliklerde ýagtyltgyçlaryň gije-gündiziň dowamyndaky hereketi.



9-njy surat. Ýer ekwatorynda ýagtyltgyçlaryň gije-gündiziň dowamyndaky hereketi.

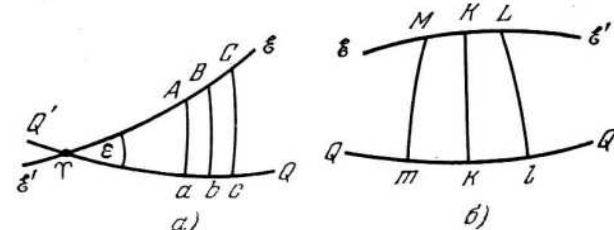
Ýagtyltgyjyň hakyky gözýetimiň gündogar bölegini kesip geçýän nokadyna ýagtyltgyjyň dogýan nokady, hakyky gözýetimiň günbatar bölegini kesip geçýän nokadyna bolsa ýagtyltgyjyň ýaşýan nokady diýilýär.

Eger-de ýagtyltgyjyň ýapgytlygynyň absolyút bahasy

ýöne gündelik durmuşda hakyky Gün wagtyny peýdalanmak, edil ýyldyz wagty ýaly amatsyzdyr. Sebäbi hakyky Gün gije-gündiziň dowamlylygy hemişelik ululyk däl. Günüň ýokarky (aşaky) kulminasiýa pursatynyň ýyldyz wagtyna görä gijä galmasy ýylyň dürli günleri dürlüdür. Diýmek, Gün gije-gündiziň dowamlylygy dürli-dürlüdür. Günüň göni ýokary göterilişiniň gündelik artmasy hemişelik ululyk bolan bolsa, onda hakyky Gün gije-gündiziň dowamlylygy hemişelik bolardy. Hakyky Gün gije-gündiziň dowamlylygynyň üýtgemesiniň iki sebäbi bardyr:

1) Gün asman ekwatory boýunça hereket edýän däl. Ol asman ekwatoryna ýapgytlygy $E = 23^\circ 27'$ bolan ekliptika boýunça hereket edýändir.

2) Günüň ekliptika boýunça hereketi deňölçegsizdir. Eger-de Gün ekliptika boýunça deňölçegli hereket edip, ýagny onuň uzaklygynyň gije-gündiziň dowamynda artmasy $\Delta\lambda$ hemişe birmeňzeş bolaýanda-da, Günüň ekwator boýunça hereket etmeýänligi sebäpli, hakyky Gün gije-gündiziň dowamlylygy hemişelik bolmaz. Hakykatdan hem, EE' ekliptikanyň gije-gündiz deňleşme nokatlarynyň ýakynyndaky $AB = BC = \Delta\lambda$ deň dugalarynyň asman ekwatoryna QQ' bolan proyeksiýalary ekliptikanyň deňişli kesimlerinden kiçi $\Delta\alpha < \Delta\lambda$ bolan, Günüň göni ýokary göterilişiniň $\Delta\alpha$ artmasyny berýär (13-nji a çyzgy, ab, bc).



13-nji çyzgy. Hakyky Gün gije-gündizleriň ululyklarynyň deňölçegsizligi.

Günüň durma nokatlarynyň ýakynynda bolsa tersligine, sagat aýlawlarynyň polýuslardan daşlaşdyklaryça olaryň aralarynyň açylýandygy sebäpli, Günüň göni ýokary göterilişiniň $\Delta\lambda$ artmasy (13-nji b çyzgy, mk, kl) ekliptikanyň $MK = KL = \Delta\lambda$ kesimlerinden uludyr. Şeýlelikde bu ýerde $\Delta\alpha > \Delta\lambda$.

bilen bilelikde, ýyldyz wagty boýunça 0^h , günortan kulminasiýada bolar. Bir ýyldyz gije-gündizi geçenden soň ýazky gije-gündiz deňleşme nokady ýenede ýokarky kulminasiýada bolar, Gün bolsa meridia, ýagny ýokarky kulminasiýa nokadyna 4 minutdan soň geler. Sebäbi bir ýyldyz gije-gündiziniň dowamynda Gün ýazky gije-gündiz deňleşme nokadyna görä gündogara 1^0 töweregi süýşýär we onuň göni ýokary göterilişi $\alpha \approx 0^h 4^m$ bolar. Ýene bir ýyldyz gije-gündizi geçenden soň Günüň göni ýokary göterilişi ýene 4^m artar, ýagny günortan ýyldyz wagty boýunça takmynan $0^h 8^m$ bolar. Şeýlelikde, Günüň kulminasiýada bolmagynyň ýyldyz wagty üznüksiz artýar we günortan ýyldyz gije-gündiziniň dürli pursatlarynda bolar. Ýyldyz wagtyň amatsyzlygy aýdyňdyr.

§19. Hakyky Gün gije-gündizi. Hakyky Gün wagty

Günüň, has takygy Gün diskiniň merkeziniň şol bir geografik meridianda iki yzygider birmeňzeş kulminasiýalarynyň wagty aralygyna hakyky Gün gije-gündizi diýilýär. Günüň aşaky kulminasiýa pursaty (hakyky ýarygije) berlen meridianda hakyky Gün gije-gündiziniň başlangyjy diýip kabul edilendir.

Günüň aşaky kulminasiýa pursatyndan islendik başga bir ýagdayyna çenli geçen, hakyky Gün gije-gündiziniň ülüşlerinde aňladylan (hakyky Gün sagatlarynda, minutlarynda we sekuntlarynda) wagta hakyky Gün wagty diýilýär we T_0 bilen belgilenýär.

Berlen meridianda islendik pursatda hakyky Gün wagty T_0 Günüň sagat ölçeglerinde aňladylan sagat burçuna 12^h goşulmagyna deňdir, ýagny

$$T_0 = t_0 + 12^h \quad (1.18)$$

Gün gözyetimden ýokarda ýerleşende we bulutlar önüni ýapmadyk wagty onuň sagat burçuny mydama gös-göni ölçäp kesgitlemek mümkindir. Günüň ýokarky kulminasiýa pursatynda (hakyky günortan) onuň sagat burçy $t_0 = 0^h$ deňdir. Diýmek, günortan hakyky Gün wagty mydama 12 sagada deňdir.

Wagty hakyky Gün gije-gündizlerinde ölçemek ýönekeýdir,

$$|\delta| < (90^\circ - |\varphi|) \quad (1.4)$$

bolsa, onda berlen φ giňlikde ýagtyltgyç dogýar we ýaşýar.

Eger-de ýagtyltgyç asman ekwatorynda QQ' ýerleşen bolsa, ýagny onuň $\delta=0$ bolsa, onda ýagtyltgyç takyk gündogaryň E nokadyna dogar we günbataryň W nokadyna ýaşar.

Eger ýagtyltgyjyň ýapgytlygy $\delta > 0$ bolsa (aa asman paralleli), onda ol demirgazyk-gündogarda dogup, demirgazyk-günbatarda ýaşar.

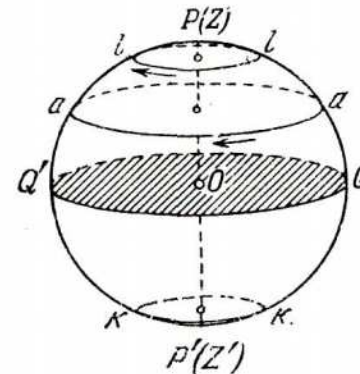
Eger ýagtyltgyjyň ýapgytlygy $\delta < 0$ bolsa (bb asman paralleli), onda ol günorta-gündogarda dogup, günorta-günbatarda ýaşar.

Ýagtyltgyjyň ýapgytlygynyň absolyut bahasy

$$|\delta| \geq (90^\circ - |\varphi|) \quad (1.5)$$

bolsa, onda onuň gije-gündiz paralleli matematiki gözyetimi kesmeýär we ol yaşmaýan (gije-gündiz paralleli ll gözyetimden bütewiligine ýokarda ýerleşýär) ýa-da dogmaýan (gije-gündiz paralleli kk gözyetimden bütewiligine aşakda ýerleşýär) ýagtyltgyç bolar.

Eger gözegçi Ýer ekwatorynda ýerleşen bolsa ($\varphi=0^\circ$), onda onuň üçin (1.4) aňlatma laýyklykda hemme ýagtyltgyçlar dogup-ýaşýan bolarlar. Hakykatdan-da, Ýer ekwatorynda (9-njy çyzgy)



10-njy surat. Ýeriň demirgazyk polýusynda ýagtyltgyçlaryň gije-gündiziň dowamyndaky hereketi.

dünýäniň P demirgazyk polýusy gözyetimde, demirgazygyň N nokadyna ýerleşer, P' günorta polýus bolsa günorta S nokatda ýerleşer. Asman ekwatory QQ' matematiki gözyetime perpendikulýar bolar we Z zenit nokadyň üstünden geçer. Şonuň üçin hemme ýagtyltgyçlaryň gije-gündiz parallelleriň tekizlikleri matematiki gözyetimiň tekizligine perpendikulýardyrlar. Hemme

ýagtyltgyçlar dogup ýaşýandyrlar, gözyetimden 12 sagadyň

dowamynda görünýändirler we şonça wagtyň dowamynda görünmeýändirler.

Eger gözegçi Ýeriň demirgazyk geografik polýusynda ýerleşen bolsa ($\varphi=90^\circ$), onda onuň üçin (1.5) laýyklykda $\delta>0$ bolan ýagtyltgyçlar ýaşmaýan, $\delta<0$ bolan ýagtyltgyçlar bolsa dogmaýan ýagtyltgyçlardyr. Hakykatdan hem (10-njy çyzgy), Ýeriň demirgazyk geografik polýusynda dünýäniň P demirgazyk polýusy Z zenit bilen, asman ekwatory QQ' bolsa matematiki gözýetim bilen gabat gelýärler. Şonuň üçin ýagtyltgyçlaryň gije-gündiz parallelleriniň tekizlikleri matematiki gözýetimiň tekizligine paralleldirler, ýagtyltgyçlar dogmaýarlar we ýaşmaýarlar. Asman sferasynyň demirgazyk ýarymşarynyň ýagtyltgyçlary ($\delta>0$) mydama gözýetimden ýokarda görünýärler, asman sferasynyň günorta ýarymşarynyň ýagtyltgyçlary ($\delta<0$) hiç haçan görünmeýärler.

Ýeriň günorta polýusynda ýerleşen gözegçiniň tersligine, mydama asman sferasynyň günorta ýarymşarynyň ýagtyltgyçlaryny ($\delta<0$) görer, demirgazyk ýarymşarynyň ýagtyltgyçlaryny ($\delta>0$) bolsa hiç haçan görüp bilmez.

Eger-de gözegçi 0° -a we 90° -a deň bolmadyk islendik φ giňlikde ýerleşen bolsa, onda ýagtyltgyçlaryň bir bölegi onuň üçin dogýan we ýaşýan, beýleki bir bölegi bolsa dogmaýan we ýaşmaýan bolar.

2. Ýagtyltgyçlaryň kulminasiýasy

Her bir ýagtyltgyjyň gije-gündiz paralleli asman meridianyny iki nokatda kesýär. Bu iki nokat gije-gündiz paralleliň diametriniň uçlarynda ýerleşendirler.

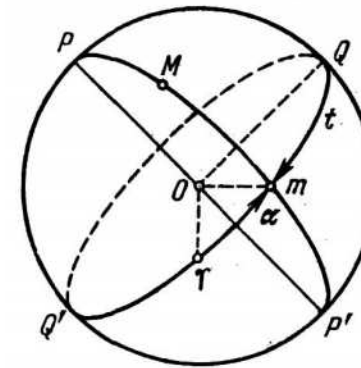
Ýagtyltgyjyň asman meridianyny kesme hadysasyna ýagtyltgyçlaryň kulminasiýasy diýilýär.

Ýagtyltgyjyň asman meridianynyň özünde Z zenit nokady saklaýan $PZQSP'$ ýokarky bölegini kesme hadysasyna ýokarky kulminasiýa (7-nji surat), özünde Z' nadir nokady saklaýan $PNQ'ZP'$ aşaky bölegini kesme hadysasyna bolsa aşaky kulminasiýa diýilýär.

Ýokarky kulminasiýanyň zenitden günorta tarapda ($ZQSP'$ duga boýunça) we zenitden demirgazyk tarapda (PZ duga

meridiandan geçme pursatyny duyup bolmaýar. Şonuň üçin ýyldyz gije-gündiziniň başlangyjyny ýa-da ýyldyz wagtyny kesgitlemek üçin göni ýokary göterilişi α belli bolan M ýagtyltgyjyň haýsy hem bolsa bir wagt pursatynda sagat burçuny ölçemek (kesgitlemek) ýeterlikdir (12-nji çyzgy). Onda $t = Qm$, $\alpha = \gamma m$ bolany üçin, ýazky gije-gündiz deňleşme nokadynyň sagat burçy $t_\gamma = Q\gamma$ kesgitleme boýunça s ýyldyz wagtyna deň, onda

$$s = t_\gamma = \alpha + t \quad (1.15)$$



12-nji surat. Ýyldyz wagtyň ýagtyltgyjyň α we t koordinata ululyklary bilen baglanyşygy.

Ýyldyz wagty islendik wagt pursatynda haýsy hem bolsa bir ýagtyltgyjyň göni ýokary göterilişiniň üstüne onuň sagat burçunyň goşulmagyna deňdir.

Ýagtyltgyjyň ýokarky kulminasiýa pursatynda onuň sagat burçy $t = 0$, onda

$$s = \alpha \quad (1.16)$$

Ýagtyltgyjyň aşaky kulminasiýa pursatynda onuň sagat burçy $t = 12^h$, ýyldyz wagty

$$s = \alpha + 12^h \quad (1.17)$$

Wagty ýyldyz gije-gündizlerde we onuň ülüşlerinde ölçemek iň ýönekeýdir we astronomik meseleler çözülenide ulanmak üçin amatlydyr. Ýöne gündelik durmuşda ýyldyz wagtyndan peýdalanmak amatsyzdyr. Adamlaryň gündelik durmuşy ýazky gije-gündiz deňleşme nokadynyň ýerleşen ýagdaýy bilen bagly bolman, Günüň dogup-ýaşmasy, gözýetimden ýokarda ýerleşşi, kulminasiýada bolmasy bilen baglydyr. Ýylyň dowamynda Günüň we ýazky gije-gündiz deňleşme nokadynyň özara ýerleşişleri üznüksiz üýtgeýärler. Mysal üçin, Günüň ýokarky kulminasiýasy (günortan) ýylyň dürli günleri ýyldyz gije-gündiziniň dürli pursatlarynda bolýandyr. Hakykatdan-da, ýylyň dowamynda bir sapar, Gün ýazky gije-gündiz deňleşme nokadynyň geçende, haçanda onuň göni ýokary göterilişi $\alpha = 0^\circ$ bolanda, Gün ýazky gije-gündiz deňleşme nokady

gün wagty diýilýär. Wagtyň bu dürli atlary, şeýle hem geljekde tanyşjak wagtyň dürli atlary, hemmesi tebigatda real we obýektiw bolan ýeketäk wagta degişlidigini bellemek hökmandyr. Başga sözler bilen aýdanymyzda dürli wagt ýokdur, diňe wagtyň dürli ölçeg birlikleri we wagt hasaplamagyň dürli sistemalary bardyr.

Gije-gündiz (gün) we onuň ülüşleri (sagatlar, minutlar we sekuntlar) gysga wagt aralyklary ölçenilende ulanylýandyr. Uly wagt aralyklaryny ölçemek üçin başga ölçeg birligi, ýagny Ýeriň Günüň töwereginde aýlanmagyna esaslanan *tropik ýyl* ulanylýandyr. Tropik ýyl diýip hakyky Günüň merkeziniň ýazky gije-gündiz deňleşme nokadynyň iki yzygider geçmesiniň wagt aralygyna aýdylýar.

§18. Ýyldyz gije-gündizi. Ýyldyz wagty

Ýazky gije-gündiz deňleşme nokadynyň şol bir geografik giňlikde iki yzygider birmeňzeş kulminasiýalarynyň wagt aralygyna ýyldyz gije-gündizi diýilýär. Berlen geografik meridianda ýyldyz gije-gündiziniň başlangyjy diýip ýazky gije-gündiz deňleşme nokadynyň ýokarky kulminasiýa pursaty kabul edilýär.

Ýazky gije-gündiz deňleşme nokadynyň ýokarky kulminasiýa nokadynyň islendik başga yagdaýyna çenli geçen, ýyldyz gije-gündiziniň ülüşlerinde (ýyldyz sagatlarynda, minutlarynda we sekuntlarynda) aňladylan wagta *ýyldyz wagty* diýilýär we s bilen belgilenýär.

Ýazky gije-gündiz deňleşme nokadynyň ýokarky kulminasiýa pursatynyň haýsy hem bolsa bir pursata çenli aýlananda öwrülen burçy ýazky gije-gündiz deňleşme nokadynyň şol pursatdaky sagat burçuna deňdir. Diýmek, berlen meridianda islendik pursatda ýyldyz wagty s ýazky gije-gündiz deňleşme nokadynyň sagat ölçeglerinde aňladylan sagat burçuna san taýdan deňdir, ýagny

$$s = t, \quad (1.14)$$

Ýazky gije-gündiz deňleşme nokady asmanda hiç-hili bellenen däl. Göňi onuň sagat burçuny ölçäp ya-da onuň

boýunça) bolýanlaryny tapawutlandyryýarlar.

Berlen φ giňlikde ýaşmaýan ýagtyltgyçlaryň iki kulminasiýasyny hem, ýagny ýokarky we aşaky kulminasiýalaryny görüp bolýar. Dogýan we ýaşýan ýagtyltgyçlaryň bolsa diňe ýokarky kulminasiýasyny görüp bolýar, aşaky kulminasiýasy gözyetimden aşakda ýerleşýändir. Dogmaýan ýagtyltgyçlaryň iki kulminasiýasy hem gözyetimden aşakda ýerleşendir we gözegçilikde görünmeýändir.

§13. Gije-gündiz hereketinde ýagtyltgyçlaryň koordinatalarynyň üýtgemegi

Ýagtyltgyç dogýan ýa-da ýaşýan pursatynda onuň zenit aralygy $z=90^\circ$, beýikligi $h=0$ deňdir, dogýan we ýaşýan nokatlarynyň azimuty bolsa ýagtyltgyjyň ýapgytlygyna we gözegçilik edilýän nokadyň giňligine baglydyr.

Ýokarky kulminasiýa pursatynda ýagtyltgyjyň zenit aralygy minimaldyr, beýikligi maksimaldyr, azimuty bolsa $A=0^\circ$ (eger ýagtyltgyç zenitden günortada kulminasiýada bolsa), ýa-da $A=180^\circ$ (eger ýagtyltgyç zenitden demirgazykda kulminasiýada bolsa).

Aşaky kulminasiýa pursatynda ýagtyltgyjyň zenit aralygy maksimaldyr, beýikligi minimaldyr, azimuty bolsa $A=180^\circ$ ýa-da $A=0^\circ$ (eger aşaky kulminasiýa Z' nadir we dünýäniň P' günorta polýusy aralygynyň bolup geçýän bolsa).

Diýmek, aşaky kulminasiýadan ýokarky kulminasiýa çenli ýagtyltgyjyň zenit aralygy kiçelýär, beýikligi bolsa ulalýar; ýokarky kulminasiýadan aşaky kulminasiýa çenli tersligine, zenit aralygy ulalýar, beýikligi kiçelýär. Ýagtyltgyjyň azimuty hem kesgitli çäklerde üýtgeýär.

Şeýlelik bilen ýagtyltgyjyň gorizont koordinatalary (z , h we A) asman sferasynyň gije-gündiz aýlanmasy sebäpli üznüksiz üýtgeýärler we eger ýagtyltgyç sfera bilen üýtgeşsiz bagly bolsa (ýagny onuň δ ýapgytlygy we α göni ýokary göterilişi hemişelik galýarlar), onda onuň gorizont koordinatalary öňki bahalaryny

sfera bir aýlawy amala aşyrandan soň alýarlar.

Ýagtyltgyçlaryň gije-gündiz parallelleriniň Ýeriň hemme giňliklerinde (polýuslaryndan başga) gözýetime ýapgyt bolanlary üçin, asman sferasynyň gije-gündiz aýlanmasynyň deňölçegli bolmagyna garamazdan, gorizont koordinatalar deňölçegsiz üýtgeýändirler. Ýagtyltgyjyň beýikligi h we zenit aralygy z meridianyň ýakynynda, ýagny ýokarky we aşaky kulminasiýa pursatynda has haýal üýtgeýändirler. Ýagtyltgyjyň A azimuty bolsa tersligine, şol pursatlarda has çalt üýtgeýändir.

Ýagtyltgyjyň t sagat burçy (birinji ekwatorial koordinatalar sistemasynda) azimuta meňzeşlikde üznüksiz üýtgeýär. Ýagtyltgyjyň ýokarky kulminasiýa pursatynda sagat burçy $t=0$, aşaky kulminasiýa pursatynda bolsa $t=180^\circ$ ýa-da 12^h deňdir.

Ýöne azimutlardan tapawutlykda, ýagtyltgyçlaryň sagat burçlary (eger olaryň δ ýapgytlyklary we α göni ýokary göterilişleri üýtgemän galýan bolsa) deňölçegli üýtgeýärler, sebäbi olar asman ekwatory boýunça hasaplanylýarlar we asman sferasy deňölçegli aýlananda sagat burçlarynyň üýtgemesi wagt aralyklaryna proporsionaldyrlar, ýagny sagat burçunyň artmasy asman sferasynyň aýlanan (öwrülen) burçuna deňdir.

Sagat burçlarynyň deňölçegli üýtgemesi wagt ölçenende wajypdyr.

Ýagtyltgyjyň h beýikligi ýa-da z zenit aralygy kulminasiýa pursatlarynda ýagtyltgyjyň δ ýapgytlygyna we gözegçiniň ýerleşen ýeriniň φ geografik giňligine baglydyr.

Çyzgydan (7-nji çyzgy) gelip çykýar:

1) eger M_I ýagtyltgyjyň ýapgytlygy $\delta < \varphi$ bolsa, onda ol zenitden günortada

$$z = \varphi - \delta \quad (1.6)$$

zenit aralygynda, ýa-da

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta \quad (1.7)$$

beýiklikde kulminasiýada bolýar ;

2) eger $\delta = \varphi$ bolsa, onda ýagtyltgyç zenitde kulminasiýada bolýar we şonda

$$z = 0 \quad (1.8)$$

we

Gün her gije-gündiz dogýar we ýaşýar, ýöne hiç haçan zenitde bolmaýar. Gündiziň we gijäniň dowamlylygy 24 sagatdan gysgadyr. Tomsuna gündiz gijeden dowamlydyr, gyşyna bolsa tersinedir.

3. Yssy guşaklykda ($\varphi = +23^\circ 27'$ -dan $\varphi = -23^\circ 27'$ -a çenli) Gün dogýan we ýaşýan ýagtyltgyçdyr hem-de bir ýylyň dowamynda iki sapar günortanyna zenitde bolýandyr (dürli ýerlerinde ýylyň dürli günleri, ekwatorda bolsa ýazky we güýzki gije-gündiz deňleşýän günleri).

§17. Wagt ölçeginiň esaslary

Wagt ölçemek asman sferasynyň gije-gündiz aýlanmasyna we Günün ýylyň dowamyndaky hereketine, ýagny Ýeriň öz okunyň töwereginde aýlanmasyna we Ýeriň Günün töweregindäki aýlawly hereketine gözegçiliklere esaslanandyr.

Ýeriň öz okunyň töwereginde aýlanmasy gözegçiliklerden örän takyk kesgitlenilýän, peridy asman sferasynyň aýlanma periodyna deň bolan period bilen deňölçegli bolup geçýändir. Şonuň üçin Ýeriň haýsy hem bolsa bir başlangyç ýagdaýyndan öwrülen burçunyň ululygy boýunça geçen wagt barada netije çykarmak mümkindir. Ýeriň başlangyç ýagdaýy hökmünde gözegçilik edilyän ýeriň Ýer meridianynyň tekizliginiň asmanda bellenen nokatdan geçme pursaty, ýagny bu nokadyň berlen meridianda ýokarky (ýa-da aşaky) kulminasiýa pursaty kabul edilyär. Gije-gündiz (gün) diýip atlandyrylýan, wagtyň esasy birliginiň dowamlylygy asmanda saýlanylyp alnan nokada baglydyr. Astronomiýada bu nokatlar hökmünde aşakdaky üç nokat kabul edilendir: a) ýazky gije-gündiz deňleşme nokady; b) Günün görünýän diskiniň merkezi (hakyky Gün); ç) „ortaça gün“-asmandaky ýerleşşi islendik wagt pursaty üçin hasaplap bolýan hyýaly nokat.

Bu üç nokatlar boýunça kesgitlenilýän üç dürli wagt birligi degişlilikde *ýyldyz*, *hakyky gün* we *ortaça gün gije-gündizi (güni)*, olar boýunça ölçenilýän wagta bolsa *ýyldyz*, *hakyky gün* we *ortaça*

maksimal beýikligi $h_{max} = +90^0$ alýar, ýagny zenitden geçýär. Ýylyň galan günleri Gün günortan zenitden günortada kulminasiýada bolýar. Günüň gýşky durýan günü günortan Günüň beýikligi minimaldyr we $h_{min} = +43^006'$ deňdir.

Günorta tropikde ($\varphi = -23^027'$) hem Gün dogýan we ýaşýandyr. Ýöne Gün günortan gözyetimden maksimal beýiklikde ($+90^0$) gýşky durma günü bolýar, minimal beýiklikde ($+43^006'$) bolsa tomusky durma gününde bolýar. Ýylyň galan günleri bolsa Gün günortan zenitden demirgazykda kulminasiýada bolýar.

Polýar aýlawlar bilen tropikleriň aralyklarynda ýerleşen ýerlerde Gün ýylyň hemme günleri dogup ýaşýandyr. Ýarymýyl gündiziň dowamlylygy gijäniň dowamlylygyndan uludyr, ýarymýyl bolsa gijäniň dowamlylygy uludyr. Bu ýerde Günüň günortanky beýikligi mydama 90^0 -dan kiçi (tropiklerden başga) we 0^0 -dan uludyr (polýar aýlawlardan başga).

Tropikleriň aralygyndaky ýerlerde bir ýylyň dowamynda Gün zenitde iki sapar, ýagny Günüň ýapgytlygy geografik giňlige deň bolan günleri bolýar.

d. Ekwatorda ýerleşen gözegçä ($\varphi=0^0$) hemme ýagtyltgyçlar, şol sanda Gün hem, dogýan hem ýaşýandyr. Şunlukda olar 12 sagat gözyetimden ýokarda we 12 sagat gözyetimden aşakda bolýar. Diýmek, ekwatorda gündiziň we gijäniň dowamlylygy mydama deňdir. Bir ýylda Gün günortan iki sapar zenitden geçýär (21-nji martda we 23-nji sentýabrda).

21-nji martdan 23-nji sentýabr aralygynda Gün ekwatorda günortan zenitden demirgazykda, 23-nji sentýabrdan 21-nji mart aralygynda zenitden günortada kulminasiýada bolýar. Günüň günortanky minimal beýikligi $h_{min}=90^0-23^027' =66^033'$ (22-nji iýunda we 22-nji dekabrdan).

Aýdylanlaryň esasynda ýylylyk guşaklyklarynyň astronomik nyşanlaryny kesgitlemek mümkindir.

1. Sowuk guşaklyklarda ($\varphi=\pm 66^033'$ -dan $\varphi=\pm 90^0$ -a çenli) Gün ýaşmaýan we dogmaýan ýagtyltgyç bolup bilýär. Polýar gündiziň we polýar gijäniň dowamlylygy 24 sagatdan ýarym ýyla çenli bolup bilýär.

2. Aram guşaklyklarda ($\varphi=\pm 23^027'$ -dan $\varphi=\pm 66^033'$ -a çenli)

$$h = 90^0 \quad (1.9)$$

beýiklikde bolýar;

3) eger $\delta > \varphi$ bolsa, onda M_2 ýagtyltgyjyň ýokarky kulminasiýasy zenitden demirgazykda

$$z = \delta - \varphi \quad (1.10)$$

zenit aralygynda we

$$h = 90^0 + \varphi - \delta \quad (1.11)$$

beýiklikde bolýar;

4) aşaky kulminasiýa pursatynda M_3 ýagtyltgyjyň zenit aralygy we beýikligi

$$z = 180^0 - \varphi - \delta \quad (1.12)$$

$$h = \delta - (90^0 - \varphi) = \varphi + \delta - 90^0 \quad (1.13)$$

Gözegçiliklerden belli bolşy ýaly, berlen φ geografik giňliklerde her bir ýyldyz mydama gözyetimiň şol bir nokadyndan dogýar (ýaşýar), onuň meridiandaky beýikligi mydama birdeňdir. Bu ýerden ýyldyzlaryň ýapgytlygy wagtyň geçmegi bilen üýtgemeyärler diýip netije çykarmak bolýar.

Günüň, Aýyň we planetalaryň dogýan we ýaşýan nokatlary, şeýle hem olaryň meridiandaky beýiklikleri ýylyň dowamynda üýtgeýändirler. Diýmek, bu asman jisimleriniň ýapgytlyklary wagtyň geçmegi bilen üýtgeýändirler.

§14. Ekliptika. Ekliptik koordinatalar sistemasy

Günortan (ýagny ýokarky kulminasiýa pursatynda), şol bir geografik giňlikde Günüň zenit aralygyny ýa-da beýikligini ölçemeler netijesinde bir ýylyň dowamynda onuň ýapgytlygynyň iki sapar noldan geçip, $+23^027'$ -dan $-23^027'$ -a çenli aralykda üýtgeýändigini kesgitlenendir. Gijeki asmanyň görnüşiniň üýtgemesine edilýän gözegçiliklerden Günüň göni ýokary göterilişiniň hem ýylyň dowamynda ýuwaşlyk bilen 0^0 -dan 360^0 -a çenli, ýa-da 0^h -dan 24^h -a çenli aralykda üýtgeýändigini kesgitlenendir. Hakykatdan hem, göni ýokary göterilişleri Günüň göni ýokary göterilişinden 180^0 ýa-da 12h tapawutlanýan ýyldyzlar ýarygije ýokarky kulminasiýada bolýarlar. Gözegçilikler

bolsa gün-günden göni ýokary göterilişi has uly bolan ýyldyzlaryň ýarygije ýokarky kulminasiýada bolýandyklaryny görkezýär. Diýmek, Günüň göni ýokary göterilişi gün-günden artýandyr.

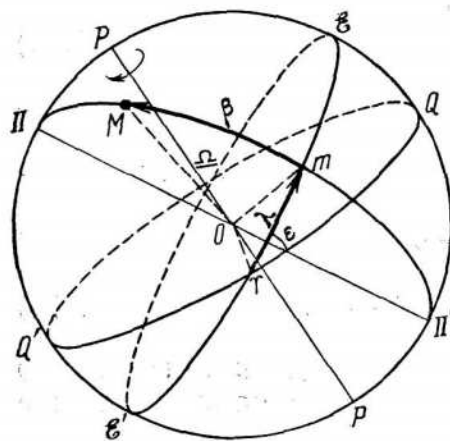
Günüň iki kordinatasynyň hem (zenit aralygy ýa-da beýikligi we göni ýokary göterilişi) üzüksiz üýtgeýänligine seredip, onuň ekliptika diýip atlandyrylýan asman sferasynyň uly aýlawy boýunça ýyldyzlaryň arasynda günbatardan gündogara hereket edýändigini kesgitlemek mümkindir. Ekliptikanyň $\mathcal{E}\gamma\mathcal{E}\Omega$

tekizliginiň (11-nji çyzgy) asman ekwatorynyň tekizligine ýapgytlygy $\varepsilon=23^{\circ}27'$

Ekliptikanyň tekizligine

perpendikulýar bolan III diametre ekliptikanyň oky diýilýär we ol asman sferasynyň üsti bilen ekliptikanyň demirgazyk polýusynda II

(demirgazyk ýarymsfera) we



11-nji surat. Ekliptik koordinatalar sistemasy.

ekliptikanyň günorta polýusynda II' (günorta ýarymsfera) kesişýär

Ekliptika asman ekwatory bilen iki nokatda: γ ýazky gije-gündiz deňleşme nokadynda we Ω güýzki gije-gündiz deňleşme nokadynda kesişýärler.

γ ýazky gije-gündiz deňleşme nokadynda Günüň asman ekwatoryny asman sferasynyň günorta ýarymyndan demirgazyk ýarymyna geçende kesýär. Ω güýzki gije-gündiz deňleşme nokadynda Günüň demirgazyk ýarymsferadan günorta ýarymsfera geçýär.

Deňleşme nokatlaryndan 90° aralykda ýerleşen ekliptikanyň nokatlaryna Günüň tomusky durýan nokady (demirgazyk ýarymsferada) we Günüň gýşky durýan nokady (günorta

gündiz tamamlanyp, dowamlylygy ýarym ýyl bolan gije başlanýar. Günüň gözýetinden aşakda parallele ýakyn bolan aýlawlary çyzmak bilen, gün-günden aşak düşýär. Gýşky durma gününde (22-nji dekababr töweregi) Günüň gözýetinden $h_{min} = -23^{\circ}27'$ beýiklige aşak düşýär. Soňra Günüň gözýetime ýakynlap başlaýar, onuň beýikligi artýar we ýazky gije-gündiz deňleşme günü gözýetinden ýokarda peýda bolýar (dogýar). Ýeriň günorta polýusynda ($\varphi = -90^{\circ}$) ýerleşen gözegçi üçin Günüň gije-gündiz hereketi demirgazyk polýusdaky herekete meňzeş bolup geçýär. Ýöne bu ýerde Günüň 23-nji sentýabrda dogýar, 21-nji martda bolsa ýaşýar. Diýmek, Ýeriň demirgazyk polýusynda gije bolanda günorta polýusynda gündiz we tersligine bolýandyr.

b. Demirgazyk polýar aýlawda ($\varphi=+66^{\circ}33'$) ýerleşen gözegçi üçin ýapgytlygy $\delta \geq +23^{\circ}27'$ bolan ýagtyltgyçlar ýaşmaýan, $\delta < -23^{\circ}27'$ bolan ýagtyltgyçlar bolsa dogmaýan bolýarlar. Diýmek, demirgazyk polýar aýlawda Günüň tomusky durýan gününde ýaşmaýar (ýarygije Günüň diskiniň merkezi gözýetimiň demirgazyk N nokadynda galtaşýar) we gýşky durma gününde bolsa dogmaýar (günortan Günüň diskiniň merkezi gözýetimiň günorta S nokadynda diňe galtaşýar, soňra ýene gözýetinden aşak düşýär). Ýylyň galan günleri bu giňlikde Günüň dogýar we ýaşýar. Şunlukda Günüň maksimal beýikligi ($h_{max} = +46^{\circ}54'$) tomusky durma gününde günortan alýar we gýşky durma gününde günortan bolsa iň minimal ($h_{min}=0^{\circ}$) beýikligi alýar. Günorta polýar aýlawda ($\varphi = -66^{\circ}33'$) gýşky durma günü Günüň ýaşmaýar, tomusky durma günü bolsa dogmaýar.

Demirgazyk we günorta polýar aýlawlary polýar gündizleriň we gijeleriň (dowamlylygy 24 sagatdan köp bolan gijeler we gündizler) nazary taýdan bolup biljek geografik giňliklerini çäklendirýärler.

Polýar aýlawdan aňyrdan ýerleşen nokat geografik polýusa ýakyn boldugyça, şonça-da köp wagtlap Günüň ýaşmaýan ýa-da dogmaýan bolýar. Polýuslara golaýladygymyzça polýar gündiziň we polýar gijäniň dowamlylygy ulalýar.

ç. Demirgazyk tropikda ($\varphi=+23^{\circ}27'$) Günüň dogýan we ýaşýan ýagtyltgyçdyr. Günüň tomusky durýan günü günortan Günüň

Güýzki gije-gündiz deňleşme pursatynda Günün günortanky beýikligi berlen φ giňlikde ýene-de $90^0 - \varphi$ deň bolýar.

Haçanda Gün gýşky durma nokadynda bolanda ($\delta = -23^0 27'$) günorta-gündogarda dogup, günorta-günbatarda ýaşýar. Gije-gündiziň dowamyndaky geçýän ýolunyň köp bölegi gözýetimden aşakda ýerleşýär. Demirgazyk ýarymşaryň berlen φ geografik giňliginde gündiziň dowamlylygy minimal, gijäniň dowamlylygy bolsa maksimal bolýar (günorta giňliklerde bolsa tersligine, gündiziň dowamlylygy maksimal, gijäniň dowamlylygy bolsa minimal bolýar). Ol güne Günün gýşky durýan nokady diýilýär (22-nji dekabır töweregi) we Ýeriň demirgazyk ýarymşarynda gýş başlanýar (günorta ýarymşarda tomus başlanýar)

Günün gýşky durma pursatynda Günün günortanky beýikligi demirgazyk φ giňlikde özüniň minimal bahasyny alýar:

$$h_{min} = 90^0 - \varphi - 23^0 27'$$

Ýylyň beýleki günleri Günün günortanky beýikligi h_{max} we h_{min} aralygyndaky bahalary alýar.

§16. Günün dürli giňliklerde gije-gündiz hereketi

a. Ýeriň demirgazyk polýusynda ($\varphi = +90^0$) ýerleşen gözegçi üçin ýapgytlygy $\delta \geq 0$ bolan ýagtyltgyçlar ýaşmaýan, $\delta < 0$ bolan ýagtyltgyçlar bolsa dogmaýan bolýarlar.

Günün položitel ýapgytlygy 21-nji martdan 22-nji sentýabr aralygynda, otrisatel ýapgytlygy bolsa 23-nji sentýabrdan 21-nji marta çenli bolýar. Diýmek, Ýeriň demirgazyk polýusynda Gün takmynan ýarym ýyl ýaşmaýan, ýarym ýyl bolsa dogmaýan ýagtyltgyç bolýar. 21-nji martda bu ýerde Gün gözýetimden ýokarda ýüze çykýar we asman sferasynyň gije-gündiz aýlanmasy netijesinde gün-günden ýokary galmak bilen gözýetime parallele ýakyn bolan aýlawlary çyzýar. Tomusky durma gününde (22-nji iýun töweregi) Gün maksimal beýikligine $h_{max} = +23^0 27'$ ýetýär. Şondan soň Gün gözýetime ýakynlap başlaýar, beýikligi peselýär we güýzki gije-gündiz deňleşme gününden (22-nji sentýabrdan) soň gözýetimden aşak düşýär (ýaşýar). Ýarymýyllap dowam eden

ýarymsferada) diýilýär.

Ekliptikanyň polýuslaryndan we M ýagtyltgyjyň üstünden geçýän asman sferasynyň II uly ýarym aýlawyna ýagtyltgyjyň giňlik aýlawy diýilýär.

Ekliptika we ýazky gije-gündiz deňleşme nokady ekliptik koordinatalar sistemasynyň esaslarydyr.

Bu sistemada M ýagtyltgyjyň bir koordinatasy β ekliptiki giňlikdir. M ýagtyltgyjyň ekliptiki giňligi diýip, giňlik aýlawynyň ekliptikadan ýagtyltgyja çenli bolan mM dugasyna ýa-da ekliptikanyň tekizligi we ýagtyltgyja tarap ugruň arasyndaky mOM merkezi burça aýdylýar.

Ekliptik giňlik ekliptikanyň demirgazyk II polýusyna tarap hasaplananda onuň ululygy 0^0 -dan $+90^0$ -a çenli aralykdaky bahalary, günorta II' polýusyna tarap hasaplananda bolsa 0^0 -dan -90^0 -a çenli aralykdaky bahalary alyp bilýär.

Tekizligi ekliptikanyň tekizligine parallel bolan şol bir kiçi aýlawda ýerleşen ýagtyltgyçlaryň ekliptik giňlikleri deňdir.

Ekliptik giňlik ýagtyltgyjyň giňlik aýlawynda ýerleşişini kesgitleýär. Giňlik aýlawynyň özüniň asman sferasyndaky ýerleşişini bolsa başga koordinata – λ ekliptik uzaklyk kesgitleýär. M ýagtyltgyjyň λ ekliptik uzaklygy diýip ekliptikanyň γ ýazky gije-gündiz deňleşme nokadyndan ýagtyltgyjyň üstünden geçýän giňlik aýlawyna çenli bolan γm dugasyna ýa-da ýazky gije-gündiz deňleşme nokadyna tarap ugruň we ýagtyltgyjyň üstünden geçýän giňlik aýlawynyň tekizliginiň aralygyndaky γOm merkezi burça aýdylýar. Ekliptik uzaklyk Günün ekliptika boýunça görinýän, ýylyň dowamyndaky hereketiniň ugruna, ýagny günbatardan gündogara tarap hasaplanylýar we ululyklary 0^0 -dan 360^0 -a çenli aralykdaky bahalary alyp bilýär.

Şol bir giňlik aýlawynda ýerleşýän ýagtyltgyçlaryň ekliptik uzaklyklary deňdirler.

Ekliptik koordinatalar sistemasy esasan hem nazary astronomiýada asman jisimleriniň orbitalary kesgitlenende peýdalanylýar.

§15. Günün ekwatorial koordinatalarynyň üýtgemesi

Ekliptika boýunça hereket edende Günün ekwatorial koordinatalarynyň üýtgemesi aşakdaky ýaly bolup geçýär. Gün γ ýazky gije-gündiz deňleşme nokadynda bolanda onuň göni ýokary göterilişi we ýapgytlygy nola deňdir. Soňra Günün göni ýokary göterilişi we ýapgytlygy gün-günden ulalýar we tomusky durma nokadyna gelende onuň göni ýokary göterilişi 90^0 ýa-da 6^h deň bolar, ýapgytlygy bolsa maksimal bahasyna $+23^027'$ -a ýeter. Ondan soňra Günün ýapgytlygy kemelip başlaýar, göni ýokary göterilişi bolsa öňküsi ýaly artmasyny dowam etdirýär. Haçan-da Gün güýzki gije-gündiz deňleşme nokadyna gelende onuň göni ýokary göterilişi $\alpha = 180^0$ -a ýa-da 12^h -a, ýapgytlygy bolsa $\delta = 0^0$ bolar. Soňra Günün göni ýokary göterilişi artmasyny dowam etdirip, Günün gysky durma nokadynda 270^0 -a ýa-da 18^h -a deň bolar, ýapgytlygy bolsa iň minimal bahasyny, ýagny $-23^027'$ alar.

Şondan soňra Günün ýapgytlygy artyp başlaýar we Gün ýazky gije-gündiz deňleşme nokadyna gelende onuň ýapgytlygy ýene-de nola deň bolýar, göni ýokary göterilişi bolsa 360^0 ýa-da 24^h baha ýetip, nola öwrülýär.

Günün ekwatorial koordinatalarynyň bu üýtgemeleri ýylyň dowamynda deňölçegsiz bolup geçýändir. Gün deňleşme nokatlarynyň golaýynda hereket edende ýapgytlygy çalt üýtgeýändir, durma nokatlarynyň golaýynda bolsa iň haýal üýtgeýändir. Göni ýokary göterilişi bolsa tersligine, deňleşme nokatlarynyň golaýynda haýal üýtgeýär we durma nokatlarynyň golaýynda bolsa çalt üýtgeýär. Şunlukda, Günün göni ýokary göterilişiniň üýtgeýiş tizligi tomusky durma nokadynyň golaýynda gysky durma nokadynyň golaýyndakydan kiçidir (degişlikde $57'$ we $61'$ bir gije-gündizde). Günün ekliptika boýunça görünýän hereketi Ýeriň hakyky hereketiniň – Günün töwereginde aýlanmasynyň netijesidir.

Ýeriň Günün töweregindäki hereketi deňölçegsizdir we ugry Ýeriň öz okunyň töwereginde aýlanýan ugry bilen gabat gelýändir. Şunlukda, Ýeriň aýlanma oky ýolunyň tekizligine mydama $66^033'$ ululyga ýapgytdyr. Şonuň üçin Gün hem tekizligi asman

ekwatorynyň tekizligine ýapgytlygy $23^027' = 90^0 - 66^033'$ burça deň bolan töwerek (ekliptika) boýunça asmanda ýyldyzlaryň arasynda, günbatardan gündogara deňölçegsiz hereket edýän ýaly bolup görünýär.

Haçanda Gün ýazky gije-gündiz deňleşme nokadynda bolanda, onda ol Ýer üstüniň hemme geografik giňliklerinde gündogaryň E nokadynda dogup, günbataryň W nokadynda ýaşar. Gije-gündiziň dowamynda geçýän ýolunyň ýarysy gözýetimden ýokarda, ýarysy bolsa gözýetimden aşakda ýerleşer. Netijede bütün Ýer şarynda gündiziň we gijäniň dowamlylygy deňleşýär. Şol güne ýazky gije-gündiz deňleşme günü diýilýär (21-nji mart töweregi) we demirgazyk ýarymşarynda ýaz pasly başlanýar (günorta ýarymşarda bolsa şol pursat güýz pasly başlaýar).

Ýazky gije-gündiz deňleşme pursatynda Günün günortanky beýikligi berlen φ geografik giňlikde (1.7) formula görä:

$$h_0 = 90^0 - \varphi.$$

Haçanda Gün tomusky durma nokadynda bolanda ($\delta = +23^027'$), berlen demirgazyk φ giňlikde demirgazyk-gündogarda dogup, demirgazyk-günbatarda ýaşar. Gije-gündiziň dowamynda geçýän ýolunyň köp bölegi gözýetimden ýokarda ýerleşýär. Demirgazyk ýarymşarda gündiziň dowamlylygy maksimal, gijäniň dowamlylygy minimal, günorta ýarymşarda bolsa tersligine bolýar. Ol güne Günün tomusky durýan nokady diýilýär (22-nji iýun töweregi) we Ýeriň demirgazyk ýarymşarynda tomus başlanýar (günorta ýarymşarynda bu pursat gys başlanýar).

Günün tomusky durma pursatynda Günün günortanky beýikligi demirgazyk φ giňlikde özüniň maksimal bahasyny alýar:

$$h_{max} = 90^0 - \varphi + 23^027'$$

Haçanda Gün güýzki gije-gündiz deňleşme nokadynda bolan pursatynda

($\delta = 0$) ol bütün Ýer şarynda gündogaryň nokadynda dogup, günbataryň nokadynda bolsa ýaşar we ýenede hemme giňliklerde gündiziň we gijäniň dowamlylyklary deňleşýär. Bu güne Günün güýzki gije-gündiz deňleşme günü diýilýär (22-nji sentýabr töweregi) we demirgazyk ýarymşarda güýz başlanýar (günorta ýarymşarda ýaz başlanýar).

planeta radiusy a bolan töwerek boýunça orta burç tizligi n bilen deňölçeqli hereket eden ýagdaýynda $(t-t_0)$ wagt aralygynda çyzýan dugasyna deňdir, ýagny:

$$M = n(t - t_0) = \frac{2\pi}{T}(t - t_0) \quad (2.12)$$

Planetanyň islendik t wagt pursaty üçin ýerleşýän ýagdaýyny hasaplamak aşakdaky yzygiderlik boýunça ýerine ýetirilýär:

1) T we $(t-t_0)$ belli bolan (2.12) formula boýunça M orta anomaliýa kesgitlenýär;

2) (2.11) formula boýunça, e we M belli bolanda, yzygiderli ýakynlaşmalar usuly bilen E ekssentrik anomaliýa kesgitlenýär;

3) (2.9) we (2.10) formulalar boýunça r radius-wektor we ϑ hakyky anomaliýa hasaplanylýar.

Berlen wagt pursatlary üçin planetanyň orbitasynda ýerleşen ýagdaýyny kesgitläp, edil şol wagt pursatlary üçin onuň giňişlik geliosentrik koordinatalaryny hasaplamak mümkindir. Ýeriň orbitasynyň elementlerini bilip, şol wagt pursaty üçin Ýeriň öz orbitasyndaky ýerleşen ýagdaýlaryny hasaplap, planetanyň geliosentrik koordinatalaryny we onuň Ýeriň merkezinden uzaklygyny kesgitlemek mümkindir.

Planetalaryň görünýän koordinatalaryny olaryň orbitalarynyň elementleri boýunça kesgitlemege efemeridleri hasaplamak diýilýär, ýagny planetalaryň ýerleşjek ýagdaýlary uzak möhletler üçin önünden hasaplanan tablisalar görnüşinde getirilýändir.

Ters meselä, ýagny planetalaryň orbitalarynyň elementlerini gözegçilikden alnan koordinatalary boýunça kesgitlemege orbitalary kesgitlemek diýilýär. Bu mesele efemeridleri hasaplamakdan köp çylşyrymlydyr. Kepler bu meseläni uzak wagtlyk dowamynda gözegçilik edilen planetalar üçin çözüpdir. Täze planetalar we kometalar açylanda 3-den az bolmadyk gözegçilikleriň esasynda orbitalaryny kesgitlemek usulyýeti XIX asyryň başynda işlenip düzüldi.

Efemeridleri hasaplamak we orbitalary kesgitlemek - nazary astronomiýanyň esasy meseleleriniň biridir.

kalendar ýylynyň dowamlylygy yzygider üç ýyl 365 orta Gün gije –gündizine deň, her dördünji ýyl bolsa 366 gije-gündizden ybarat diýip kabul edilýär.

365 gije-gündizli ýyllara ýönekeý ýyllar, 366 gije-gündizli ýyllara bolsa uzyn ýyllar diýilýär. Ýulian kalendarynda tertip belgisi galyndysyz 4-e bölünýän ýyllar uzyn ýyllardyr. Uzyn ýyllarda fewralda 29 gije-gündiz, ýönekeý ýyllarda bolsa 28 gije-gündiz bardyr.

Şeýlelikde 4 ýylyň dowamynda seredenimizde Ýulian kalendarynyň 1 ýylynyň dowamlylygy 365,25 orta Gün gije-gündizine deňdir, ýagny kalendar ýyl tropik ýyldan bary-ýogy 0,0075 gije-gündiz uzakdyr.

Ýulian kalendary boýunça ýyl hasaby ýöredilende 128 ýylda onuň tropik ýyl bilen deňeşdirilende 1 gije-gündiz tapawudy bolar, 400 ýylda bolsa 3 gije-gündiz töweregi bolar. Mysal üçin, ýazky gije-gündiz deňleşme güni Ýulian kalendary boýunça üç gije-gündiz ir geler. Bu tapawut gündelik durmuşa kän bir täsiri ýok, şol sebäpli Ýulian kalendary onalty asyryň dowamynda ulanylypdyr.

Grigorian kalendary.

Bu kalendar 1582-nji ýylda Rim buthanasynyň ýolbaşçysy Grigoriý XIII tarapyndan dini garaýyşlary göz önünde tutup, Ýulian kalendarynyň kämilleşdirilmegi netijesinde döredilendir.

Ýokarda bellenilip geçilen Ýulian kalendary bilen tropik ýylyň arasyndaky ýüze çykýan tapawut buthana ýyl hasabynyň ýöredilişi üçin amatsyzlyklary ýüze çykarýar. Hristian buthanasynyň düzgünleri boýunça pasha baýramçylygy ýazky gije-gündiz deňleşmesinden soň, doly Aý fazasyndan soň birinji ýekşenbe bellenilýär. Biziň eýýamymyzyň 325-nji ýylynda bu düzgün kabul edilende ýazky gije-gündiz deňleşme güni 21-nji marta düşüpdur. 1582-nji ýylda, ýagny 1257 ýyldan soň, ýazky gije-gündiz 11-nji marta düşýär. Kalendary kämilleşdirmek italýan matematigi we lukmany L.Lillio tarapyndan tekliplenen taslama boýunça geçirilýär. Reforma şu bölümlerden ybaratdyr:

1) 1582-nji ýylyň 4-nji oktýabryndan soň 5-nji oktýabr hasaplaman, 15-nji oktýabr hasaplamaly;

2) geljekde ýüzýlylyklar çalşanda, ýüzýlylyklary görkezýän san 4-e galyndysyz bölünmese, şol ýyly uzyn ýyl hasaplamaly däl (mysal üçin, 1700,1800,1900,2100 we ş.m.).

Reformanyň birinji bölümi Ýulian kalendar bilen tropik ýyl hasabynyň aratapawudy bolan 10 gije-gündizi aradan aýyrýar we soňky ýylda ýazky gije-gündiz deňleşme güni 21-nji marta düşýär.

Ikinji bölümi bolsa kalendar ýylynyň 400 ýylda ortaça dowamlylygyny 365,2425 orta Gün gije-gündizine deňleýär. Şeýlelik bilen kalendar ýyly tropik ýyldan bary-ýogy 0,0003 gije-gündize uzak bolýar, ýagny 3300 ýylda tapawut 1 gije-gündize deň bolýar. Şol sebäpli Grigorian kalendaryny bu ugurda kämilleşdirmegiň zerurlygy yokdur.

Grigorian kalendarý günbatar döwletleriň köpüsinde XVI-XVII asyrlarda ulanylyp başlanandyr.

Hijri-kamary kalendarý. Sagadyň oýlanyp tapylmadyk döwürleri Aýyň hereketine görä ýöredilýän kalendarý has amatly bolupdyr. Sebäbi Aýyň şekiline seredip aý-gün hasabyny ýöretmek amatly bolupdyr. VII asyrdan başlap Aý senenamasy musulman ýurtlarynda Gün kalendarý bilen bir hatarda peýdalanylyp gelnipdir. Oňa görä ata-babalarymyz köp ýyllap musulman döp-dessurlaryny berjaý edip gelyärler. Aýyň Güne görä Ýeriň töwereginde edýän hereketi boýunça ýöredilýän kalendarý hijri-kamary kalendarý diýilýär. Bu hasap Muhammet pygamberiň we onuň döreden yslam dinine uýýan adamlaryň yzarlardan gaçyp, Mekgeden Medinä göçüp giden döwründen, ýagny biziň eýýamymyzyň 622-nji ýylynyň iýul aýynyň 16-syndan ýöredilýär.

Ylmy düşüňjä laýyklykda hasap Aýyň we Güniň merkezleriniň meridiaana görä deňleşen pursatyndan başlanýar. Aýyň sag tarapdan golaýlaşyp, Güniň yzyndan ýeten pursatyndan köne aý tamamlanyp, täze aý başlaýar. Ata-babalarymyz hasaby Aýyň ilkaşamdan Gün ýaşan soň günbatar da görnüp başlan pursatyndan ýöredipdirler. Haçan-da täze Aý Gün ýaşandan soň görünse, şol agşamy we ertir gündizi aýyň biri hasaplanýlar. Şonuň üçin türkmenlerde: "Görüp ýap-da, görüp aç" diýen ýörgünli sözler bar. Haçan-da täze Aý ýaşmanka, gündogardaky

ýarymoky bilen kesgitlenýändir. Köplenç bu ululyk bilen birlikde planetanyň orbitasynyň elementi hökmünde gije-gündiziň dowamyndaky hereketi $n = \frac{360^0}{T} = \frac{2\pi}{T}$, ýagny planetanyň gije-gündiziň dowamyndaky burç tizliginiň orta bahasy berilýär.

5) Orbitanyň ekssentrisiteti $e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$, bu ýerde a we b elliptik orbitanyň ýarymoklary. Uly ýarymok a we ekssentrisitet e orbitanyň ölçeglerini we görnüşini kesgitleýändir.

6) t_0 perigeliýden geçme pursaty, ýagny haýsy hem bolsa kesgitli t wagat pursatynda planetanyň orbitasynda ýerleşiş ýagdaýy.

Planetanyň perigeliýden geçme wagat pursatyny t_0 we orbitasynyň beýleki elementlerini bilip, onuň islendik t wagat pursatynda orbitasynyň tekizliginde ýerleşjek ýagdaýyny kesgitlemek mümkindir. Planetanyň orbitasynda ýerleşýän ýagdaýy iki ululygyň- r radius-wektoryň we g hakyky anomaliýanyň ululyklary bilen kesgitlenilýändir. Hakyky anomaliýa diýip G Günden Π perigeliý nokadyna tarap ugur bilen planetanyň radius-wektorynyň aralygyndaky ΠGP burça aýdylýar (29-njy çyzgy). r radius-wektor we g hakyky anomaliýa aşakdaky formulalar boýunça hasaplanýlar:

$$r = a(1 - \cos E) \quad (2.9)$$

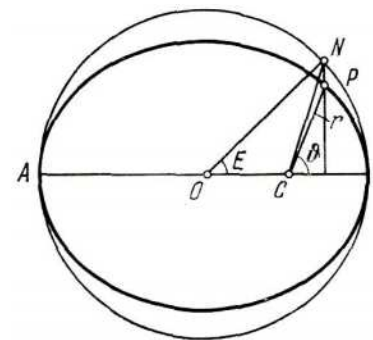
$$\operatorname{tg} \frac{g}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \operatorname{tg} \frac{E}{2} \quad (2.10)$$

bu ýerde $E = \angle \Pi ON$ deňdir we oňa ekssentrik anomaliýa diýilýär.

Ekssentrik anomaliýa E Kepleriň deňlemesinden hasaplanýlar:

$$M = E - e \sin E, \quad (2.11)$$

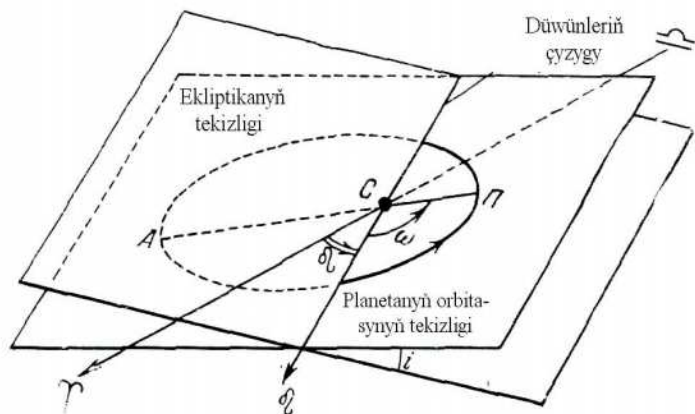
bu ýerde $M = \angle \Pi CN = \Pi N$ we oňa orta anomaliýa diýilýär. Orta anomaliýanyň ululygy eger-de



29-njy çyzgy. Hakyky, orta we ekssentrik anomaliýa.

1) Planetanyň orbitasynyň tekizliginiň ekliptikanyň tekizligine ýapgytlygy- i . Ýapgytlyk 0^0 -dan 180^0 -a çenli aralykda islendik bahany alyp bilýär. Eger

$0 \leq i \leq 90^0$ bolsa, onda planeta Günüň (G) daşynda Ýeriň aýlanýan (dogry) ugry boýunça aýlanýar; eger $90^0 < i < 180^0$ bolsa onda planeta ters ugurda aýlanýandyr.



28-nji çyzygy. Orbitalaryň elementleri.

2) Dogýan düwüniň (Ω) uzaklygy (geliosentrik), ýagny Günüň merkezinden dogýan düwüne tarap bolan ugur bilen ýazky gije-gündiz deňleşme nokadyna bolan ugruň arasyndaky burç. Dogýan düwüniň uzaklygy 0^0 -dan 360^0 çenli aralykda islendik bahany alyp bilýär.

Dogýan düwüniň Ω uzaklygy we i ýapgytlyk orbitanyň tekizliginiň giňişlikdäki ýerleşişini kesgitleýärler.

3) Perigeliýniň düwünden ω burç aralygy, ýagny Günüň merkezinden dogýan düwüne bolan ugur bilen perigeliýä (II) bolan uguryň arasyndaky burç. Bu ululyk orbitanyň tekizliginde planetanyň hereket edýän ugry boýunça hasaplanylýar we 0^0 -dan 360^0 -a çenli aralykda islendik bahany alyp bilýär. Perigeliýniň ω burç aralygy orbitanyň onuň tekizligindäki ýerleşişini kesgitleýär. (Käwagt ω ýerine perigeliýniň uzaklygy $\pi = \Omega + \omega$ hem berilýär.)

4) Elliptik orbitanyň a uly ýarymoky. Planetanyň Günüň daşyndan aýlanmagynyň siderik periody esasan hem orbitanyň uly

şapak sönse, onda şol agşam aýyň biri däl-de, ikisi diýlip hasap edilýär. Ulugbek hijri-kamary senenamasyny inňän takyk kesgitlemek usulyňy döredipdir.

Hijri-kamary hasabyndaky aýlaryň atlary şeýledir:

- | | |
|----------------------------------|-----------------|
| 1. Aşyr aýy. Ýylyň başy. | 7. Rejep aýy. |
| 2. Sapar aýy. | 8. Meret aýy. |
| 3. Dört tirkeşikleriň 1-nji aýy. | 9. Oaza aýy. |
| 4. Dört tirkeşikleriň 2-nji aýy. | 10. Baýram aýy. |
| 5. Dört tirkeşikleriň 3-nji aýy. | 11. Boş aý. |
| 6. Dört tirkeşikleriň 4-nji aýy. | 12. Gurban aýy. |

Türkmenlerde milady hasabyna görä ýöredilýän 12 ýyldan ybarat bolan müçe hasaby hem bardyr. Bu hasap, esasan, adamyň ýaşı kesgitlenende ulanylýar. Müçe ýyllary haýwan atlaryndan durýandyr we ol hasap ulanýan milady hasabymyza 1-nji tablisa görä gatnaşyklydyr.

1-nji tablisa

Müçe hasabynyň milady senesine bolan gatnaşygy

Syçan	Sygyr	Bars	Towşan	Luw	Ýylan	Ýylky	Goyun (Kow)	Bijin (Majmun)	Takyk (Tawuk)	It	Doňuz
											1983
1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
2032											

1-nji tablisadaky hasaby täze öýjükler çyzyyp, gerekli senä çenli öňe we yza dowam etdirmek bolar.

Hijri-şemsi kalendary. Hijri-şemsi hasaby hem Günüň ortaça hereketine görä ýöredilýän milady hasaby ýaly kalendarydyr. Diňe şol hasap Muhammet pygamberiň Mekgeden Medinä göçen ýylyna, ýagny 622-nji ýyla görä ýöredilýär. Hijri-şemsi hasabynda täze ýyl martyň 21-inden başlanýar.

Kalendar ýylynyň başlangyjy (Täze ýyl) şertli düşüňjendir. Geçmişde käbir döwletlerde Täze ýyl 25-nji martda, 25-nji

dekabrda we başga dürli günlerde başlanan wagtlary bolupdyr. Mysal üçin, Russiýada XV asyra çenli ýylyň birinji günü diýip 1-nji marty, XV asyrdan 1700-nji ýyla çenli 1-nji sentýabry hasaplapdyrlar. Diňe wagtyň geçmegi bilen ýuwaş-ýuwaşdan, biziň eýamymyzdan ön 46-njy ýylda Ýulian kalendary girizilendäki ýaly, kalendar ýylyň başlangyjy diýip 1-nji ýanwar hasaplanyp başlapdyr.

Ýyl hasabynyň başlangyjynyň (eralaryň başlangyjy) saýlanyp alnyşy hem şertlidir. Geçmişde real wakalar bilen ýa-da taryhy, esasan hem dini wakalar bilen bagly bolan 200-e golaý dürli eýýamlar (eralar) bolup geçipdir.

§24. Sferik üçburçluk we sferik trigonometriýanyň formulalary

Astronomiýanyň asman jisimleriniň görünýän ýerleşişleri we hereketleri bilen baglanyşykly bolan köp meseleleriniň çözüwi sferik üçburçlugyň çözüwine syrygýandyr.

Sferik üçburçluk diýip sferanyň üstünde üç sany uly aýlawlaryň dugalarynyň emele getirýän ABC şekiline (figurasyna) aýdylýar.

Sferik üçburçlugyň taraplaryny emele getirýän uly aýlawlarynyň tekizlikleriniň aralygyndaky ikigranly (iki taraply) burçlara sferik üçburçlugyň burçlary diýilýär. Bu burçlar üçburçlugyň depesinde taraplaryna geçirilen galtaşýan çyzyklaryň emele getiren tekiz burçlary bilen ölçenýär.

Adatça burçlary we taraplary 180^0 -dan kiçi bolan üçburçluklar seredilýär. Bular ýaly sferik üçburçluklar üçin burçlarynyň jemi mydama 180^0 -dan ulydyr we 540^0 -dan kiçidir, taraplarynyň jemi bolsa mydama 360^0 -dan kiçidir. Sferik üçburçlugyň üç burçlarynyň jemi bilen 180^0 -yň tapawudyna σ sferik artykmaçlyk diýilýär, ýagny:

$$\sigma = \angle A + \angle B + \angle C - 180^0$$

Sferik üçburçlugyň meýdany S :

$$S = \sigma \frac{\pi R^2}{180^0},$$

Kepleriň birinji we ikinji kanunlary Kopernigiň üçünji we dördünji tassyklamalarynyň nädogrydygyny görkezýär.

Kepleriň üçünji kanuny matematiki görnüşde şeýle ýazylýar:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \quad (2.7)$$

Bu ýerde T_1 we T_2 planetalaryň aýlawly hereketiniň siderik periodlary, a_1 we a_2 orbitalarynyň uly ýarymoklary.

Eger planetalaryň orbitalarynyň uly ýarymoklaryny Günden Ýere çenli orta uzaklygynyň birliklerinde (astronomik birliklerde), aýlanma periodlaryny bolsa ýyllarda aňlatsak, onda Ýer üçin $a=1$ we $T=1$ bolar. Onda islendik başga planetanyň Günüň daşyndan aýlanma periody

$$T = \sqrt{a^3} \quad (2.8)$$

Kepleriň üçünji kanuny planetalar sistemasyny bir bütewilige baglanyşdyrýar.

§35. Planetalaryň orbitalarynyň esasy häsiýetnamalary. Nazary astronomiýanyň esasy meseleleri

Eger planetanyň orbitasynyň tekizligi, onuň görnüşi we ölçegi, tekizlikdäki ugry belli bolsa we planetanyň orbitasynyň kesgitli nokadynda boljak wagt pursaty anyklanar bolsa, onda planetanyň hereketi doly kesgitlenen bolýar. Planetanyň orbitasyny kesgitleýän ululyklara *planetanyň orbitasynyň elementleri* diýilýär.

Planetanyň orbitasynyň ýerleşiş ýagdaýy kesgitlenende esasy tekizlik diýip kabul edilen, ekliptikanyň tekizligine görä kesgitlenilýär.

Planetanyň orbitasynyň ekliptikanyň tekizligi bilen kesişýän iki nokadyna *dogýan* we *ýaşýan düwünler* diýilýär. Ekliptikanyň günorta polýusundan demirgazyk polýusyna tarap hereket edip, ekliptikany kesip geçýän nokady planetanyň orbitasynyň *dogýan düwünidir*. Planetanyň ekliptik orbitasyny 6 sany esasy elementi kesgitleýär (28-nji çyzgy).

Weneranyň orbitasy $(e=0,007)$, iň uly eksentrisitet bolsa Merkuriýniň orbitasy $(e=0,206)$ deňşlidir. Ýer orbitasynyň eksentrisiteti $e=0,017$.

Kepleriň 1-nji kanunyna laýyklykda planetanyň elliptik orbitasynyň fokuslarynyň birinde Gün ýerleşendir. Goý, 27-nji çyzygyda Gün f_1 fokusda ýerleşen bolsun. Onda orbitanyň Güne iň golaý ýerleşen II nokadyna perigeliý diýilýär, Günden iň daşda ýerleşen A nokadyna bolsa afeliý diýilýär. Orbitasynyň AII uly okuna apsid çyzygy, orbitasynda ýerleşen P planetany Gün bilen birleşdirýän f_1P çyzygy bolsa planetanyň radius-wektory diýilýär. Planeta orbitasynyň perigeliý nokadyna bolanda Güne iň golaý barýar, afeliý nokadyna bolsa ondan iň daşda bolýar.

Perigeliýde planetanyň Günden daşlygy

$$q = a(1 - e), \quad (2.3)$$

afeliýde Günden daşlygy

$$Q = a(1 + e). \quad (2.4)$$

Planetanyň Günden uzaklygynyň orta bahasy orbitasynyň uly ýarymokuna deňdir:

$$a = \frac{q + Q}{2}.$$

Kepleriň ikinji kanunyna laýyklykda, planetanyň radius-wektorynyň Δt wagtda perigeliýniň ýakynynda çyzan CP_1P_2 meýdany onuň afeliýniň ýakynynda şol bir Δt wagtda çyzan CP_3P_4 meýdanyna deňdir (27-nji b çyzygy). P_1P_2 duganyň P_3P_4 dugadan uly bolany sebapli planetanyň perigeliýniň ýakynyndaky tizligi afeliýdiki tizliginden ulydyr. Diýmek planetanyň Günüň daşyndan aýlawly hereketi deňölçegsidir. Planetanyň perigeliýdäki tizligi:

$$g_q = g_c \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}, \quad (2.5)$$

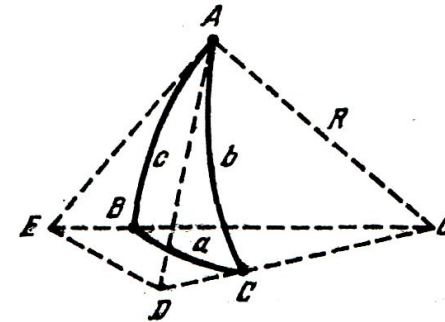
afeliýdäki tizligi

$$g_Q = g_c \sqrt{\frac{1-e}{1+e}}, \quad (2.6)$$

bu ýerde g_c planetanyň orta ýa-da $r=a$ bolandaky aýlaw tizligi, Ýeriň aýlaw tizligi $g_c = 29,78 \text{ km/s} \approx 29,8 \text{ km/s}$ deňdir.

deňdir. Bu ýerde R – üstünde üçburçluk ýerleşen sferanyň radiusy. Sferik üçburçluk häsiýetnamalary boýunça tekizlikdäki üçburçlukdan tapawutlanýar we onuň üçin tekizlik trigonometriýasynyň formulalaryny ulanyp bolmaýar.

Merkezi O nokatda ýerleşen R radiusly sferanyň üstünde ýerleşen ABC sferik üçburçlugy alalyň (15-nji çyzygy). A depeden



15-nji çyzygy. Sferik üçburçluk.

b we c taraplara galtaşýan AD we AE geçireliň. Bu galtaşýanlary deňişli galtaşýan bilen bir tekizlikde ýatan radiuslaryň OC we OB dowamlary bilen kesişýänçäler dowam edýäris. Kesişme D we E nokatlary göni bilen birikdirip, umumy DE taraplary bolan iki sany

tekiz gyýak burçly ADE we ODE üçburçluklary alarys. Bu üçburçluklara elementar geometriýanyň teoremlaryny ulanyp, ýazarys:

$$DE^2 = OD^2 + OE^2 - 2OD OE \cos a$$

$$DE^2 = AD^2 + AE^2 - 2AD AE \cos A.$$

Ikinji deňlikden birinjiňi aýryp, alarys:

$$2OD OE \cos a = OD^2 - AD^2 + OE^2 - AE^2 + 2AD AE \cos A. \quad (1.31)$$

Göniburçly tekiz OAE we OAD üçburçluklardan alarys:

$$OD^2 - AD^2 = R^2, \quad OE^2 - AE^2 = R^2, \quad AD = R \operatorname{tg} b, \quad AE = R \operatorname{tg} c,$$

$$OD = \frac{R}{\cos b}; \quad OE = \frac{R}{\cos c}.$$

Bu gatnaşyklary (1.31) formulada ýerine goýup, deňişli gysgaltmalardan soň alarys:

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A. \quad (1.32)$$

Sferik üçburçlugyň islendik tarapynyň kosinusy beýleki iki taraplarynyň kosinuslarynyň köpeltmek hasylyna şol taraplaryň sinuslarynyň aralaryndaky burçuň kosinusyna köpeltmek hasylynyň goşulmagyna deňdir.

(1.32) formulany üçburçlugyň islendik tarapy üçin ýazmak

mümkündür. Formulany b tarap üçin ýazalyň:

$$\cos b = \cos a \cos c + \sin a \sin c \cos B$$

we oňa (1.32) formuladan $\cos a$ bahasyny goýup, alarys:

$$\cos b = \cos c (\cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A) + \sin c \sin a \cos B.$$

ýaýlary açyp, sag bölekdäki birinji agzany çepe geçirip, alarys:

$$\cos b (1 - \cos^2 c) = \sin b \sin c \cos c \cos A + \sin c \sin a \cos B.$$

$(1 - \cos^2 c)$ - ny $\sin^2 c$ bilen çalşyp we aňlatmany $\sin c$ bölüp, alarys:

$$\sin a \cos B = \sin c \cos b - \cos c \sin b \cos A \quad (1.33)$$

Sferik üçburçlugaň tarapynyň sinusynyň seplesýän burçuň kosinusyna köpeltmek hasyly seplesýän burçy çäklendirýän beýleki tarapyň sinusynyň üçünji tarapyň kosinusyna köpeltmek hasylyndan seplesýän burçy çäklendirýän tarapyň kosinusyny üçünji tarapyň sinusyna we birinji tarapyň garşysyndaky burçuň kosinusyna köpeltmek hasylynyň aýrylmagyna deňdir.

Alnan (1.33) formula baş elementniň formulasy diýilýär. Bu formulany

$\sin a \cos C, \sin b \cos A, \sin b \cos C, \sin c \cos A, \sin c \cos B$ üçin ýazmak bolýar. (1.32) deňligi $\cos A$ görä çözelin:

$$\cos A = \frac{\cos a - \cos b \cos c}{\sin b \sin c}.$$

Bu deňligiň iki tarapyny hem kwadrata göterip we 1-den aýryp, alarys:

$$1 - \cos^2 A = \frac{\sin^2 b \sin^2 c - (\cos a - \cos b \cos c)^2}{\sin^2 b \sin^2 c}$$

ýa-da

$$\sin^2 A = \frac{(1 - \cos^2 b)(1 - \cos^2 c) - (\cos a - \cos b \cos c)^2}{\sin^2 b \sin^2 c}.$$

Ýaýlary açyp we bu aňlatmanyň iki tarapyny hem $\sin^2 a$ bölüp, alarys:

$$\frac{\sin^2 A}{\sin^2 a} = \frac{1 - \cos^2 a - \cos^2 b - \cos^2 c + 2 \cos a \cos b \cos c}{\sin^2 a \sin^2 b \sin^2 c},$$

Alnan aňlatma a, b we c görä simmetrikdir, diýmek, meňzeşlik (analogiýa) boýunça

goýýar.

Ilkibaşda Kelper asman jisimlerini diňe töwerek boýunça hereket edip bilerler diýen, döp bolup galan düşüňjeden ugur alyp, Marsa laýyk gelýän töwerek görnüşli orbitany saýlap, köp wagat sarp edipdir.

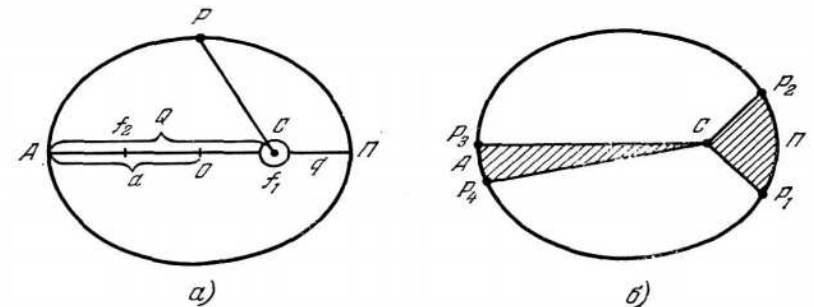
Köp ýyllaryň dowamynda ýerine ýetiren çylşyrymly hasaplamlaryndan soň, planetalaryň hereketleriniň orbitalary töwerek görnüşli bolmaly diýen nädogry düşüňjeden el çekip, Kepler planetalaryň hereketleriniň üç kanunyny açýar. Bu kanunlar häzirki döwürde aşakdaky görnüşde formulirlenýär:

1) Hemme planetalar fokuslarynyň birinde (hemme planetalar üçin umumy) Gün ýerleşen ellipsler boýunça hereket edýärler.

2) Planetanyň radius-wektory deň wagat aralygynda deň meýdanlary çyzýar.

3) Planetalaryň Güniň daşyndan aýlawly hereketleriniň siderik periodlarynyň kwadratlary olaryň elliptik orbitalarynyň uly ýarym oklarynyň kublaryna proporsionaldyr.

Belli bolşy ýaly, ellipsiň islendik nokadyndan onuň $A\Pi$ okunda ýerleşen, fokuslar diýip atlandyrylýan f_1 we f_2 , nokatlara çenli bolan aralyklaryň jemi hemişelik ululykdyr (27-nji çyzgy). Bu ýerde O nokat ellipsiň merkezi, ΠO (ýa-da AO) aralyk ellipsiň uly



27-nji çyzgy. a) Elliptik orbita; b) Kepleriň ikinji kanunynyň çyzgysy.

ýarymoky we a bilen belgilenýär, $Of_1/O\Pi = e$ bolsa ellipsiň ekssentrisiteti. Ekssentrisitet ellipsiň töwerekden süýnmekligini görkezýär. Töwerek üçin $e=0$.

Planetalaryň orbitalarynyň töwerekden tapawudy örän azdyr, ýagny ekssentrisitetleri kiçi ululyklardyr. Iň kiçi ekssentrisitet

Planetanyň öz orbitasy boýunça Günüň daşynda bir doly aýlaw etmegi üçin sarp edýän wagat aralygyna planetanyň aýlawly hereketiniň siderik ýa-da ýyldyz (T) periody diýilýär.

Ýeriň aýlawly hereketiniň siderik periodyna ýyldyz ýyly (T_o) diýilýär. Bu üç periodlaryň arasyndaky ýönekeý matematiki baglanyşygy aşakdaky pikir ýöretmelerden alyp bolýar.

Planeta orbitasy boýunça bir gije-gündüzde süýşýän burçy $\frac{360^0}{T}$ deň, Ýer bolsa $\frac{360^0}{T_{\oplus}}$ burça süýşýär. Planetanyň we Ýeriň ýa-da Ýeriň we planetanyň gije-gündüzde süýşýän burçlarynyň tapawudy planetanyň gije-gündiziň dowamynda görüňýän süýşmesine, ýagny $\frac{360^0}{S}$ deňdir. Bu ýerden aşaky planetalar üçin:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\oplus}}, \quad (2.1)$$

ýokarky planetalat üçin:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T} \quad (2.2)$$

Bu deňlemelere sinodik hereketiň deňlemesi diýilýär.

Gözegçiliklerden diňe planetalaryň aýlawly hereketiniň sinodik periodlaryny (S) we Ýeriň siderik periodyny, ýagny ýyldyz periodyny kesgitlep bolýandyr. Planetalaryň siderik periodlary (T) bolsa sinodik hereketiň degişli deňlemesinden hasaplanylýar.

Ýyldyz ýylynyň dowamlylygy 365,26 orta Gün gije-gündüzine deňdir.

§34. Kepleriň kanunlary

Iogann Kepler (1572-1630) Älemiň gurluşynyň geliosentrik sistemasynyň tarapdary bolmak bilen daniýaly astronom Tiho Brage (1546-1601) tarapyndan ýigrimi ýylyň dowamynda we özüniň birnäçe ýylyň dowamynda Marsa eden gözegçilikleri boýunça bu sistemany kämilleşdirmek meselesini öz önünde

$$\frac{\sin^2 B}{\sin^2 b} = \frac{1 - \cos^2 a - \cos^2 b - \cos^2 c + 2 \cos a \cos b \cos c}{\sin^2 a \sin^2 b \sin^2 c},$$

$$\frac{\sin^2 C}{\sin^2 c} = \frac{1 - \cos^2 a - \cos^2 b - \cos^2 c + 2 \cos a \cos b \cos c}{\sin^2 a \sin^2 b \sin^2 c},$$

bu ýerden

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C} = \text{const}$$

ýa-da

$$\frac{\sin a}{\sin b} = \frac{\sin A}{\sin B} \quad (1.34)$$

Sferik üçburçlugyň taraplarynyň sinuslary garşy gabatlaryndaky burçlaryň sinuslaryna proporsionaldyr; ýa-da sferik üçburçlugyň tarapynyň sinusynyň garşy gabadyndaky burçuň sinusyna bolan gatnaşygy hemişelik ululykdyr.

(1.32),(1.33),(1.34) gatnaşyklary sferik üçburçlugyň taraplary bilen burçlarynyň aralaryndaky esasy gatnaşyklardyr. Bu gatnaşyklardan sferik trigonometriýanyň başga köp formulalaryny almak mümkin. Gönüburçly sferik üçburçlugyň diňe bir formulasyny çykarmak bilen çäkleneliň. $A=90^0$ diýip alsak, onda $\sin A=1$, $\cos A=0$ we (1.33) formuladan alarys:

$$\sin a \cos B = \sin c \cos b$$

Bu aňlatmanyň iki tarapyny hem $\sin b$ bölüp we $\sin a/\sin b$ gatnaşygy $\sin A/\sin B = 1/\sin B$ billen çalşyp, (1.34) aňlatma laýyklykda alarys:

$$\text{ctg} B = \text{sinc} \text{ctg} b \quad \text{ýa-da}$$

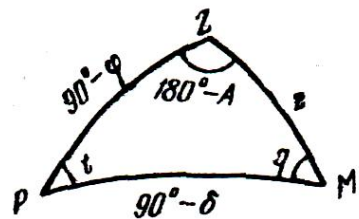
$$\frac{\text{tg} b}{\text{tg} B} = \sin c \quad (1.35)$$

Gönüburçly sferik üçburçlugyň katetleriniň biriniň tangensiniň garşy gabadyndaky burçuň tangensine bolan gatnaşygy beýleki katetiň sinusyna deňdir.

§25. Parallaktik üçburçluk we koordinatalary özgertmek

Asman sferasynda asman meridianynyň, wertikal aýlawyň we ýagtyltgyjyň sagat aýlawynyň kesişmekleri netijesinde alynýan üçburçluga parallaktik üçburçluk diýilýär. Onuň depeleri – P dünýäniň polýusy, Z zenit we M ýagtyltgyçdyr.

Eger M ýagtyltgyç asman sferasynyň günbatar ýarysynda ýerleşen bolsa (16-njy çyzgy), onda ZP tarap (asman meridianynyň dugasy) $90^\circ - \varphi$ deň, bu ýerde φ - gözegçilik edilýän ýeriň geografik giňligi; ZM tarap (wertikal aýlawyň dugasy) ýagtyltgyjyň zenit aralygy

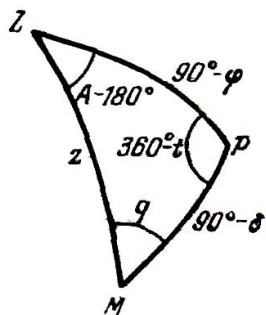


16-njy çyzgy. Parallaktik üçburçluk.

$z = 90^\circ - h$ deň, bu ýerde h -ýagtyltgyjyň beýikligi; PM tarap (sagat aýlawynyň dugasy) ýagtyltgyjyň polýar aralygyna

$p = 90^\circ - \delta$ deň, bu ýerde δ -ýagtyltgyjyň ýapgytlygy, burç $PZM = 180^\circ - A$ deň, bu ýerde A -ýagtyltgyjyň azimuty; burç $ZPM = t$ deň, ýagny ýagtyltgyjyň sagat burçy; burç $PNZ = q$ parallakrik burç diýilýär.

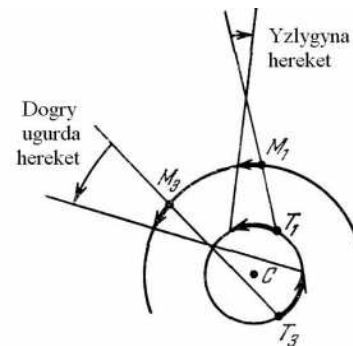
Eger ýagtyltgyç asman sferasynyň gündogar ýarysynda ýerleşen bolsa (17-nji çyzgy), onda parallaktik üçburçlugyň taraplary ýagtyltgyç günbatar ýarymda ýerleşen ýagdaýyndaky ýaly bolar. Ýöne Z we P depelerdäki burçlaryň ululyklary üýtgär, ýagny burç $PZM = A - 180^\circ$, burç $ZPM = 360^\circ - t$ bolar.



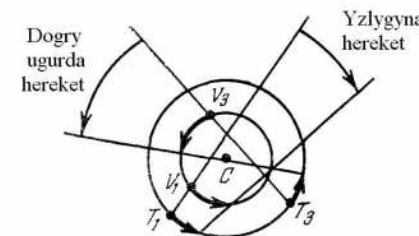
17-nji çyzgy. Parallaktik üçburçluk.

Şol bir ýagtyltgyç üçin parallaktik üçburçlugyň görnüşi gözegçilik edilýän nokadyň giňligine φ (P we Z özara ýerleşişinden) we gözegçilik edilýän pursata, ýagny t sagat burçuna baglydyr.

Haçanda ýokarky planeta (25-nji çyzgy) birleşme ýagdaýynyň golaýynda ýerleşende (M_3) onuň hereketiniň tizliginiň ugru Ýeriň T_3 hereketiniň tizliginiň ugruna garşydyr. Ýerden seredilende planeta dogry ugurda hereket edýän, ýagny hakyky hereket edýän ugru bolan, sagdan çepä hereket edýän bolup görünär. Şonda planetanyň tizligi has uly ýaly bolup görünär. Haçan-da ýokarky planeta garşyda durma (M_1) ýagdaýynyň golaýynda ýerleşende onuň hereketiniň tizliginiň ugru Ýeriň hereketiniň tizliginiň ugru bilen ugurdaş bolýar. Ýöne Ýeriň çyzykly tizligi ýokarky



25-nji çyzgy. Ýokarky planetanyň dogry ugurda we yzlygyna hereketi.



26-njy çyzgy. Aşaky planetanyň dogry ugurda we yzlygyna hereketi.

planetanyň çyzykly tizliginden uly bolar we Ýerden seredilende planeta yzlygyna, çepden saga, ýagny götünleýin hereket edýän ýaly bolup görünär.

Şular ýaly pikir ýöretmeler aşaky planetalaryň (Merkuriý, Wenera) aşaky birleşme ýagdaýlarynyň golaýynda V_1 näme sebäpli götünleýin hereket edýändigini, ýokarky birleşme ýagdaýynyň (V_3) golaýynda bolsa dogry ugurda hereket edilýändigini düşündirýär (26-njy çyzgy).

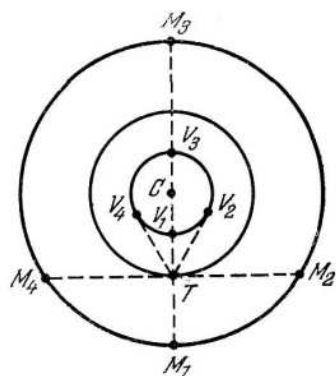
§33. Planetalaryň hereketiniň sinodik we siderik periodlary

Planetanyň iki yzygider birmeňzeş konfigurasiýalarynyň gaýtalanmagynyň wagt aralygyna planetanyň aýlawly hereketiniň sinodik periody (S) diýilýär.

seredipdir.

§32. Planetalaryň konfigurasiýalarynyň werünyändüündirilişi

Planetalar orbitalary boýunça hereketlerinde Güne we Ýere görälikde dürli ýagdaýlarda ýerleşip bilýärler. Goý, kesgitli wagt pursatynda T Ýer G Güne görälikde öz orbitasynyň kesgitli nokadynda ýerleşen bolsun. Aşaky ýa-da ýokarky planeta şol wagt pursatynda öz orbitasynyň islendik nokatynda ýerleşip biler. Eger aşaky V planeta çyzgyda görkezilen dört sany V_1, V_2, V_3, V_4 nokatlaryň haýsy hem bolsa birinde ýerleşen bolsa, onda ol Ýerden Gün bilen aşaky (V_1) ýa-da ýokarky (V_3) birleşmede, iň uly günbatar (V_2) ýa-da iň uly gündogar (V_4) elongasiýada bolar. Eger-de ýokarky M planeta 12 ýa-da M_4 nokatlarynda ýerleşen ýagdaýlarynda, onda ol Ýerden garşyda durma (M_1), birleşme (M_3), günbatar (M_2) ýa-da gündogar (M_4) kwadraturada görüner (24-nji çyzgy).



24-nji çyzgy. Planetalaryň konfigurasiýalary.

Aşaky planeta aşaky birleşme pursatynda Ýere iň golaý we ýokarky birleşme pursatynda bolsa iň daşda ýerleşen ýagdaýy bolýar. Ýokarky planeta garşyda durma pursatynda Ýere iň golaý aralyga çenli ýakynlaşýar we birleşme pursatynda bolsa maksimal aralyga çenli daşlaşýandyr. Planetalaryň konfigurasiýalary ýokardaky ýaly düşündirilýär.

Planetalaryň dogry we götünleýin hereketleriniň düşündirilişiniň düýp manysy planetanyň we Ýeriň öz orbitalary boýunça hereketleriniň çyzykly tizliklerini deňeşdirmeklige esaslanandyr.

Parallaktik üçburçluga sferik trigonometriýanyň esasy formulalaryny ulanyp, PM tarapy we t burçy başlangyç hasaplap, alarys:

$$\cos (90^\circ - \delta) = \cos (90^\circ - \varphi) \cos z + \sin (90^\circ - \varphi) \sin z \cos (180^\circ - A),$$

$$\sin (90^\circ - \delta) = \sin z \sin (180^\circ - A),$$

$$\sin (90^\circ - \delta) \cos t = \sin (90^\circ - \varphi) \cos z - \cos (90^\circ - \varphi) \sin z \cos (180^\circ - A)$$

ýa-da

$$\left. \begin{aligned} \sin \delta &= \sin \varphi \cos z - \cos \varphi \sin z \cos A, \\ \cos \delta \sin t &= \sin z \sin A, \\ \cos \delta \cos t &= \cos \varphi \cos z + \sin \varphi \sin z \cos A. \end{aligned} \right\} \quad (1.36)$$

Bu (1.36) formulalar S ýyldyz wagtyň pursaty üçin ölçenilen (ýa-da belli bolan) z zenit aralygy we A azimuty boýunça ýagtyltgyjyň δ ýapgytlygyny we t sagat burçuny (soňra göni ýokary göterilişini $\alpha = s - t$) hasaplamaga mümkinçilik berýär. Başga sözler bilen aýdanymyzda bu formulalar ýagtyltgyjyň gorizont koordinatalaryndan ekwatorial koordinatalaryna geçmeklige mümkinçilik berýär.

Eger $ZM = z$ tarapy we $180^\circ - A$ burçy başlangyç diýip hasaplasak, onda parallaktik üçburçluk üçin esasy formulalar aşakdaky görnüşde ýazylarlar:

$$\cos z = \cos (90^\circ - \varphi) \cos (90^\circ - \delta) + \sin (90^\circ - \varphi) \sin (90^\circ - \delta) \cos t,$$

$$\sin z \sin (180^\circ - A) = \sin (90^\circ - \delta) \sin t,$$

$$\sin z \sin (180^\circ - A) = \sin (90^\circ - \varphi) \cos (90^\circ - \delta) - \cos (90^\circ - \varphi) \sin (90^\circ - \delta) \cos t$$

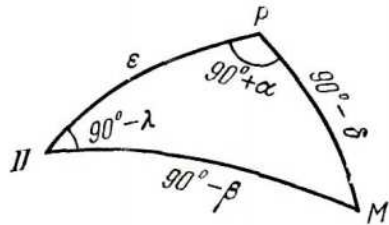
ýa-da

$$\left. \begin{aligned} \cos z &= \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t, \\ \sin z \sin A &= \cos \delta \sin t, \\ \sin z \sin A &= -\cos \varphi \sin \delta + \sin \varphi \cos \delta \cos t \end{aligned} \right\} \quad (1.37)$$

Bu (1.37) formulalar belli bolan δ ýapgytlygy we $t = s - \alpha$ sagat burçy boýunça s ýyldyz wagtyň islendik pursaty we islendik φ giňlik üçin ýagtyltgyjyň z zenit aralygyny we A azimutyny hasaplamaga mümkinçilik berýär. Başgaça aýdanymyzda bu

formulalar (1.37) ýagtyltgyjyň ekwatorial koordinatalaryndan onuň gorizontal koordinatalaryna geçmek üçin hyzmat edýärler.

Ondan başga-da (1.36) we (1.37) formulalar ýagtyltgyçlaryň dogýan we ýaşýan wagt pursatlaryny, olaryň şol pursatdaky azimutlaryny hasaplamaga, şeýle hem amaly astronomiýanyň iki sany örän wajyp meselesi çözüleninde – gözegçilik edilýän ýeriň φ geografik giňligini we ýerli s ýyldyz wagty hasaplananda ulanylýar.



18-nji çyzgy. Dünýäniň polýusyny we ekliptikanyň polýusyny baglanyşdyrýan sferik üçburçluk.

Ýagtyltgyjyň ekwatorial (α we δ) we ekliptik (λ we β) koordinatalarynyň birinden beýlekisine geçmek üçin (1.36) we (1.37) formulalara meňzeşlikde, formulalary alyp bolýar. Ýöne bu ýagdaýda sferik trigonometriýanyň esasy formulalary depeleri P -dünýä polýusy, II -ekliptikanyň polýusy, M -

ýagtyltgyç bolan we taraplary hem burçlary 18-nji sutatda görkezilen sferik üçburçluga ulanmaly.

§26. Refraksiýa

Ýagtyltgyjyň gözýetimden ýokarda görünýän ýerleşiş ýagdaýy (1.37) formula boýunça hasaplanylardan tapawutlanýandyr. Sebäbi asman jisiminden gelýän ýagtylyk şöhleleri gözegçiniň gözüne gelip ýetýänçä, Ýeriň atmosfera gatlaklaryndan geçende, döwürler. Ýeriň üstüne ýakynladygymyzça atmosferanyň dykzlygynyň artýanlygy sebäpli, ýagtylyk şöhlesiniň ýaýraýan ugrы has egrelýär. Netijede O nokatda ýerleşen gözegçiniň ýagtyltgyjy görýän OM_1 ugrы zenide tarap egrelen bolýar we atmosfera bolmadyk ýagdaýynda onuň ýagtyltgyjy görjek OM_2 ugrundan (BM parallel bolan) tapawutlanýar (19-njy çyzgy).

Ýer atmosferasyndan geçende ýagtylyk şöhleleriniň döwürme

bilen hemme planetalar, şol sanda Ýer hem Günün daşyndan takmynan şol bir tekizlikde aýlanýar diýen netijä gelipdir. Diňe şu şert ýerine ýeten ýagdaýynda Ýerden planetalaryň asmandaky görünýän ýollary ekliptikanyň golaýynda ýerleşip bilerler.

Merkuriý we Wenera görünýän hereketlerinde Günden gaty daşlaşmaýandyklary sebäpli olaryň giňişlikdäki ýollary, ýa-da başgaça aýdanymyzda orbitalary Ýeriň orbitasyna garanynda Güne golaý ýerleşendirler. Şunlukda Wenera Merkuriý planetasyna garanymyzda Günden daşda ýerleşendir, sebäbi onuň Günden daşlaşmalary uludyr. Beýleki planetalar Günün daşyndan Ýere garanynda has daşrakdan aýlanýandyrlar. Mars beýleki planetalara garanynda Ýere golaý erleşendir, sebäbi onuň ýyldyzlaryň arasynda görünýän hereketi iň çalttdyr. Soňra „haýal“ Ýupiter we has „haýal“ Saturn ýerleşendirler.

Planetalaryň Günden uzaklyklaryny (Ýeriň Günden uzaklygynyň ölçege birliklerinde) we onuň daşyndan aýlanma periodlaryny hasaplap, Kopernik ilkinji gezek astronomiýada Gün sistemasynyň dogry gurluşyny teklip edýär.

Planetalaryň görünýän hereketleriniň Kopernik tarapyndan düşündirilişi, onuň üçünji we dördünji tassyklamalarynyň nädogrydygyna garamazdan, ýönekeý we tebigydyr, häzirki zaman astronomiýasynyň ylmy nukdaý-nazaryndan bu hadysalaryň düşündirilişine garşy gelýän däl.

Asman ýagtyltgyçlarynyň hemmesiniň gije-gündiziň dowamynda aýlanmasyny hakyky däl diýip hasaplapdyr we ony Ýeriň öz okunyň daşyndan aýlanmasy bilen düşündiripdir. Kopernik şeýle hem Günün ekliptika boýunça ýylyň dowamyndaky görünýän hereketiniň Ýeriň Günün töwereginde hakyky hereketi netijesinde ýüze çykýar diýip hasaplapdyr.

Ýyldyzlaryň Güne görä Ýerden has uzaklarda ýerleşýändigleri sebäpli Ýer Günün daşynda aýlawly hereket edende bize mydama Gün hereket etmeýän ýyldyzlaryň arasynda şol bir ugurda hereket edýän ýaly bolup görünýär. Planetalaryň (dogry ugurda we götünleýin) görünýän çylşyrymly hereketlerini bolsa Kopernik iki sany hakyky hereketiň – planetanyň we Ýeriň öz orbitalary boýunça Günün daşynda hereketleriniň netijesi hökmünde

hereket etmän, planeta hereket edýän ikinji episikliň merkeziniň hereket edýänligi bilen düşündirilipdir. Haçan-da haýsy hem bolsa planetalaryň biri üçin bular ýaly gurnama ýeterlik bolmadyk ýagdaýynda üçünji, dördünji we ş.m. episikller ulanylyp, gözegçiliklerden alynýan netijelere gabat getirilipdir.

XVI asyryň başlaryna çenli Ptolemeýiň sistemasy şeýle bir çylşyrymlaşypdyr we astronomiýa adamyň gündelik durmuşynda bildirilýän talaplara, hususanda deňizlerde we okeanlarda ýüzülende bildirilýän talaplary ödemän başlaýar. Planetalaryň ýerleşiş ýagdaýlaryny hasaplamak üçin has ýönekeý usullar gerek bolupdyr. Bular ýaly usullar täze astronomiýanyň düýbünü tutmak, beýik polýak astronomy, alymy Nikolaý Kopernik tarapyndan esaslandyrylandyr.

§31. Kopernigiň Älem baradaky taglymaty

Beýik polýak alymy Nikolaý Kopernigiň bütin ömrüni sarp eden işi bolan „Asman sferasynyň aýlanmasy barada“ atly kitaby 1543-nji ýylda çap edilýär. Kopernik bu işinde Ýeriň hereketleri baradaky pikiri matematiki nukdaý-nazardan işläp düzýär we täze astronomiýanyň başlangyjyny esaslandyrýar. Älemiň gurluşy baradaky onuň döreden taglymatyna geliosentrik sistema diýilýär. Bu sistemanyň esasyňy aşakdaky tassyklamalar düzýändir: 1) dünýäniň merkezinde Ýer dälde Gün (grekçe gelios) ýerleşýär; 2) şar şekilli Ýer we oňa meňzeş hemme planetalar Güniň daşynda bir ugurda we öz diametrleriniň biriniň daşyndan aýlanýarlar; 3) planetalaryň Güniň daşyndaky ýollary (planetalaryň orbitalary) halka şekillidir; 4) planetalaryň hereketleriniň tizligi hemişelidir, ýagny planetalaryň hereketi deňölçeglidir, orbita Güne ýakyn boldugyça planetanyň orbita boýunça hereketiniň çyzykly tizligi uludyr.

Ondan başgada Kopernik Aý Ýeriň daşyndan aýlanýar we hemra hökmünde Ýer bilen bilelikde Güniň daşyndan aýlanýar diýip hasaplapdyr.

Gözegçiliklerden alnan maglumatlara esaslanyp, Kopernik ilki

hadysasyna astronomik refraksiýa diýilýär.

M_1OM_2 burça refraksiýa burçy ýa-da ρ refraksiýa diýilýär. ZOM_1 burça ýagtyltgyjyň z' görnüşän zenit aralygy diýilýär, ZOM_2 burça bolsa hakyky zenit aralygy diýilýär.

19-njy çyzgydan alarys:

$$z - z' = \rho \text{ ýa-da } z = z' + \rho ;$$

Ýagtyltgyjyň hakyky zenit aralygy görnüşän zenit aralygyndan

refraksiýanyň

ululygyna uludyr.

Refraksiýa

ýagtyltgyjy

gözyetimden ýokary
göterýän ýalydyr.

Ýagtylygyň

döwülme kanunyna

laýyklykda, düşýän

şöhle we döwülen

şöhle bir tekizlikde

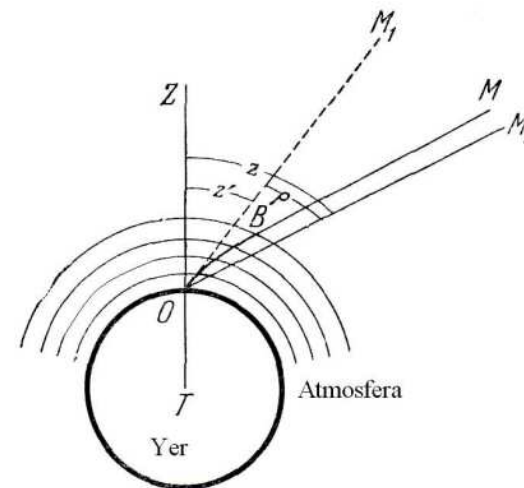
ýatýandyrlar.

Diýmek, refraksiýa

ýagtyltgyjyň

azimutyny üýtgedýän

däldir we ondan



19-njy çyzgy. Astronomik refraksiýa.

başgada ýagtyltgyç zenitde bolanda nola deňdir.

Eger ýagtyltgyç kulminasiýada bolsa, onda refraksiýa diňe onuň ýapgytlygyny, zenit aralygyny üýtgedýän ululygyna deň bolan ululyga üýtgeder, sebäbi bu ýagdaýda sagat we wertikal aýlawlaryň tekizlikleri gabat gelýärler. Galan ýagdaýlarda, haçanda bu tekizlikler haýsy hem bolsa bir burç astynda kesişýän bolsalar, onda refraksiýa ýagtyltgyjyň hem ýapgytlygyny, hem göni ýokary göterilişini üýtgedýär.

Refraksiýanyň takyk teoriýasy örän çylşyrymlydyr we ýörite derslerde seredilýär. Refraksiýa diňe ýagtyltgyjyň gözyetimden haýsy beýiklikde ýerleşenine bagly bolman, atmosferanyň ýagdaýyna hem, esasan hem atmosferanyň dykzyzlygyna baglydyr. Atmosferanyň dykzyzlygy bolsa öz gezeginde temperaturanyň we

basyşyň funksiýalarydyr. Atmosferanyň basyşy B (mm simap sütüni) we temperatura $t^{\circ}C$ bolsa, onda refraksiýanyň takmynan bahasy aşakdaky aňlatma boýunça tapylýar:

$$\rho = 60'' ,25 \frac{B}{760} \times \frac{273^0}{273^0 + t^0} \operatorname{tg} z' \quad (1.38)$$

Temperatura $0^{\circ}C$ we basyş 760 mm bolanda, refraksiýa

$$\rho = 60'' ,25 \operatorname{tg} z' \quad (1.39)$$

deňdir.

Bu formulalar, (1.38) we (1.39) boýunça refraksiýa ýagtyltgyjyň görünýän zenit aralygy $z' < 70^{\circ}$ bolanda hasaplanylýar. Görünýän zenit aralygy $z' > 70^{\circ}$ bolanda (1.38) we (1.39) formulalaryň berýän ýalňyşlygy $1''$ deň bolýar. Ýagtyltgyç gözýetime ýakynlaşdygyça ýalňyşlyk tükeniksizlige çenli ulalýar. Refraksiýanyň gözýetimdäki hakyky ululygy $35'$ töweregidir.

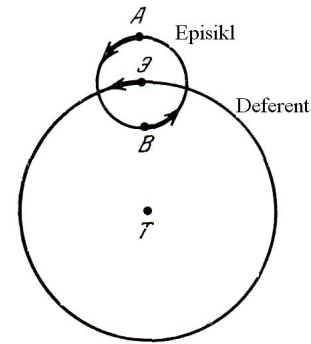
Refraksiýa sebäpli Günüň we Aýyň dogýan we ýaşýan wagtlary olaryň diskleriniň görnüşiniň üýtgeýändigini gözegçilikler görkezýär. Bu ýagtyltgyçlar gözýetimde bolanlarynda olaryň diskleriniň aşaky gyralarynyň refraksiýasy ýokary gyralarynyň refraksiýasyndan $6'$ uludyr. Günüň we Aýyň gorizont diametrleriniň refraksiýa sebäpli üýtgemeyändikleri üçin olaryň diskleriniň görünýän şekili süýnmek bolýar.

§27. Gije-gündiz parallaksy

Asman jisimleriniň Ýer üstünden geçirilýän gözegçiliklerden kesgitlenen koordinatalaryna toposentrik koordinatalar diýilýär. Ýagtyltgyjyň şol bir wagt pursatynda Ýer üstüniň dürli nokatlarynda toposentrik koordinatalary tapawutlydyr. Bu tapawut diňe Gün sistemasynyň jisimleri üçin duýarlyk ululykdyr we ýyldyzlar üçin örän kiçi ($0'' ,00004$) ululykdyr. Ýagtyltgyjyň Ýer üstüniň dürli nokatlaryndan görünýän ugurlarynyň köplüğinden Ýeriň merkezinden görünýän ugry esasy hasaplanylýar. Ol ýagtyltgyjyň geosentrik ýerleşişini berýär we onuň geosentrik koordinatalaryny kesgitleýär.

gözegçä planeta iň uly tizlik bilen dogry ugurda hereket edýän bolup görüner. Haçanda planeta B nokatda ýerleşen pursatynda onuň episikl boýunça hereketiniň ugry episikliň merkeziniň hereketiniň ugruna ters (garşylykly) bolar we şol sebäpli Ýerdäki gözegçä görä planetanyň burç tizligi iň kiçi baha eýe bolar. Şonda planetanyň episikl boýunça hereketiniň tizligi episikliň merkeziniň deferent boýunça hereketiniň tizliginden kiçi bolsa, onda bu ýagdaýda planeta dogry ugurda deňhaýallaýan hereket edýän ýaly bolup görüner. Eger-de planetanyň episikl boýunça hereketiniň tizligi episikliň merkeziniň tizliginden uly bolan ýagdaýynda Ýerdäki gözegçä planeta götünleýin hereket edýän bolup görüner.

Şeýlelikde, her bir planetanyň episikliniň we deferentiniň radiuslarynyň ölçeglerini, planetanyň degişlilikde episikl boýunça we episikliň merkeziniň deferent boýunça hereketleriniň tizliklerini saýlap alyp, onuň deferentiň T merkezine görä hereketiniň biziň Ýerden gözegçilik edenimizde planetanyň görünýän hereketi bilen gabat geler ýaly edip bolýar.



23-nji çyzgy. Deferent we episikl.

Ptolemeýiň sistemasy planetalaryň görünýän hereketlerini düşündirmek bilen çäklenmän, şol döwürde geçirilýän ýönekeý gözegçilikleriň netijelerini kanagatlandyran takyklyk bilen planetalaryň ýerleşiş ýagdaýlaryny önünden hasaplap kesgitlemäge mümkinçilik beripdir. Şol sebäpli, düýbünden nädogry bolan taglymat ilki başda düýpli nätakyklyklary ýüze çykarmandyr, soňky ýüze çykan nägilelikler bolsa hristian buthanasy tarapyndan rehimsizlik bilen ýatyrylypdyr.

Gözegçilikleriň takyklygynyň ýokarlanmagy netijesinde nazaryýet bilen gözegçilikleriň arasynda ýüze çykýan näsazlyklar sistemany çylşyrymlaşdyrmak bilen aradan aýrylypdyr. Has soňky gözegçiliklerde planetalaryň görünýän hereketlerinde ýüze çykarylan käbir nädogrulyklar, birinji episikl boýunça planeta

Ýer öz okunyň daşyndan aýlanýar we dünýäniň merkezi bolan Günüň töwereginden aýlanýandyr. Ýöne Ýer hereket edýär diýen pikirlere ýol bermeklik adaty täsirlere we dini garaýyşlara ters gelipdir. Şol sebäpli ikinji garaýyş takyk ylmy matematiki ösüşe eýe bolmaýar we astronomiýada Ýer hereket etmeýär diýen pikir tassyklanýar.

Gadymy astronomlaryň Älemiň gurluşyny göz önüne getirişleri Ptolemeýiň „Almagest“ kitabynda çap edilýär. Ptolemeýiň Älemiň gurluşy baradaky taglymatynda dört sany esasy şert kabul edilendir:

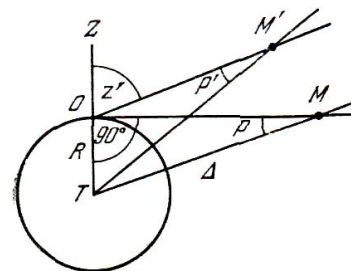
- 1) Ýer Älemiň merkezinde ýerleşendir;
- 2) Ýer hereket etmeýär;
- 3) hemme asman jisimleri Ýeriň töwereginde hereket edýärler;
- 4) asman jisimleri töwerekler boýunça deňölçegli, ýagny hemişelik tizlik bilen hereket edýärler.

Ptolemeýiň Älemiň gurluşy baradaky taglymatyna *geosentrik sistema* diýilýär. Geosentrik sistemany geometrik nukdaý-nazardan ýönekeýleşdirilen görnüşde aşakdaky ýaly göz önüne getirmek mümkindir: planetalar episikl diýip atlandyrylýan aýlawlar boýunça deňölçegli hereket edýärler; episiklleriň merkezleri bolsa öz gezeginde umumy merkezlerinde hereket etmeýän Ýer ýerleşen aýlawlar-deferentler boýunça hereket edýärler. Gün we Aý Ýeriň daşyndan deferentler (episiklsiz) boýunça hereket edýärler. Güniň we Aýyň deferentleri, planetalaryň deferentleri we episiklleri, üstünde „hereketsiz“ ýyldyz ýerleşen sferanyň içinde ýerleşýändirler.

Hemme ýagtyltgyçlaryň gije-gündiziň dowamyndaky hereketi tutuş Älemiň bir bütewilikde hereket etmeýän Ýeriň töweregindäki hereketi bilen düşündirilipdir. Planetalaryň dogry ugurdaky we götünleýin hereketleri bolsa aşakdaky ýaly düşündirilipdir. Planeta öz episikliniň A nokadynda ýerleşen pursatynda onuň hereket etmeýän T Ýerden gözegçilik edilýän hereketiniň burç tizligi episikliň ε merkeziniň deferent boýunça hereketiniň we planetanyň episikl boýunça hereketiniň göşulmagyna deňdir (23-nji çyzgy). Bu ýagdaýda Ýerdäki

Ýagtyltgyjyň Ýeriň merkezinden we üstüniň islendik nokadyndan görünýän ugurlarynyň tapawudyna ýagtyltgyjyň gije-gündiz parallaksy diýilýär (20-nji çyzgy). Başgaça aýdanymyzda gije-gündiz parallaksy gözegçilik edilýän nokatda Ýeriň radiusynyň ýagtyltgyçdan görünjek p' burçudyr.

Gözegçilik edilýän pursatda zenitde ýerleşen ýagtyltgyjyň gije-gündiz parallaksy nola deňdir. Eger ýagtyltgyç gözýetimde ýerleşen bolsa, onda onuň gije-gündiz parallaksy maksimal baha eýe bolýar we oňa gorizontall parallaks diýilýär. Gorizontall parallaks p bilen belgilenýär.



20-nji çyzgy. Gije-gündiz parallaks.

TOM' we TOM üçburçluklaryň taraplarynyň we burçlarynyň arasyndaky baglanyşyklardan (20-nji çyzgy) alarys:

$$\frac{R}{\Delta} = \frac{\sin p'}{\sin z'} \quad \text{we} \quad \frac{R}{\Delta} = \sin p.$$

Bu ýerden alarys: $\sin p' = \sin p \sin z'$

Gün sistemasynyň ähli jisimleriniň gorizontall parallaksy kiçi ululyklardyr (Aý üçin $p = 57''$, Güniň parallaksy $p = 8''.79$, planetalar üçin bolsa $1''$ -dan kiçidir). Şol sebäpli soňky formulada p we p' burçlaryň sinuslaryny burçlaryň özlari bilen çalşyp, alarys:

$$p' = p \sin z'. \quad (1.40)$$

Gije-gündiz parallaksyň netijesinde ýagtyltgyç Ýeriň merkezinden gözegçilik edilende görünjek ýagdaýyndan gözýetimden aşakda ýaly bolup görünýär. Şunlukda parallaksyň ýagtyltgyjyň beýikligine täsiri zenit aralygynyň sinusyna proporsionaldyr. Gije-gündiz parallaksyň maksimal bahasy p gorizontall parallaksa deňdir. Gorizontall parallakslar kesgitlenende „Ýeriň sferoid görnüşi bolany sebäpli, düşünişmezlikleriň bolmazlygy üçin, hasaplamalarda Ýeriň kesgitli bir radiusy, ýagny ekwatorial radiusy $R_0 = 6378 \text{ km}$ kabul edilýär we alnan parallaksa p_0 gorizontall ekwatorial parallaks diýilýär.

§28. Ýagtyltgyçlaryň dogýan we ýaşýan wagtlaryny hem azimutlaryny kesgitlemek

Ýagtyltgyjyň sagat burçy (1.37) aňlatmanyň birinji formulasy boýunça kesgitlenýär, ýagny

$$\cos t = \frac{\cos z - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta} \quad (1.41)$$

Eger asman sferasynyň haýsy hem bolsa bir nokady dogýan ýa-da ýaşýan bolsa, onda ol gözýetimde ýerleşýändir we onuň görünýän zenit aralygy $z' = 90^\circ$ deňdir. Şol pursatda hakyky z zenit aralygy görünýän zenit aralygyndan refraksiýa sebäpli $\rho = 35'$ ululyga uly bolar. Gije-gündiz parallaks bolsa ýagtyltgyjy gözýetime tarap peseldýär, ýagny görünýän zenit aralygyny p parallaksyň ululygyna deň bolan ululyga ulaldýar. Diýmek, ýagtyltgyjyň dogýan ýa-da ýaşýan pursaty onuň hakyky zenit aralygy

$$z = z' + \rho_{90} - p = 90^\circ + \rho_{90} - p.$$

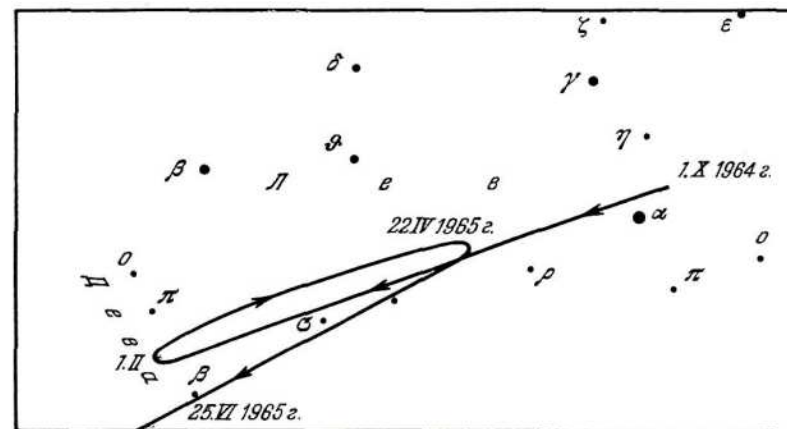
Ondan başga hem ýagtyltgyçlaryň dogýan we ýaşýan wagtlary pursatlary hasaplananda Günüň we Aýyň ölçeglerini hasaba almak hökmanydyr. Bu asman jisimleriniň koordinatalary olaryň görünýän diskleriniň merkezlerine degişlidir. Emma Günüň we Aýyň dogýan (ýaşýan) wagtlary pursatlary olaryň diskleriniň gyrasynyň ýokarky nokadynyň gözýetimde görünme (ýitme) pursaty boýunça kesgitlenýär. Diýmek, bu ýagtyltgyçlaryň dogýan ýa-da ýaşýan pursatlarynda diskleriniň merkeziniň zenit aralygy diskleriniň gyralarynyň ýokarky nokadynyň zenit aralygyndan diskiň görünýän R burç radiusyna deň bolan ululyga uly bolar (Günüň we Aýyň görünýän burç radiuslary takmynan meňzeşdir we orta bahasy $16'$ deňdir).

Şeýlelikde, ýagtyltgyjyň dogýan we ýaşýan pursatlarynda onuň sagat burçy (1.41) formula boýunça hasaplanylanda umumy halda $z = 90^\circ + \rho_{90} - p + R$ we ol aşakdaky görnüşde ýazylar:

$$\cos t = \frac{\cos(90^\circ + \rho_{90} - p + R) - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta} \quad (1.42)$$

diýilýär.

Planetanyň Günden gündogarlygyna 90° uzaklaşmasyna *gündogar kwadratura*, günbatarlygyna 90° uzaklaşmasyna bolsa *günbatar kwadratura* diýilýär. Planetalaryň götünleýin hereketleriniň dugalarynyň ortaça bahalary: Merkuriý- 12° , Wenera- 16° , Mars- 15° , Ýupiter- 10° , Saturn- 7° , Uran- 4° , Neptun- 3° deňdir.



22-nji çyzgy. Marsyň görünýän hereketi.

Planetalaryň ýokarda seredilen Güne görä ýerleşiş ýagdaýlaryna *planetalaryň konfigurasiýalary* diýilýär.

§30. Ptolemeýiň Älem baradaky taglymaty

Planetalaryň we asman jisimleriniň görünýän hereketleri düşündirilende bu hereketleriň ählisine gözegçilikleriň Ýeriň üstünden geçirilýänligi çylşyrymlyklary ýüze çykarýar. Asmanda ýa-da Ýerde bolup geýýän hadysalara geçirilýän gözegçilikleriň hiç birisi Ýeriň özüniň hereket edýänligini ýa-da hereket etmeýänligini gös-göni we kesgitli görkezmeýär. Şol sebäpli gadymy astronomlaryň bu meselä iki hili garaýyşlary bolupdyr. Gös-göni täsirlere esaslanan, olaryň birine görä Ýer hereket etmeýändir we Älemiň merkezidir. Ikinji, ýagny gözegçiliklere pikir ýöretmelerden netije çykarmaklyga esaslanan garaýyşa görä

uzaklyklary deňleşýär, planetanyň Gün bilen ýokarky birleşmesi bolýar. Wagtyň geçmegi bilen planeta ýene-de günbatarda, Gün ýaşaýan badyna, agşam şapagynyň şöhlelerinde görünip başlaýar. Göni ugurda hereketini dowam etdirip, tizligini gitdigiçe haýalladýar. Gündogara tarap uzaklaşmagynyň çäk bahasyna ýetip, planeta hereketini togtadýar. Soňra hereketiň ugruny üýtgedip, götünleýin hereket edip başlaýar we ýokarda seredilen hereket ýene-de gaýtalanýar. Şeýlelikde aşaky planetalar Günün daşynda edil maýatnigiň deňagramlylyk ýagdaýynyň töwereginde yrgyldaýşy ýaly „yrgyldylary“ amala aşyrýarlar.

Ýokarky planetalaryň asmanda ýyldyz toparlary boýunça görüňýän hereketi aşaky planetalaryň hereketinden üýtgeşikdir. Haçan-da planeta Gün ýaşandan soň asmanyň günbatar böleginde görünende, ol ýyldyzlaryň arasynda edil Gün ýaly göni ugurda, ýagny günbatardan gündogara hereket edýändir. Ýöne planetanyň hereketiniň tizligi Gününkiden kiçidir. Şol sebäpli, wagtyň geçmegi bilen Gün ýuwaş-ýuwaşdan planetanyň yzyndan ýetýär. Şonda planeta görünmeýär, sebäbi planeta Gün bilen bir wagtda dogýar we ýaşýar. Haçanda Gün planetany ozup geçensoň, planeta asmanyň gündogar böleginde, Gün dogmazynyň ön ýanynda görünip başlaýar. Planetanyň göni ugurdaky hereketiniň tizligi ýuwaş-ýuwaşdan peselip planeta durýar, soňra ýyldyzlaryň arasynda ters ugurda (götünleýin) hereket edip başlaýar, ýagny gündogardan günbatara tarap hereket edýär (22-nji çyzgy). Käbir wagt geçensoň planeta durýar, ýene-de hereketiniň ugruny üýtgedip, dogry ugurda hereket edýär. Ýene-de Gün günbatardan planetanyň yzyndan ýetýär, planeta görünmän başlaýar—ýokarda seredilen hereket öňki zyzgiderlikde gaýtalanýar.

Götünleýin hereketiň dugasynyň ortaky nokadynda bolanda planetanyň ýerleşýän ýyldyz topary Günün ýerleşen ýyldyz toparyna garşylyklydyr. Planetanyň we Günün ekliptik uzaklyklarynyň tapawudy 180° -a deňdir. Planetanyň bular ýaly ýerleşişine Güne *garşyda durma* diýilýär. Dogry ugurda hereketiniň dugasynyň ortasynda, planeta we Gün şol bir ýyldyz toparynda ýerleşenlerinde, olaryň ekliptik uzaklyklary deň bolýar. Bular ýaly ýerleşiş ýagdaýyna planetanyň *Gün bilen birleşmesi*

Bu formula (1.42) boýunça diňe Aýyň dogýan we ýaşýan pursatlary üçin sagat burçuny kesgitläp bolýar. Şonda $R_{ay} = 16'$; $p_{ay} = 57'$ we $\rho_{90} = 35'$ bolsa, (1.42) formula aşakdaky ýaly ýazylar:

$$\cos t_{ay} = \frac{\cos 89^{\circ} 54' - \sin \varphi \sin \delta_{ay}}{\cos \varphi \cos \delta_{ay}}.$$

Günün dogýan we ýaşýan pursatlarynda sagat burçy hasaplananda onuň gorizonta parallaksy örän kiçi ululyk bolany sebäpli, hasaba alynmaýar. Onda $R_{\Theta} = 16'$ we $\rho_{90} = 35'$ bolsa, (1.42) formula aşakdaky görnüşde ýazylar:

$$\cos t_{\Theta} = \frac{\cos 90^{\circ} 51' - \sin \varphi \sin \delta_{\Theta}}{\cos \varphi \cos \delta_{\Theta}}. \quad (1.43)$$

Ýyldyzlar we planetalar üçin, şeýle hem olaryň görüňýän radiuslaryny hasaba alman bolýandyr, sebäbi ýyldyzlaryň görüňýän radiusy nola deň, iň uly görüňýän radius $29''$ deň we ol Wenera degişlidir. Olar üçin sagat burçy:

$$\cos t = \frac{\cos 90^{\circ} 35' - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta}.$$

Refraksiýany göz önünde tutmasak, onda

$$\cos t = -\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta \quad (1.44)$$

Getirilen deňlemeleriň her biri sagat burçunyň iki bahasyny berýär: $t_1 = t$ we $t_2 = -t$. Položitel baha ýagtyltgyjyň dogýan, otrisatel bolsa ýaşýan pursatlaryna degişlidir. Ýagtyltgyjyň dogýan we ýaşýan pursatlaryny ýerli ýyldyz wagtynda aňlatsak:

$$S_{dogýan} = \alpha - t.$$

$$S_{ýaşýan} = \alpha + t.$$

Soňra ýagtyltgyjyň dogýan we ýaşýan wagtlaryny ýerli orta Gün wagtynda we dekret wagtynda hasaplap bolýar.

Eger Günün dogýan we ýaşýan wagtlyary hasaplanýan bolsa, onda ýyldyz wagtyny hasaplamagyň zerurlygy ýokdur. Sebäbi t_1 we t_2 sagat burçlarynyň üstüne 12^h goşup, hadysalaryň pursatlaryny ýerli hakyky Gün wagtynda $T_{\Theta} = t_{\Theta} + 12^h$ alarys. Onda ýerli orta wagt

$$S_{dogýan} = 12^h - t_{\odot} + \eta,$$

$$S_{ýaşýan} = 12^h + t_{\odot} + \eta,$$

bu ýerde η –wagt deňlemesi. Bu ululygy, şeýle hem Güniň α we δ koordinatalarynyň bahalaryny Astronomik ýyllyk neşirden alynýar.

Ýagtyltgyçlaryň dogýan we ýaşýan nokatlarynyň azimuty (refraksiýany, parallaksy we burç radiusyny hasaba almazdan) (1.36) aňlatmanyň birinji formulasynda $z = 90^\circ$ goýup, $\cos z = 0$, $\sin z = 1$ göz önünde tutup, alarys

$$\cos A = \frac{\sin \delta}{\sin \varphi}, \quad (1.45)$$

Bu formula (1.45) boýunça azimutyň iki bahasyny alarys: $A_1 = A$ we $A_2 = 360^\circ - A$. Birinji baha ýagtyltgyjyň ýaşýan nokadynyň, ikinji bolsa dogýan nokadynyň azimutydyr.

Indi (1.45) we (1.44) formulalary aşakdaky görnüşde ýazalyň

$$\cos A = \frac{\sin \delta}{\sin(90^\circ - \varphi)} \text{ we } \cos t = -\frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg}(90^\circ - \varphi)}. \quad (1.46)$$

Kosinusyň 1-den uly bolup bilmeýänligi sebäpli ýagtyltgyjyň dogmagy we ýaşmagy diňe aşakdaky şertde ýerine ýetýändir:

$$|\delta| < 90^\circ - |\varphi|.$$

II bap. PLANETALARYŇ GÖRÜNÝÄN WE HAKYKY HEREKETLERI

§29. Planetalaryň ýyldyzlaryň arasynda görünýän hereketleri

Planetalar görünýän hereketleri boýunça iki topara bölünýärler: aşaky (Merkuriý, Wenera) we ýokarky (Mars, Ýupiter, Saturn, Uran, Neptun) planetalar.

Aşaky we ýokarky planetalaryň ýyldyz toparlary boýunça görünýän hereketleri tapawutlydyr. Merkuriý we Wenera asmanda mydama Güniň ýerleşen ýyldyz toparynda ýa-da goňşy ýyldyz toparynda ýerleşýärler. Şunlukda olar Günden gündogarda-da ýerleşip bilýärler, günbatarda-da ýerleşip bilýärler, ýöne ondan Merkuriý 18-28 gradusdan, Wenera bolsa 45-48 gradusdan uzaklaşmaýar. Planetanyň Günden gündogara iň uly burç daşlaşmasyna *gündogar elongasiýa*, günbatara daşlaşmasyna bolsa *günbatar elongasiýa* diýilýär. Gündogar elongasiýada bolanda planeta günbatarda, Gün ýaşýan badyna agşam şapagynyň şöhlelerinde görünýär we biraz wagtdan ýaşýar.

Soňra planeta ilki başda haýallyk bilen, soňra çaltrak, götünleýin (gündogardan günbatara tarap) hereket edip, Güne ýakynlaşyp başlaýar we onuň şöhlelerinde ýitýär, ýagny görünmän başlaýar. Şol wagtda planetanyň Gün bilen aşaky birleşmesi bolup geçýär, ýagny planeta Ýer bilen Güniň aralygyndan geçýär. Güniň we planetanyň ekliptik uzaklyklary deňdir. Aşaky birleşmeden soňra, wagtyň geçmegi bilen planeta ýene-de görünip başlaýar. Ýöne indi planeta gündogarda, Gün dogmazyndan öň, daň şapagynyň şöhlelerinde görünip başlaýar. Planeta şol wagtda götünleýin hereketini dowam etdirip, Günden daşlaşýar. Götünleýin hereketiniň tizligi haýallaýar, planeta iň uly günbatar elongasiýasyna ýetip durýar we soňra hereketiniň ugruny üýtgedip, göni ugurda hereket edip başlaýar. Indi planeta ilki başda haýalrak, soňra tizligini artdyryp, günbatardan gündogara hereket edýär. Günden uzaklygy kemelip, ahyrynda Güniň irdenki şöhlelerinde ýitip gidýär. Şol wagtda planeta Güniň arka yüzünden geçip gidýär. Ýene-de planeta bilen Güniň ekliptik

ýitirýär. Apogeýiň we perigeýiň beýiklikleriniň kemelmesi has çaltlaşýar, hemra spiral boýunça Ýeriň üstüne ýakynlaşyp, dykyz atmosfera gatlaklaryna girýär we ýanýar. Hemra her aýlawda Ýere ýakynlaşýanlygy sebäpli onuň potensiyal energiýasy kemelýändir, onuň belli bir bölegi kinetik energiýa geçýär. Kinetik energiýanyň artmasy tormozlanmada ýitirilýän hereket energiýasynyň öwezini dolmaga artykmajy bilen ýetýändir. Şonuň üçin, hemranyň orbitasynyň kiçelýändigine garamazdan, onuň tizligi kemelmän, tersligine, artýandyr. Diýmek, hemra aşak düşdügiçe, onuň Ýeriň daşyndan aýlanma periody gysgalýandyr.

ÝEH tolgunmaly hereketiniň ýazgysy (düşündirilişi) birinji ýakynlaşmada berlendir. Hakykatda hemranyň orbitasynyň elementleri has çylşyrymly we dürli görnüşli tolgunmalara sezewar bolýandyr. Ýeriň polýuslaryndan ekwatora tarap giňelmegi, grawitasiýa meýdanynyň sferik-simmetirik dartýan massasynyň meýdanyndan tapawutlylygy diňe dogýan düwüniň uzaklygynyň Ω_D we perigeýiň düwünden uzaklygynyň ω asyrlık tolgunmalaryny ýüze çykarman, olaryň periodik üýtgemelerini hem ýüze çykarýandyr. Şeýle hem eksentrisitetiň e periodiki tolgunmalarynyň we orbitanyň ekwatora ýapgytlygynyň i kiçi yrgyldylarynyň sebäbidir.

Atmosfera gatlagy bolsa diňe uly ýarymoky a we eksentrisitetiň asyrlık kemelmelerini ýüze çykarmak bilen çäklenmeýär. Aýlanýan atmosferanyň hemra täsir edýän gapdal basyşy orbitanyň i ýapgytlygynyň birsydyrgyn (monoton) üýtgemegine getirýär. Bu üýtgemäniň alamaty bolsa hemranyň orbitasy boýunça hereket edýän ugruna baglydyr. Atmosfera şeýle hem Ω_D we ω ululyklaryň kiçi, periodiki üýtgemelerini ýüze çykarýar.

Aýyň we Günüň tolgundyryjy täsirleri hemranyň orbitasynyň ähli elementleriniň kiçi, periodiki tolgunmalaryny ýüze çykarýarlar.

§36. Mehanikanyň esasy kanunlary

Kepler tarapyndan planetalaryň hereket kanunlary kesgitlenenden soň bu hereketleriň sebäbini kesgitlemek meselesiniň ýüze çykmaklygy tebigydyr. Bu meseläniň çözüwi ilki bilen tebigy bilimleriň mehanika bölümüne degişli bolan islendik jisimleriň hereket kanunlaryny anyklamagy talap edipdir.

Galileýiň (1564-1642), Gýuýgensiniň (1629-1695) we beýleki alymlaryň ylmy işleriniň netijesinde mehanikany tejribe üsti bilen esaslandyrmaklyk ýola goýlan döwründe Nýuton jisimleriň hereketleriniň üç esasy kanunyny formulirläpdir.

1-nji kanun

Eger jisime güýç täsir etmese ýa-da täsir edýän güýçler özara deňagramlaşýan bolsalar, onda jisim dynçlykda ýa-da gönüçzykly deňölçegli hereketde bolar.

Bu kanuna inersiýa kanuny diýilýär. Eger m - jisimiň massasy, v -tizligi bolsa, onda inersiýa kanunyny aşakdaky görnüşde ýazyp bileris:

$$m\vartheta = \text{const} \quad (2.13)$$

Eger $\vartheta = 0$ bolsa, onda jisim dynçlykda bolar; eger $\vartheta = \text{const} \neq 0$ bolsa, onda jisim deňölçegli we gönüçzykly hereket eder. $m\vartheta$ köpeltmek hasylyna jisimiň hereket mukdary diýilýär. Jisimiň hereket mukdarynyň üýtgemesi diňe başga jisimiň täsiri netijesinde, ýagny güýjüň täsiri netijesinde bolýandyr.

2-nji kanun

Hereket mukdarynyň üýtgemesi üýtgemäni ýüze çykaran güýjüň ululygyna proporsionaldyr we onuň täsir edýän urgy bopunça (üýtgeýändir) bolup geçýändir.

Ikinji kanunyň matematiki aňladylyşy:

$$\frac{d}{dt}(m\vartheta) = F \quad \text{ýa-da} \quad F = m\omega \quad (2.14)$$

Ýagny jisimiň massasynyň m onuň tizlenmesine ω bolan köpeltmek hasyly täsir edýän F güýje deňdir.

(2.14) deňlemä material nokadyň dinamikasynyň esasy kanuny

diýilýär.

3-nji kanun

Täsir ululugy boýunça deň bolan, ýöne garşylykly ugrukdyrylan garşylykly täsiri döredýändir. Başgaça aýdanymyzda iki jisimiň biri-birine täsiri ululugy boýunça deň bolup garşylykly ugrukdyrylandyr.

Eger massasy m_1 bolan haýsy hem bolsa bir jisimi massasy m_2 bolan başga jisim bilen özara täsirleşmegi netijesinde ikinji jisimiň hereket mukdary $m_2 \vartheta_2$ ululyga üýtgeýän bolsa, onda ikinji jisimiň täsiri netijesinde binji jisimiň hereket mukdary edil şol ululyga deň bolan, ýöne garşylygy ugrukdyrylan $m_1 \vartheta_1$ ululyga üýtgär, ýagny

$$\frac{d}{dt}(m_2 \vartheta_2) = - \frac{d}{dt}(m_1 \vartheta_1)$$

ýa-da

$$F_2 = -F_1 \quad (2.15)$$

§37. Nýutonyň bütindünýä dartylma kanuny

Jisimleriniň hereketleriniň esasy kanunlary we Kepleriň empiriki kanunlary Nýutona aşakdaky kanuny formulirlemege we matematiki subut etmeklige mümkinçilik berdi:

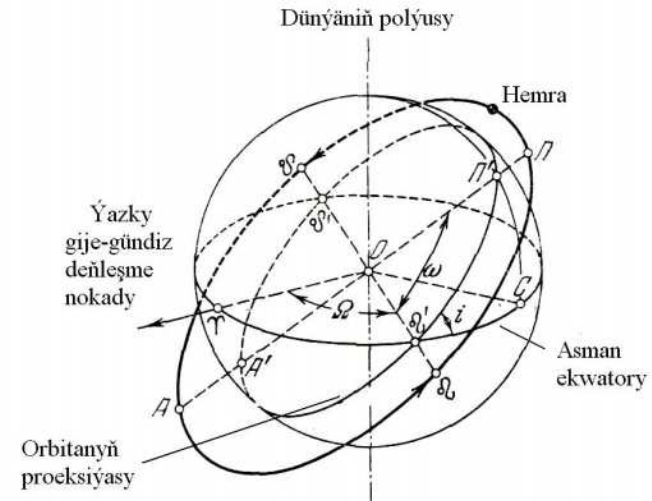
Esasy planetalary gönüçyzykly hereketden gyşardýan we öz orbitalarynda saklaýan güýç Güne ugrukdyrylandyr we planetanyň Güniň merkezinden uzaklygynyň kwadratyna ters proporsionaldyr.

Soňra planetany öz orbitasynda saklaýan güýjüň tebigatynyň Ýeriň üstünde täsir edýän agyrylyk güýjüniň tebigaty bilen birdigini subut edip, Nýuton bu teoremany umumlaşdyrýar we bütindünýä dartylma kanunyny formulirleýär:

„Islendik iki material bölejikler massalarynyň köpeltmek hasylyna göni proporsional we aralyklaryndaky uzaklygyň kwadratyna ters proporsional bolan güýç bilen biri-birine dartylýarlar.“

Nýutonyň bütindünýä dartylma kanuny matematiki aşakdaky

$$T = 1.659 \cdot 10^{-4} \cdot a^{3/2}$$

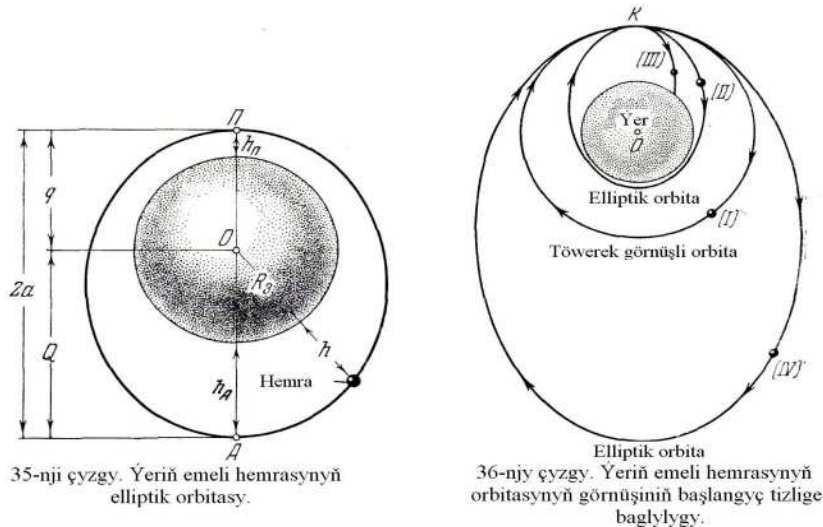


37-nji çyzgy. Ýeriň emeli hemrasynyň orbitasy we onuň asman sferasyna proyeksiýasy.

ÝEH orbitalarynyň üýtgemegine getirýän esasy iki sany täsir bar. Olaryň birinjisi Ýeriň şar şekilli bolman, polýuslardan ekwatora tarap giňelmegi, ikinjisi bolsa Ýeriň atmosferasynyň garşylygynyň täsiridir. Bu sebäpleriň birinjisi orbitanyň dogýan döwüniň $\Delta\Omega$ we perigeýiň $\Delta\omega$ asyrylyk tolgunmalaryny ýüze çykarýar we bu tolgunmalar asman mehanikasynyň formulalarynyň esasynda ýeňil hasaba alynýar.

Ikinji sebäp orbitanyň ýarymoky a , ýagny h beýikligiň kemelmegine we orbitanyň görnüşiniň üýtgemegine getirýär. Ýeriň atmosferasynyň dykzlygynyň beýiklik boýunça çalt kemelýänligi sebäpli, emeli hemranyň hereketine esasy garşylyk we tizliginiň peselmesi essasan hem perigeýiň ýakynynda bolýandyr. Şol sebäpli hemranyň orbitasynyň apogeýi her aýlawda kemelýär (perigeýiň beýikligi has haýal kemelýär). Netijede orbitanyň uly ýarymoky we eksentrisiteti kemelýär, hemranyň orbitasy kem-kemden töwerege öwrülip başlaýar. Haçanda apogeýiň beýikligi perigeýiň beýikligi bilen deňeşdirerlik bolanda, hemra orbitasynyň bütin ugrunda tormozlanýar we tizligini

gaçar. Eger k nokatda berlen tizlik deǵıǵılı töwerek boýunça hereket edýän tizlikden köp, emma deǵıǵılı parabola aýlawlarda hereket edýän tizliklerden az bolsa, onda şeýle emeli hemra ellips (IV) boýunça hereket eder.



Hemranyň elliptik orbitasynyň giňişlikde çen bilen ýerleşşi 37-nji çyzgyda görkezilen. Bu ýerde i -hemranyň orbitasynyň Ýeriň ekwatoryna ýapgytlygy, Ω_D –orbitanyň dogýan we \tilde{O}_Y – ýaşýan düwünleri, Π -orbitanyň perigeýi, A -orbitanyň apogeýi, γ -ýazky gije-gündiz deňleşme nokadynyň Ýeriň ekwatoryndaky traektorýasy, Ω -dogýan düwüniň göni ýokary görterilişi, ω -perigeýiň dogýan düwünden burç uzaklygy.

ÝEH aýlanma periodyny Kepleriň üçünji kanuny bopunça (2.23) aňlatmadan alarys:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{Gm}} a^{3/2},$$

ýa-da (2.25) aňlatmany göz önünde tutsak

$$T = \frac{2\pi}{R\sqrt{g}} a^{3/2}.$$

Eger uly ýarymoky kilometrlerde aňlatsak we $R=6370km$, $g=9.81m/s^2$ bolanda hemranyň aýlanma periody minutlarda aşakdaky formuladan hasaplanar:

görnüşde ýazylýar:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad (2.16)$$

bu ýerde m_1 we m_2 – bölejikleriň massalary, r – olaryň aralaryndaky uzaklyk, G - proporsionallık koeffisiýenti. Bu koeffisiýent birlik massaly iki jisim birlik uzaklykda ýerleşenlerinde biri-birine dartylma güýjüne deňdir. G koeffisiýente dartylma hemişeligi ýa-da grawitasion hemişelik diýilýär.

§38. Dartylma güýjüniň massa we şekile baglylygy

Mehanikanyň ikinji esasy kanunyndan (2.14) we bütindünýä dartylma kanunyndan (2.16) aşakdakylar gelip çykýar:

1. Iki material bölejikler, ýa-da material nokatlar (ýagny ölçegleri aralaryndaky uzaklyk bilen deňeşdirilende örän kiçi bolan material jisimler) birdeň F güýç bilen özara dartylýarlar, ýöne massalaryna ters bolan dürli tizlenme alýarlar. Hakykatdan hem, F güýjüň täsiri netijesinde massasy m_1 bolan birinji jisim ikinji jisime tarap ugrukdyrlan $w_1 = G \frac{m_2}{r^2}$ tizlenme, massasy m_2

bolan ikinji jisim bolsa birinji jisime ugrukdyrlan $w_2 = G \frac{m_1}{r^2}$

tizlenme alarlar. Bu ýerden :

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

Mysal üçin, Aýyň massasy Ýeriň massasydan näçe esse kiçi bolsa, Aýyň dartmagy netijesinde Ýeriň alýan tizlenmesi Ýeriň dartmagy netijesinde Aýyň alýan tizlenmesinden şonça esse kiçidir.

2. Iki sany material nokatlaryň otnositel tizlenmesi w_{ot} olaryň tizlenmeleriniň $w_{ot} = w_1 - w_2$ tapawudyna deňdir, sebäbi w_1 we w_2 tizlenmeler garşylykly ugrukdyrylandyrlar. Onda

$$w_{ot} = G \frac{m_1 + m_2}{r^2} \quad (2.17)$$

otnositel tizlenme bölejikleriniň massalarynyň jemine proporsionaldyr.

Diýmek, otnositel hereketiň tizlenmesiniň ululygy egerde bölejikleriň massalary olaryň birinde jemlenen ýagdaýynda aljak tizlenmesiniň ululygyna deňdir. Şol sebäpli iki sany özara dartylýan jisimleriň hereketi öwrenilýän meseleler çözülide, gozganmaýan merkezde ýerleşen jisimiň täsiri netijesinde beýleki jisimiň hereketini öwrenmek ýeterlikdir.

3. Massasy m bolan material nokatdan deň uzaklykda ýerleşen, massalary m_1 we m_2 bolan, material nokatlara ululyklary $F_1 = G \frac{mm_1}{r^2}$ we $F_2 = G \frac{mm_2}{r^2}$ bolan dürli güýçler bilen dartylarlar we ululyklary deň bolan

$$w_1 = w_2 = G \frac{m}{r^2}$$

tizlenme alarlar.

Mysal üçin, Gün Ýeri Aý bilen deňeşdireniňde has uly güýç bilen dartýandyr. Ýöne olar Günden deň uzaklykda ýerleşenlerinde onuň dartylma güýjüniň täsiri netijesinde deň tizlenme alýandyrlar.

Nýutonyň dartylma kanuny material bölejikler üçin fomulirlenendir. Emma asman jisimleri-Gün, Aý, planetalar, ýyllyzlar material bölejikler däldir, olaryň hasaba alarlyk göwrümleri bardyr.

Ýöne Nýuton aşakdaky tassyklamalary subut edendir:

1).eger özara dartylýan iki jisim şar görnüşli we deňölçegli dykzylykly bolsalar, onda olar massalary merkezinde jemlenen jisimler ýaly biri-birine dartylarlar;

2).umumy merkezli, iki sany şar görnüşli üstler bilen çäklenen, birmeňzeş dykzylykly şar görnüşli gatlaklar, massalary merkezinde jemlenen jisimler ýaly biri-birine dartylarlar.

3).hemme ýerinde dykzylygy birmeňzeş bolmadyk, ýöne birmeňzeş dykzylykly madda şar görnüşli konsentrik gatlaklary

$$g_c = g_{ik} \sqrt{\frac{R}{R+h}}.$$

ÝEH orbitasynyň elementleri onuň uçurylan ýerine we wagtyňa, başlangyç tizliginiň ululygyna we ugruna baglydyr. Emeli hemranyň orbitasynyň uly ýarymoky a bilen onuň başlangyç g_0 tizliginiň arasyndaky baglanyşyk, energiýa integralyna (2.18) laýyklykda, formula boýunça kesgitlenýär:

$$g_o^2 = Gm \left(\frac{2}{r_o} - \frac{1}{a} \right),$$

bu ýerde r_o -ÝEH orbita çykma nokadynyň Ýeriň merkezinden uzaklygy.

Adatça ÝEH gorizont al ugurda, takyk aýdanymyzdaky radial ugra perpendikulýar göýberilýär. Gorizont göýberilende orbitasynyň ekssentrisiteti

$$e = 1 - \frac{q}{a}$$

bu ýerde q -perigeý aralygy (Ýeriň merkezinden orbitanyň iň ýakyn nokadyna çenli aralyk).

Elliptik orbita bolan ýagdaýynda (35-nji çyzgy) $q = a(1-e) = R + h_{II}$, bu ýerde h_{II} -perigeýiň Ýeriň üstünden beýikligi. Apogeý aralygy (Ýeriň merkezinden orbitanyň iň uzak nokadyna çenli aralyk) $Q = a(1+e) = R + h_A$, bu ýerde h_A -apogeýiň Ýeriň üstünden beýikligi. Eger ÝEH perigeýde göýberilen bolsa, onda

$$r_0 = q = R + h_{II}$$

ÝEH orbitasynyň görnüşiniň onuň orbita çykarylan başlangyç tizligine baglylygy 36-njy çyzgyda görkezilendir. Eger k nokatda hemra berlen gorizont tizlik Ýeriň merkezinden şu beýiklikde töwerekde hereket etmeli tizlige deň bolsa, onda ol töwerege laýyk (I) orbita boýunça hereket eder. Eger k nokatda berlen başlangyç tizlik degişli töwerekde hereket etmeli tizlikden kiçi bolsa, onda hemra ellips (II) boýunça, eger has kiçi bolsa, onda has süýnmek we Ýeriň üsti bilen kesişýän (III) ellips boýunça hereket eder. Bu ýagdaýda göýberilen hemra bir aýlaw hem etmän, Ýeriň üstüne

parabola ýa-da giperbola meňzäp biler.

Eger emeli hemra Ýerden h beýiklige çykarylandan soň berlen gorizont tizlik şol beýiklikde töwerek boýunça hereket etmek üçin ýeterlik bolsa, onda ol hemra töwerege laýyk orbita boýunça hereket eder.

Eger-de berlen gorizont tizlik töwerekde hereket etmeli tizlikden uly, emma parabola aýlawlarda hereket edýän tizliklerden az bolsa, onda emeli hemra perigeýi orbita çykarylan nokatda ýerleşen ellips boýunça hereket eder.

Eger-de berlen gorizont tizlik töwerekde hereket etmeli tizlikden biraz kiçi we orbita çykarylan h beýikligi ýeterlik uly bolsa, onda emeli hemra apogeýi orbita çykarylan nokatda ýerleşen ellips boýunça hereket eder.

Emeli hemranyň massasynyň Ýeriň massasyndan örän kiçi bolany üçin ony hasaba almasak, onda Ýeriň merkezinden $r = R + h$ uzaklykda töwerekde herket etmeli tizligi (2.19) we (2.25) formulalaryň esasynda alarys

$$g_c = \sqrt{\frac{Gm}{R+h}} = \sqrt{\frac{8R^2}{R+h}} \quad (2.27)$$

Bu ýerde m we R – deňşilikde Ýeriň massasy we radiusy, g – Ýeriň üstünde agyrylyk güýjüniň tizlenmesi, h —gorizont tizlik bermek üçin hemranyň Ýeriň üstünden çykarylan beýikligi.

Ýeriň üstüne örän ýakyn ($h=0$) ýerleşen töwerek boýunça hereket edýär diýip göz önüne getirilýän emeli hemranyň tizligi ($R=6370 \text{ km}$, $g=9,81 \text{ m/s}^2$)

$$g_{1k} = 7,91 \text{ km/s}$$

g_{1k} - tizlige Ýere görä birinji kosmos tizligi diýilýär.

Ýeriň töwereginde atmosfera gatlagy bolany sebäpli onuň üstüne örän ýakyn ýerleşen orbita boýunça hereket edýän emeli hemra bolup bilmez. Şol sebäpli ÝEH Ýeriň üstünden käbir beýiklige ($h > 150 \text{ km}$) çykarylyp goýberilýär. h beýiklikde töwerekde hereket etmeli tizlik birinji kosmos tizlikden kiçidir we (2.27) deňlemeden ýa-da formula boýunça hasaplanylýar

emele getirýän şarlar hem massalary merkezinde jemlenen jisimler ýaly biri-birligine dartylarlar.

Bular ýaly jisimler üçin (2.16) formuladaky r şarlaryň merkezleriniň arasyndaky uzaklygy aňladýar. Şunlukda, şarlaryň radiuslary r uzaklyk bilen deňeşdirilende islendik ölçeglerde bolup bilerler, ýöne olaryň jemi r uzaklykdan kiçi bolmalydyr. Asman jisimleriniň hemmesiniň diýen ýaly, konsentrik şar görnüşli çäklerinde dykzlygy üýtgemeyär diýip hasaplap bolýan gatlaklardan ybarat bolan şar şekillidigini we olaryň merkezleriniň aralyklaryndaky uzaklyklaryň olaryň öz ölçeglerinden köp esse uludygyny göz önünde tutup, olaryň özara täsirleri öwrenilende birinji tapgyrda olaryň şar görnüşden gysarmalaryny hasaba alman bolýandyr.

§39. Dartylma güýjüniň we agyrylyk güýjüniň toždestwolaýyn deňligi

Ýeriň üstünde hemme jisimler agyrylyk güýjüniň täsiri netijesinde erkin gaçanda ululygy $9,81 \text{ m/s}^2$ bolan tizlenme alýarlar.

Goý, agyrylyk güýji jisimiň Ýeriň merkezinden uzaklygynyň kwadratyna ters baglanyşykda üýtgeýän bolsun. Onda Ýeriň merkezinden 60 Ýer radiusyna deň uzaklykda ýerleşen Aý, Ýeriň üstündäki jisimiň alýan g tizlenmesinden 60^2 esse kiçi bolan g' tizlenme almaly, ýagny

$$g' = \frac{g}{60^2} = \frac{9,81}{3600} \text{ m/s}^2 = 0,0027 \text{ m/s}^2$$

Nazary mehanikadan belli bolşy ýaly, töwerek boýunça deňölçegli hereket edýän nokadyň merkeze ymtylýan tizlenmesi

$$w = \omega^2 r,$$

bu ýerde ω -burç tizligi, r – töweregiň radiusy.

Aýyň orbitasyny takmynan radiusy $r = 60 \cdot 6378 \text{ km}$ bolan töwerek, onuň Ýeriň daşyndan aýlanmasynyň periodyny $27,3$ orta gije-gündiz diýip hasaplap, Aýyň orbitasy boýunça hereket edende onuň merkeze ymtylýan tizlenmesi:

$$w = \left(\frac{2\pi}{27,3 \cdot 86400} \right)^2 \cdot 60,6378 \cdot 10^3 \frac{m}{s^2} = 0,0027 \frac{m}{s^2}$$

g' we w ululyklaryň birdeň san bahalarynyň alynmagy Aýy orbitasynda saklaýan güýç (dartyлма güýjüniň) Ýeriň merkezinden Aýa çenli aralygyň kwadratyna proporsionallykda kemelýän agyrlyk güýjüdür.

Bu netijeleriň esasynda Nýuton agyrlyk güýjüniň Älem giňişligindäki hemme jisimleriň arasynda täsir edýän özara dartyлма güýjüne toždestwolaýyn deňligi barada netije çykarýar we bütindünýä dartyлма kanunyňy §37 getirilen görnüşde formulirleýär.

§40. Agyrlyk güýjüniň Ýeriň üstünde üýtgemesi

Ýeriň üstünde agyrlyk güýji iki güýjüň, ýagny Ýeriň merkezine ugrykdyrlan dartyлма güýjüniň we Ýeriň aýlanma okuna perpendikulýar ugrukdyrylan merkezden daşlaşýan güýjüň deňtäsiredijisidir. Ýeriň aýlanma okunyň ugry boýunça gysylan şar (ellipsoid) görnüşli bolany üçin, dartyлма güýji polýuslarda başga ýerlerdäkidən uludyr we ekwatora tarap kemelýändir.

Ondan başga-da merkezden daşlaşýan güýç dartyлма güýjüniň garşysyna täsir edýändir. Şonuň üçin agyrlyk güýji Ýeriň üstünde polýuslaryndan ekwatora tarap kemelýändir.

Polýuslardaky we ekwatoraky agyrlyk güýjüniň tizlenmesiniň tapawudy

$g_{90}-g_0=9,832 \text{ m/s}^2-9,780 \text{ m/s}^2=0,052 \text{ m/s}^2$ deňdir. Bu tapawudyň 2/3 bölegi Ýer ekwatoryndaky merkezden daşlaşýan tizlenme sebäpli we 1/3 bölegi bolsa Ýeriň ellipsoid görnüşli bolany sebäpli ýüze çykýandyr.

Agyrlyk güýjüniň tizlenmesiniň orta bahasy $g=9,81 \text{ m/s}^2$ diýip kabul edilendir.

Ýer üstüniň dürli ýerlerinde geçirilen agyrlyk güýjüniň tizlenmesiniň ölçegleriniň netijeleri onuň Ýeriň ellipsoid görnüşliligi bilen baglanyşykly normal üýtgemelerinden

hemişelikler bilen bir hatarda kabul edendir. Bu ululyk 1966 ýylda Aýyň massasyny onuň emeli hemralarynyň aýlanmalarynyň parametrleri boýunça hasaplamalarda hem tassyklanandyr.

Aýyň we Ýeriň massalarynyň kesgitlenen gatnaşygy esasynda (2.26) deňlemiden Günüň massasy M_\odot Ýeriň massasyndan 333000 esse uludyr, ýagny

$$M_\odot \approx 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

Günüň massasyny we bu massanyň hemrasy bolan islendik planetanyň massasyna bolan gatnaşygyny bilip, bu planetanyň massasyny kesgitlemek ýeňildir.

Hemrasy bolmadyk planetalaryň (Merkuriý, Wenera) massalary olaryň täsirleri netijesinde başga planetalaryň ýa-da kometalaryň hereketlerinde ýüze çykýan tolgunmalary derňemek esasynda kesgitlenýär. Mysal üçin, Wenera bilen Merkuriýniň massalary olaryň täsirleri netijesinde Ýeriň, Marsyň we käbir kiçi planetalaryň hereketlerinde ýüze çykýan tolgunmalary, şeýle hem biri-birlere täsirleri netijesinde ýüze çykýan tolgunmalar boýunça kesgitlenendir.

§53. Ýeriň emeli hemralarynyň hereketi

1957-nij ýylyň 4-nij oktyabrynda dünýäde Ýeriň ilkinji emeli hemrasynyň uçurylmagy bilen adamzat öz taryhynda täze eýýamy–emeli asman jisimlerini döretmek eýýamyny açdy.

Emeli asman jisimleri tebigy asman jisimleriniň kanunlaryna boýun egýändiglerine garamazdan, olaryň orbitalarynyň we hereketleriniň häsiýetnamalaryny kesgitleýän şertleriniň käbir özboluşlyklarynda durup geçmek zerurdyr.

Ýeriň emeli hemralary (ÝEH) orbitalaryna köpbaşgançakly raketalaryň kömegi bilen çykarylýar. Raketanyň iň soňky başgançagy berlen beýiklikde hemra kesgitli tizlik berýär. Ýeriň üstünden h beýiklikde gorizonta ugurda uçurylan jisimiň şol pursatdaky tizligi ýeterlik bolsa, onda ol ÝEH bolar.

Emeli hemranyň hereket edýän aýlawynyň şekili hereket etmeli orbitasyna çykarylandaky tizligine baglylykda töwerege, ellipse,

$$\frac{m}{M} = \frac{1}{1050} \text{ deňdir.}$$

Ýeriň ýeke-täk hemrasy bolan Aýyň massasy Ýeriň massasy bilen deňeşdirilende ýeterlik uly ululyk bolany sebäpli, (2.26)

deňlemede $\frac{m_h}{m}$ -gatnaşygy hasaba almak hökmandyr. Şol sebäpli

Günüň massasyny Ýeriň massasy bilen deňeşdirmek üçin ilki bilen Aýyň massasyny kesgitlemek zerurdyr. Aýyň massasyny takyk kesgitlemek örän çylşyrymly, kyn meseledir we ol Aýyň täsiri netijesinde Ýeriň hereketindäki ýüze çykýan tolgunmalary derňemek esasynda çözülýändir.

Aýyň dartmagy netijesinde Ýer bir aýyň dowamynda Ýer-Aý sistemasynyň umumy massa merkeziniň daşynda ellips çyzmalydyr.

Günüň görünýän ýerleşiş ýagdaýlarynyň takyk kesgitlemeleri boýunça onuň uzaklyk koordinatasynyda „aý deňsizligi“ diýip atlandyrylan, peridy bir aý bolan üýtgemeler ýüze çykarylandyr. Günüň görünýän hereketinde „aý deňsizliginiň“ bolmagy Ýeriň merkeziniň hakykatdan hem bir aýyň dowamynda „Ýer-Aý“ sistemasynyň umumy massa merkeziniň daşynda uly bolmadyk ellips çyzýandygyny görkezýär. Ýer-Aý sistemanyň umumy massa merkezi Ýeriň merkezinden 4650 km uzaklykda, ýagny Ýeriň içinde ýerleşendir. Bu bolsa Aýyň massasynyň Ýeriň massasyna bolan gatnaşygyny kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Bu gatnaşyk $\frac{1}{81,56}$ deňdir. „Ýer-Aý“ sistemanyň massa merkeziniň ýagdaýy

Eros asteroidine 1930-1931 ýyllarda geçirilen gözegçilikleriň essasynda hem kesgitlenendir. Bu gözegçilikleriň essasynda Aýyň massasynyň Ýeriň massasyna bolan gatnaşygy $\frac{1}{81,27}$ deň. Ýeriň

emeli hemralarynyň hereketlerindäki tolgunmalar boýunça kesgitlenen Aýyň massasynyň Ýeriň massasyna bolan gatnaşygy $\frac{1}{81,30}$ deňdir. Bu gatnaşygyň soňky ululygy has takykdyr we ony

1964 ýylda Halkara astronomik birleşme beýleki astronomik

gyşarmalaryň (tolgunmalaryň) bardygyny görkezýär. Bu gyşarmalara agyrlyk güýjüniň anomaliýasy diýilýär we Ýeriň gabygynyň gurluşynyň dürlüligi bilen düşündirilýär. Bu dürlülik Ýer gabygyny düzýän dag jynslarynyň dykzlygynyň dürlüligi sebäplidir.

Ýer gabygynyň ýokarky gatlaklaryndaky käbir ownuk birhilli dällikler, ýagny dürlülikler agyrlyk güýjüniň yerli anomaliýasyny ýüze çykarýar. Yerli anomaliýa dykzlygy örän uly bolan (mysal üçin demir düzüjili magdanlar) ýa-da dykzlygy kiçi bolan (mysal üçin nebit, daş duzy) ýerasty peýdaly baýlyklaryň gorlarynyň barlygynyň tassyknamasydyr.

§41. Dartylmanyň tebigaty we tapawutly häsiýetleri

Nýutonyň bütindünýä dartyлма kanuny tebigatyň iň wajyp kanunydyr. Asman jisimleriniň hereketleriniň hemmesi diýen ýaly we başgada köp sanly örän çylşyrymly hadysalar ýönekeý matematiki formula bilen aňladylan bu kanun bilen düşündirilýär.

Dartyлма güýjüni tebigatyň beýleki güýçlerinden, mysal üçin elektrik we magnit güýçlerinden tapawutlandyryan birnäçe wajyp häsiýetleri bardyr. Dartylmanyň has ajaýyp wajyp häsiýetleri aşakdakylardyr:

1).Dartyлма güýjüniň uzak aralyklarda täsiri, ýagny biri-birinden nähili uzaklyklarda ýerleşýändiklerine garamazdan Älem giňişligindäki hemme jisimleriň arasynda täsir edýändir;

2) Dartyлма güýji jisimleriň özara ýerleşişlerine baglydyr we olaryň özara ýerleşiş üýtgände dartyлма güýji hem üýtgeýändir;

3).Dartylmanyň täsiri jisimleriň himiki düzümine, fiziki ýagdaýyna we beýleki dürli häsiýetlerine bagly bolman, diňe olaryň massalaryna baglydyr;

4).Dartyлма güýji üçin hiç-hili päsgelçilik ýokdur.

Islendik dürli materialdan ýasalan goragyň ýa-da ekranyň kömegi bilen agyrlyk güýjüniň täsirine iň bolmanda bölekleyin hem päsgelçilik döredip bilmeýäris. Biz tebigatda hiç ýerde şular ýaly ýaýraýan fiziki häsiýetli hadysalara we prosesslere gabat

gelmeýäris. Mysal üçin, ýagtylyk, rentgen şöhleleri, radiotolkunlar, elektrik we magnit güýçleri - bularyň ählisi azdakände dürli material jisimler, material sredalar tarapyndan siňdirilýändir.

Dartylmanyň tebigaty, onuň fiziki manysy (esasy) häzire çenli doly anyklyk bilen däldir. Eýnşteýniň otnositellik nazaryetine laýyklykda dartylma dünýäniň giňişlik-wagt häsiýetnamalarynyň ýüze çykmasydyr, hemme hereketleriň esasynda ýatan we düýp manysynda inersiýa bilen toždestwolaýyn deň bolan materiýanyň esasy häsiýetidir.

§42. Dartylma güýjüniň täsiri astynda material nokadyň hereketi (iki jisim meselesi)

Bu mesele material nokadyň dinamikasynyň esasy deňlemesinden (2.14) alynýan hereketiň differensial deňlemelerini integrirleme ýoly bilen çözülýär. Bu deňlemede F -güýç dartylma güýjüdür. Biz bu deňlemeleriň çözüwlerine seredip geçeris.

Eger hereket etmeýän C nokatda jemlenen M massa belli bir pursatda m material nokady aralaryndaky uzaklygyň kwadratyna ters proporsional bolan güýç bilen özüne dartyp başlasa, onda m nokadyň alýan tizlenmesi mC göni boýunça ugrykdyrylan bolar. Bu nokadyň ondan soňky hereketi C nokatdan uzaklygyna, başlangyç pursatdaky (M massanyň özüne dartyp başlan pursatyndaky) v_0 tizliginiň ululygyna we ugruna bagly bolar.

Eger tizlik $v_0 > 0$, ýöne käbir çäk v_s tizlikden uly bolmasa, onda m nokat fokuslarynyň birinde C nokat ýerleşen ellips boýunça hereket eder (30-njy çyzgy). Ellipsiň tekizligi v_0 tizligiň ugrunyň we C hem-de m nokatlaryň üstlerinden geçer.

Ellipsiň görnüşi we ölçegleri v_0 tizligiň ululygyna baglylykda dürli bolar. v_0 tizligiň kiçi bahalarynda ellips güýçli gysylan bolar, onuň uly oky Cm uzaklykdan sähelçe uly bolar we C nokat m nokatdan uzakdaky fokusda ýerleşer. Eger v_0 tizlik v_c tizlige golaý, ýöne ondan kiçi bolsa, onda ellipsiň eksentrisiteti kiçi bolar, onuň uly ýarym oky Cm aralykdan sähelçe kiçi bolar, C

belli bolan tejribelerinden ýeterlik takyklykda kesgitlenendir.

g , R we G ululyklaryň häzirkä döwürde kabul edilen bahalary esasynda (2.25) formula boýunça Ýeriň massasy

$$m = 5,976 \cdot 10^{24} \text{ kg} \approx 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

Ýeriň massasyny we göwrümini bilip, onuň orta dykzlygyny kesgitlemek mümkindir. Bu ululyk $5,52 \text{ g/cm}^3$ deňdir.

Eger planetanyň iň bolmanda bir hemrasy bolup, onuň planetadan uzaklygy we planetanyň daşyndan aýlanma periody belli bolsa, onda Kepleriň üçünji takyklykly kanuny Günüň massasy bilen planetanyň massasynyň arasyndaky gatnaşygy kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Hakykatdan-da, hemranyň planetanyň daşyndaky aýlawly hereketi hem planetanyň Günüň daşyndaky aýlawly hereketi ýaly şol bir kanunlara boýun egýändirler. Onda (2.24) deňleme bu ýagdaý üçin şeýle ýazylar:

$$\frac{T^2(M+m)}{t_h^2(m+m_h)} = \frac{a^3}{a_h^3}$$

Bu ýerde m, M, m_h -degişlilikde Günüň, planetanyň we onuň hemrasynyň massalary, T we t_h -degişlilikde planetanyň Günüň daşyndan we hemranyň planetanyň daşyndan aýlanma periodlary, a we a_h , degişlilikde planetanyň Günden we hemranyň planetadan uzaklyklary.

Deňlemäniň çep tarapyndaky drobuň sanawjysyny we maýdalawjysyny m bölüp we deňlemäni massalara görä çözüp, alarys:

$$\left(\frac{M}{m} + 1\right) : \left(1 + \frac{m_h}{m}\right) = \frac{t_h^2 a^3}{T^2 a_h^3} \quad (2.26)$$

$\frac{M}{m}$ -gatnaşyk hemme planetalar üçin örän uludyr, $\frac{m_h}{m}$ -gatnaşyk bolsa kiçidir (Ýer we onuň hemrasy Aýdan başgalar) we olary hasaba alman bolýar. Onda (2.26) deňlemede diňe bir näbelli $\frac{M}{m}$ gatnaşyk galar, ony deňlemeden ýeňil kesgitläp bolýar. Mysal üçin, bu usul bilen Ýupiter üçin kesgitlenen ters gatnaşyk

sentýabrynda nemes astronomy Galle, Lawerrýeniň öz hasaplamalary esasynda planeta bolmaly diýip, asmanda görkezen nokadyndan bary-ýogy 1^0 uzaklykda planetany tapýar. Täze planeta Neptun diýip at dakýarlar.

Ilki hasaplamalarda kesgitlenen Neptunyň açylmagy („galam ujunda“ açylan hem diýilýär) Nýutonyň bütindünýä dartylma kanunynyň dogrulygynyň wajyp subutnamasydyr.

§52. Asman jisimleriniň massalaryny kesgitlemek

Nýutonyň bütindünýä dartylma kanuny asman jisiminiň wajyp fiziki häsiýetnamalarynyň biri bolan massany kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Asman jisiminiň massasy:

- berlen jisimiň üstünde agyrlýk güýjüni ölçemeler esasynda (grawimetrik usul);
- Kepleriň üçünji (takyklyan) kanuny boýunça;
- asman jisiminiň başga asman jisimleriniň hereketlerinde döredýän, gözegçilik edilýän tolgunmalary derňemegiň esasynda kesgitlemek mümkindir.

Birinji usul diňe Ýer üçin ulanarlyklydyr we ol aşakdakylardan ybaratdyr.

Dartylma kanunyna laýyklykda Ýeriň üstünde agyrlýk güýjüniň tizlenmesi

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

bu ýerde m -Ýeriň massasy, R -onuň radiusy.

Bu ýerden Ýeriň massasy:

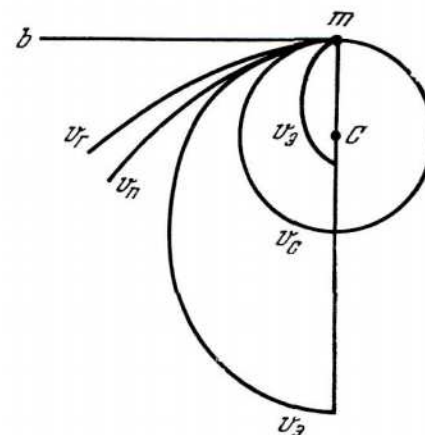
$$m = \frac{gR^2}{G} \quad (2.25)$$

Agyrlýk güýjüniň tizlenmesi g (has takyk aýdanymyzda agyrlýk güýjüniň diňe dartylma güýji bilen baglanyşykly düzüjisiň tizlenmesi), edil Ýeriň R -radiusy ýaly, Ýeriň üstünde gös-göni ölçemelerden kesgitlenýär. Dartylma hemişeligi, ýa-da başgaça grawitasiýa hemişeligi Kawendişiň we Ýolliniň fizikada

nokat ellipsiň merkezine ýakynlaşar, ýöne m nokatdan uzakdaky fokusda galar.

Eger başlangyç tizlik $v_0 = v_c$ we Cm çyzyga perpendikulýar ugrukdyrylan bolsa, onda m nokat radiusy Cm deň bolan töwerek boýunça hereket eder.

Eger tizlik $v_0 > v_c$, ýöne käbir çäk $\vartheta_n = \vartheta_c \sqrt{2}$ tizlikden uly bolmasa, onda m nokat ellips bopunça hereket eder, ýöne C nokat



30-njy çyzgy. Iki jisim meselesi.

m nokada golaýdaky fokusda ýerleşer, ellipsiň uly oky ϑ_0 tizlik ϑ_n tizlige näçe golaý bolsa, şonçada uly bolar. Eger tizlik $\vartheta_0 = \vartheta_n = \vartheta_c \sqrt{2}$ bolsa, onda m nokat Cm oka parallel bolan ugura ýakynlaşýan iki şahasy hem tükeniksizlige gidýän parabola boýunça hereket eder: m nokat M jisimden daşlaşdygyça onuň tizligi nola ymtylyp başlar.

Eger tizlik $\vartheta_0 > \vartheta_n$ bolsa,

onda m nokat şahalary tükeniksizlige gidýän giperbola boýunça hereket eder we örän uly başlangyç tizliklerde şahalar Cm oka perpendikulýar bolan ugura ýakynlaşar. m nokat giperbola boýunça hereket edip daşlaşdygyça onuň tizligi käbir hemişelik ululyga ýakynlaşyp başlar.

Çäk ýagdaýlarda, haçanda tizlik $\vartheta_0 = \infty$ bolanda, m nokat mb göni boýunça hereket eder, haçanda $\vartheta_0 = 0$ bolanda bolsa m nokat mC göni bopunça hereket eder.

m nokadyň C nokatdan islendik r uzaklykdaky ϑ tizligi

$$\vartheta^2 = G \left(M + m \right) \cdot \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right) \quad (2.18)$$

formuladan alynýar, bu ýerde a – ellipsiň uly ýarymoky. Bu formula energiýa integraly diýilýär.

Eger m nokat töwerek boýunça hereket edýän bolsa, ýagny $r=a$

bolsa, onda (2.18) aňlatmadan alarys

$$\mathcal{G}_c = \sqrt{\frac{G(M+m)}{r}} \quad (2.19)$$

Eger m nokat parabola boýunça hereket edýän bolsa, onda $a = \infty$ we

$$\mathcal{G}_\pi = \mathcal{G}_c \sqrt{2} \quad (2.20)$$

\mathcal{G}_c -töwerek boýunça tizlik, \mathcal{G}_π -parabolik tizlik diýilýär. Elliptik hereketiň tizligi $0 < \mathcal{G}_E < \mathcal{G}_\pi$ çäklerde kesgitlenendir, giperbolik tizlik bolsa $\mathcal{G}_G > \mathcal{G}_\pi$. Giperbolik orbita hem edil elliptik orbita ýaly alty element bopunça kesgitlenýär, ýöne uly ýarymokuň ýerine $a = \infty$, peregeliý q aralygy berilýär. Parabolik orbita baş element: $i, \Omega, \omega, t_0, q$ boýunça kesgitlenýär, sebäbi parabola üçin $a = \infty$ we $e = 1$.

§43. Kepleriň birinji (umumylaşdyrylan) kanuny

Kepleriň kanunlary empiriki, ýagny planetalaryň görnüşän hereketlerine gözegçilikleriň netijelerine esaslanyp alynandyr. Şol sebäpli Kepleriň 1-nji kanunynyň kesgitlemesi uly planetalar we Güniň daşynda ýapyk orbitalar boýunça hereket edýän Gün sistemasynyň jisimleri üçin dogrudyr.

Eger asman jisimleriniň hereketlerini doly manyda göz önünde tutjak bolsak, onda geçen paragrafyň esasynda Kepleriň 1-nji kanunyny şu görnüşde formulirlmek bolar:

dartylma güýjiniň täsiri nerijesinde bir asman jisimi beýleki asman jisiminiň dartylma meýdanynda konus görnüşli kesikleriň biri - töwerek, ellips, parabola ýa-da giperbola boýunça hereket edýär.

Kepleriň şu görnüşde formulirlenen 1-nji kanuny indi orbitalary ýa ellips, ýa parabola, ýa-da giperbola bolan hemme kometalary üçin dogrudyr. Bu kanun fokuslarynyň birinde planeta ýerleşen elliptik orbitalar boýunça hereket edýän, planetalaryň hemralary üçin hem, umumy massa merkezleriniň daşynda elliptik orbitalar

Lagranžyň ikinji çözüwine laýyk gelýän asteroidleriň (kiçi planetalar) iki topary açylandyr.

Biri-birini Nýutonyň kanuny boýunça dartýan dört we ondan hem köp jisimleriň hereketlerini kesgitlemek (n jisim meselesi) meselesi üç jisim meselesinden hem çylşyrymlydyr.

Şonuň üçin n jisimiň hereketi öwrenilende, mysal üçin Gün sistemasynyň jisimleriniň hereketi öwrenilende tolgunmalary nasaplama usuly ulanylýar. Bu usul kesgitli wagt aralygy üçin meseläniň takyk çözüwine ýeterlik golaý bolan ýakynlaşan çözüwini tapmaga mümkinçilik berýär. Gün sistremasynyň jisimleri üçin tolgunmalary hasaplamak-asman mehanikasynyň çylşyrymly we örän wajyp meseleleriniň biridir. Hasaplamalarda häzirki zaman kompýuterleriniň ulanylmagy bu meseläni çözmekde ýeňillikleri döredýär.

§51. Neptunyň açylyşy

Asman mehanikasynyň gazanan ajaýyp üstünlikleriniň biri Neptun planetasynyň açylyşydyr.

1781-nji ýylda inlis astronomy Gerşel Uran diýip atlandyrylan, öň ýyldyzdyr öýdüp hasaplanan we ýüzýylyklaryň dowamynda koordinatalary kesgitlenen, täze uly planetany garaşylmadyk ýagdaýda, tötänleýin açýar. Haçanda bu koordinatalar boýunça Uranyň orbitasy kesgitlenende, şol döwürde belli bolan uly planetalaryň täsirleri hasaba alynandan soň hem, onuň hereketiniň Kepleriň kanunlaryna laýyklykda bolmaly hereketden gyşarmalarynyň bardygy ýüze çykarylýar. Bu gyşarmalary düşündirmek üçin, olar Uran planetanyň hereketine ýene bir, näbelli planetanyň täsiri netijesinde ýüze çykýan bolmaly diýen çaklama aýdylýar. Şondan soňra astronomiýanyň önünde Uranyň hereketindäki tolgunmalar boýunça bu tolgunmany döredýän tolgundyryjy planetanyň ýerleşişini (koordinatalaryny) kesgitlemek meselesi goýulýar. Bu çylşyrymly we matematiki kyn mesele, biri-birinden habarsyz, birwagtda fransuz alymy Lawerrýe we inlis alymy Adams tarapyndan çözülýär. 1846-njy ýylyň 23-nji

galýar. Gijä galma wagty käwagt alty sagada ýetýär we bu wagty aralygyna amaly sagat diýilýär. Daşgynlaryň beýikligi hemme ýerde meňzeş dälir.

Daşgynlara we gaýtgynlara Ýer atmosferasy hem sezewar bolýandyr we atmosfera basyşynyň üýtgemelerine täsiri ýetýändir. Daşgyn hadysalary Ýer gabygynda hem ýüze çykarylandyr, ýöne onuň ölçegleri suw örtügindäkiden ep-esli kiçidir.

Daşgynlar sebäpli Ýeriň üstüniň nokatlary bir gije-gündizde iki sapar, ortaça birnäçe desimetr ululyga ýokary galýandyr we aşak düşýändir.

§50. Üç we köp jisim meselesi

Aralyklaryndaky uzaklygyň kwadratyna ters proporsional bolan güýç bilen biri-birini dartýan üç jisimiň hereketini kesgitlemege üç jisim meselesi diýilýär.

1912-nji ýylda finn matematigi Zundman erkin başlangyç şertler üçin üç jisim meselesiniň teoretiki çözüwini ýygnaýan hatarlar görnüşinde aldy. Ýöne bu hatarlar örän çylşyrymly we haýal ýygnaýarlar. Şol sebäpli olar jisimiň giňişlikdäki ýagdaýyny hasaplamaga, şeýle hem jisimleriň hereketiniň häsiýetleri barada netije çykarmaga mümkinçilik bermeyär. Şonuň üçin häzirki döwürde Zundmanyň formulalarynyň amaly ähmiýeti ýokdur.

Üç jisim meselesiniň başlangyç şertleriň käbir çäklendirilen ýagdaýy üçin çözüwini ilkinji bolup Lagranž 1772-nji ýylda şu iki şert üçin alandyr:

1).eger üç jisim bir göniň üstünde ýerleşen we umumy massalar merkeziniň daşyndan şol göniň üstünden üýtgemän aýlanýan bolsalar;

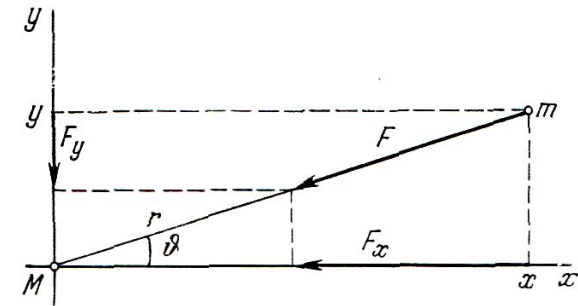
2).eger üç jisim deňtaraply üçburçlugyň depelerinde ýerleşen we umumy massalar merkeziniň daşyndan mydama üçburçlugyň deňtaraplygyny saklap aýlanýan bolsalar.

Lagranž alan bu çözüwleriniň diňe teoriýa taýdan ähmiýeti bar diýip hasaplapdyr. Emma XIX asyryda hereketleri takmynan

boýunça hereket edýän goşa ýyldyzlar üçin hem dogrudyr. Şunlukda jisimleriň orbitalarynyň görnüşy we ölçegleri diňe başlangyç tizlige baglydyr (jisimiň tizligi mydama radiusa perpendikulýar bolýan, töwerek boýunça hereketden başga ýagdaýlarda).

§44. Kepleriň ikinji kanuny

Başlangyjy dartýan merkezi M jisimde ýerleşen, xy tekizligi bolsa jisimiň orbitasynyň tekizligi bilan gabat gelýän, gönüburçly koordinatalar sistemasyny saýlap alalyň.



31-nji çyzgy. Kepleriň ikinji kanunyna degişli çyzgy.

Tizlenmäni we güýji x we y koordinata oklaryna proyektirläp (31-nji çyzgy), dinamikanyň esasy deňlemesini (2.14) aşakdaky görnüşde ýazarys:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_x, \quad m \frac{d^2 y}{dt^2} = F_y.$$

Bu deňlemeleri deňşililikde y -e we x -e köpeldip, hem-de ikinjiden birinjini aýyryp alarys:

$$m \left(x \frac{d^2 y}{dt^2} - y \frac{d^2 x}{dt^2} \right) = x F_y - y F_x \quad \text{ýa-da}$$

$$m \frac{d}{dt} \left(x \frac{dy}{dt} - y \frac{dx}{dt} \right) = x F_y - y F_x.$$

Güýç merkezi bolanlygy sebäpli

$$\frac{F_x}{F_y} = \frac{x}{y}, \quad \text{ýagny } yF_x = xF_y \text{ dogrudyr.}$$

Şonuň üçin

$$\frac{d}{dt} \left(x \frac{dy}{dt} - y \frac{dx}{dt} \right) = 0,$$

$$\text{ýa-da} \quad x \frac{dy}{dt} - y \frac{dx}{dt} = \text{const} \quad (2.21)$$

Polýar koordinatalarda

$$\begin{aligned} x &= r \cos \vartheta, \\ y &= r \sin \vartheta \end{aligned}$$

Bu ýerde r nokadyň koordinatalar başlangyjyndan uzaklygy (nokadyň radius-wektory), ϑ - polýar burç (hakyky anomaliýa).

Eger gönüburçly koordinatalar sistemasyndan polýar koordinatalar sistemasyna geçsek, onda (2.21) aňlatma aşakdaky görnüşi alar:

$$r^2 \frac{d\vartheta}{dt} = \text{const}, \quad (2.22)$$

ýagny, radius wektoryň wagat birliginde çyzýan meýdany hemişelik ululykdur. Bu formula Kepleriň ikinji kanunynyň metematiki aňlatmasydyr.

§45. Kepleriň üçünji (takyklanan) kanuny

Töwerek boýunça aýlawly hereketde tizlenme $w = \omega^2 r$ deňdir.

Bu ýerde burç tizligi $\omega = \frac{2\pi}{T}$, T bolsa töwerek boýunça aýlanma periody. Onda tizlenme

$$w = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

Eger massasy m bolan asman jisiminiň massasy M bolan merkezi jisimiň daşynda töwerek boýunça otnositel hereketine seretsek, onda (2.17) deňlemä görä otnositel tizlenme

nokatlaryň ýakynynda daşgynlar, F we D nokatlaryň ýakynynda bolsa gaýtgyňlar bolýar.

Ýeriň aýlanmagy netijesinde daşgynlaryň çykytlary her indiki pursat Ýer üstüniň täze nokatlarynda dörär. Şonuň üçin Aýyň iki yzygiderli ýokarky (ýa-da aşaky) kulminasiýalarynyň aralyklaryndaky wagat pursatynda, ýagny $24^h 52^m$ deň bolan wagat aralygynda daşgynlaryň çykytlary bütin Ýer şary boýunça aýlanar we her bir ýerde iki daşgyn hem-de iki gaýtgyň bolar.

Ýeriň suw örtügi Günün dartmagy netijesinde hem daşgynlara we gaýtgyňlara sezewar bolýandyr, ýöne Günün döredýän daşgynlary Aý daşgynlaryndan 2,2 esse kiçidir. Hakykatdan hem, Günün daşgynlary döredýän güýjüniň tizlenmesi $M_{\odot} \frac{2R}{a^3}$ deňdir.

Bu ýerde M_{\odot} -Günün massasy, a -Ýeriň Günden uzaklygy.

Aýyň daşgynlary döredýän güýjüniň tizlenmesini bu tizlenmä bolup, alarys:

$$\frac{m}{M_{\odot}} \frac{a^3}{r^3} \approx 2,2,$$

sebäbi $M_{\odot} = 333000$ Ýer massasyna, $m = 1/81$ Ýer massasyna we $a = 390r$ deňdir. Diýmek, Günün daşgynlary döredýän güýji Aýyň daşgynlary döredýän güýjünden 2,2 esse kiçidir. Günün döredýän daşgynlary özbaşdak gözegçilik edilmeyär, olar diňe Aý daşgynlarynyň ululygyny üýtgedýärler.

Täze Aý doganda ýa-da doly Aýda Gün daşgynlary we Aý daşgynlary bir wagtda bolýarlar, Aýyň we Günün täsirleri goşulýarlar we iň uly daşgynlar ýüze çykýar. Aý fazasynyň birinji we dördünji çäryklerinde Aý daşgynlary pursatynda Gün gaýtgyňlary bolýar, Aýyň täsirinden Günün täsiri aýrylýar we iň kiçi daşgynlar ýüze çykýar.

Hakykatda daşgynlar we gaýtgyňlar hadysasy has çylşyrymlydyr. Ýeriň üsti bütewiligine okean suwlary bilen örtülen dälir we daşgyn tolkuny (daşgynlaryň çykyty) okeanyň üstünden geçip, öz ýolunda materikleriň çylşyrymly kenarlaryna, deňiz düýbünüň dürli görnüşine gabat gelýär we sürtülmä sezewar bolýar. Aýdylan sebäplere görä daşgyn pursaty Aýyň kulminasiýa pursatyna gabat gelmeýär, takmynan şol bir wagat aralygyna gijä

$$w_A - w_T = Gm \frac{2rR - R^2}{(r - R)^2 r^2}$$

Ýeriň R radiusy Ýerden Aýa çenli uzaklyk r bilen deňeşdirilende kiçi ululyk bolany üçin sanawjydaky R^2 ululygy hasaba almasak, maýdalawjyda bolsa $(r-R)$ tapawudyň ýerine diňe r ululygy galdyrsak, onda aňlatma şu görnüşi alar:

$$w_A - w_T = fm \frac{2R}{r^3}$$

Tizlenmelerin bu tapawudy Ýeriň merkezinden ugrukdyrylandyr, sebäbi $w_A > w_T$. Tizlenmelerin $w_B - w_T$ tapawudynyň ululygy hem takmynan şular ýaly ululykdyr we Ýeriň merkezinden ugrukdyrylandyr, sebäbi $w_B < w_T$. Diýmek, A we B nokatlarda Aýyň täsiri netijesinde Ýer üstündäki agyrlyk güýji kemelýändir.

Aýyň täsiri netijesinde F we D nokatlarda bölejikleriniň alýan w_F we w_D tizlenmeleriniň ugurlary T nokatdaky tizlenmä garşylykly ugrukdyrylan $-w_T$ tizlenme bilen kütek burç emele getirýär we tizlenmelerin deňtäsiredijileri Ýeriň merkezine tarap ugrukdyrylandyr. Diýmek, F we D nokatlarda Aýyň täsiri netijesinde agyrlyk güýji ulalýandyr.

F we A , A we D aralyklardaky nokatlaryň deňtäsirediji tizlenmeleri A nokada tarap, F we B , B we D aralyklardaky nokatlar üçin bolsa B nokada tarap ugrukdyrylandyrlar. Eger bu deňtäsirediji tizlenmeleri radius boýunça we galtaşýan çyzyk boýunça dargatsak, onda aralyk nokatlar üçin agyrlyk güýjüniň uly bolmadyk güýçlenmesini ýa-da gowşamasyny alarys. Şeýle hem wajyp bellemeli, Ýeriň bir (FAD) tarapynda A nokada ugrukdyrylan we beýleki (FBD) tarapynda bolsa B nokada ugrukdyrylan tizlenmeler emele geler. Bu tizlenmelerin täsiri okeandaky suwlaryň Ýeriň bir ýarymynda, ýagny Aýyň zenitde bolýan tarapynda A nokada tarap, beýleki ýarymynda, ýagny Aýyň nadirde bolýan tarapynda bolsa B nokada tarap ymtylmagyna getirýär.

Netijede, Aýyň dartylma güýjüniň täsirinden Ýeriň suw örtügi Aýa tarap süýnmek bolan ellipsoid görnüşi alýar, A we B

$$w_{af} = G \frac{(M + m)}{r^2}$$

deň bolar. w we w_{af} —şol bir tizlenme bolany üçin, aňlatmalaryň sag tarapyňy deňläp, alarys

$$\frac{r^3}{T^2(M + m)} = \frac{G}{4\pi^2} = const \quad (2.23)$$

Eger asman jisiminiň ellips boýunça hereketine seretsek, onda (2.23) meňzeş gatnaşyk alarys, ýöne onda töweregiň r radiusy ellipsiň a uly ýarymoky bilen çalşylar we T bolsa jisimiň ellips bopunça aýlanmasynyň periodyny aňladar. Bu aňlatmany massalary m_1 we m_2 , elliptik orbitalarynyň uly ýarymoklary a_1 we a_2 , massalary M_1 we M_2 bolan merkezi jisimleriň daşyndan aýlanma periodlary T_1 we T_2 bolan iki jisim üçin ýazalyň. Bu aňlatma aşadaky görnüşde bolar:

$$\frac{a_1^3}{T_1^2(M_1 + m_1)} = \frac{G}{4\pi^2} \quad ; \quad \frac{a_2^3}{T_2^2(M_2 + m_2)} = \frac{G}{4\pi^2},$$

bu ýerden

$$\frac{T_1^2(M_1 + m_1)}{T_2^2(M_2 + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \quad (2.24)$$

Bu aňlatma Kepleriň üçünji kanunynyň takyk aňlatmasydyr. Eger iki planetanyň Günüň daşyndan aýlawly hereketine seretsek, ýagny şol bir jisimiň daşyndan aýlanmasyna seretsek, onda $M_1 = M_2$ we planetalaryň massalaryny hasaba almasak $m_1 = m_2 = 0$ (Günüň massasy bilen deňeşdireniňde örän kiçi bolanlary üçin), onda Kepleriň gözegçilikleriniň esasynda çykaran (2.7) formulasyny alarys:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

Planetalaryň massalarynyň Günüň massasy bilen deňeşdirilende örän kiçidikleri sebäpli Kepleriň formulasy gözegçilikler bilen gowy ylalaşýar. Asman jisimleriniň massalaryny kesgitlemäge mümkinçilik berýän (2.23) we (2.24) formulalar astronomiýada wajyp ähmiýete eýedirler.

§46. Tolgunmaly hereket barada düşünje

Eger-de Gün sistemasynyň haýsy hem bolsa bir jisimi diňe Gün tarapyndan dartylýan bolan bolsa, onda ol Günüň daşyndan Kepleriň kanunyna laýyklykda hereket ederdi. Iki jisim meselesiniň çözüwine laýyk gelýän bular ýaly herekete tolgunmasyz hereket diýilýär. Hakykatda bolsa Gün sistemasynyň hemme jisimleri diňe Gün tarapyndan dartylman, biri-birleri bilen hem dartylýandyrlar.

Şonuň üçin Gün sistemasynda hiç bir jisim ellips, parabola, giperbola, aýratyn hem töwerek boýunça takyk hereket edip bilmez. Jisimleriň hereketiniň Kepleriň kanunlaryndan gyşarmaklaryna tolgunmalar diýilýär, jisimleriň hakyky herektlerine bolsa tolgunmaly hereket diýilýär. Gün sistemasynyň jisimleriniň tolgunmalary örän çylşyrymly häsiýete eýedir we olaryň uly dældigine garamazdan (sebäbi, bu jisimleriň massalarynyň jemi Günüň massasynyň 1/700 böleginden hem kiçidir), olary hasaba almak örän çylşyrymlydyr. Tolgunmany ýagtyltgyjyň tolgunmaly we tolgunmasyz hereketlerinde ýerleşişleriniň tapawudy ýaly seretmek bolar, jisimleriň tolgunmaly hereketini bolsa elementleri üýtgeýän orbitalar boýunça Kepleriň kanunlaryna laýyk gelýän hereket ýaly göz önüne getirmek bolar.

Merkezi jisimden başga jisimleriň dartmagy netijesinde jisimiň orbitasynyň elementleriniň üýtgemelerine elementleriň tolgunmasy ýa-da deňsizligi diýilýär. Elementleriň tolgunmasy asyrylyk we periodiki tolgunmalara bölünýär.

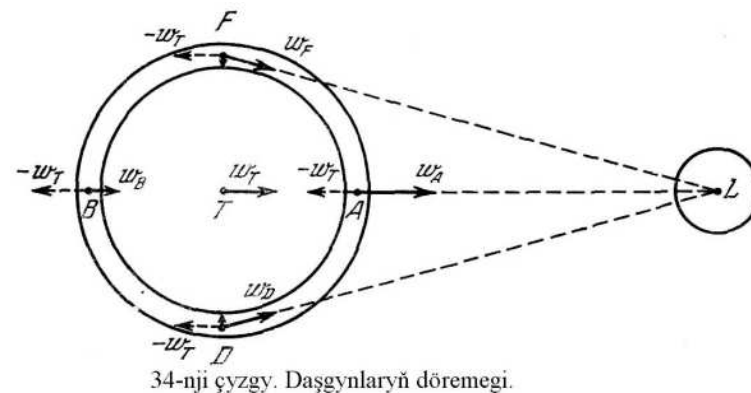
Gün sistemasynyň jisimleriniň asyrylyk tolgunmalary olaryň orbitalarynyň özara ýerleşişlerine baglydyr. Orbitalarynyň özara ýerleşişleri örän uzak wagtyň dowamynda örän kiçi üýtgeýändir. Şol sebäpli elementleriň asyrylyk tolgunmalary şol bir ugurda we wagtda takmynan proporsional bolup geçýändir. Asyrylyk tolgunmalara orbitalaryň iki elementi- Ω dogýan düwüniň uzaklygy we π perigeliýniň uzaklygy sezewar bolýandyrlar.

Periodik tolgunmalar jisimleriň öz orbitalarynda otnositel ýerleşiş ýagdaýlaryna baglydyr we ol ýapyk orbitalar boýunça

absolýut gaty jisim däl, şonuň üçin tolgundyryjy güýçleriň onuň üstüniň käbir böleklerine täsiri daşgynlar we gaýtgyňlar diýip atlandyrylýan hadysalary ýüze çykarýar.

Ýönekeýlik üçin Ýeriň hemme üsti suw bilen deňölçegli örtülen, ýagny okean bilen gurşalan diýip hasaplalyň (34-nji çyzgy). Aý Ýeriň gaty üstüniň her bir bölejigini we okeanyň her bir suw damjasyny özüne dartýar we olara bölejik bilen Aýyň merkeziniň arasyndaky uzaklygyň kwadratyna ters proporsional bolan tizlenme berýär. Bölejikleriň alýan tizlenmeleriniň deňtäsiredijisi T Ýeriň merkezinden geçýär we

$$w_T = G \frac{m}{r^2} \quad \text{deňdir.}$$



34-nji çyzgy. Daşgynlaryň döremegi.

Bu ýerde m -Aýyň massasy, r -Aýyň merkezinden Ýeriň merkezine çenli uzaklyk. Okeanyň suwuna seredeniňde bolsa A nokatdaky tizlenme w_T -den uludyr, B -nokatdaky tizlenme bolsa w_T -den kiçidir, sebäbi

$$w_A = G \frac{m}{(r-R)^2} \quad \text{we} \quad w_B = G \frac{m}{(r+R)^2}$$

Bu ýerde R -Ýeriň radiusy.

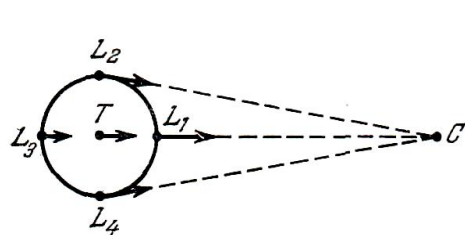
A nokatdaky otnositel tizlenme (Ýeriň merkezine görä) $w_A - w_B$ tapawuda deňdir, ýagny

$$w_A - w_T = Gm \left[\frac{1}{(r-R)^2} - \frac{1}{r^2} \right] \quad \text{ýa-da}$$

L_3 ýagdaýda hem Güniň täsiri netijesinde Aýyň alýan tizlenmesi edil L_1 ýagdaýdaky tizlenmä ýakyndyr. Hakykatdan-da bu ýagdaýda

$$w_1 = \frac{GM}{a^2} - \frac{GM}{(a+r)^2} \approx G \frac{2rM}{a^3}$$

Şeýlelik bilen Aýyň herekerini tolgundyryýan güýç, tolgundyryjy jisim bolan Güne çenli uzaklygynyň kwadratyna däl-de kubyna ters proporsionaldyr we onuň ululygy



33-nji çyzgy. Aýyň hereketini tolgundyryjy güýç.

$\frac{w_1}{g} = 2 \frac{M}{m} \left(\frac{r}{a} \right)^3$,
ýagny Aýy Ýeriň
dartýan güýjüniň
takmynan 1/90
bölegine deňdir.

L_1 ýagdaýda Güniň täsiri, ýagny tolgundyryjy güýç Aýy Ýerden daşlaşdyrýar, L_3 ýagdaýda bolsa Ýeri Aýdan daşlaşdyrýar. L_2 we L_4 ýagdaýlarda tolgundyryjy güýç Aý bilen Ýeri biraz ýakynlaşdyrýar, sebäbi Güniň olary dartýan güýçleri bu ýagdaýlarda ululyklary boýunça deňdir, güýçleriň ugurlary bolsa Güniň merkezinde ýiti burç bilen kesişýändirler.

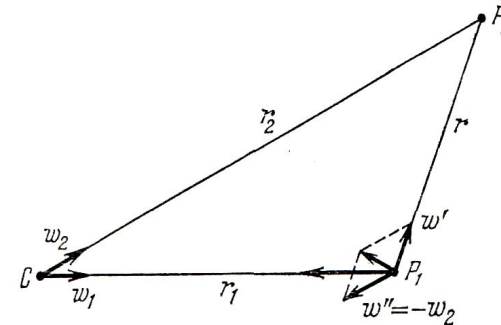
§49. Daşgynlar we gaýtgynlar

Ýeriň ölçegleriniň Aýa we Güne çenli aralyklar bilen deňeşdireniňde tükeniksiz kiçi däl, şol sebäpli Aýyň we Güniň dartýan güýçleri Ýeriň dürli nokatlarynda birmeňzeş däl. Nerijede bu nokatlaryň dartýan jisimden uzaklyklaryna we ugurlaryna baglylykda, olara tolgundyryjy güýçler täsir edýär. Eger Ýer absolýut gaty jisim bolan ýagdaýynda, ýagny onuň nokatlary merkezine görä öz ýerleşiş ýagdaýlaryny üýtgedip bilmeýän ýagdaýynda, tolgundyryjy güýçleriň täsiri netijesinde Ýerde çala bildirýän dartgynlyklary ýüze çykarardy. Emma Ýer

hereketde kesgitli wagt aralyklaryndan gaýtalanýar. Şol sebäpli orbitalaryň elementleriniň periodiki tolgunmalary ilki bir ugurda, soňra beýleki ugurda gezekleşip üýtgeýärler we bu üýtgemelere orbitalaryň elementleri azda-kände hemmesi sezewar bolýandyr. Uly planetalaryň tolgunmasyz hereketleriniň orbitalarynyň ýapyk egrilerdigini (ellipsler) we asyryk tolgunmalara düwünleriň uzaklygynyň we perigeliýniň uzaklygynyň sezewardygy üçin planetalar sistemasy gelejekde-de öz çäklerini häzirkisi ýaly saklar. Ýöne Gün sistemasynyň has uzak wagt aralygynda, mysal üçin birnäçe milliard ýyllaryň dowamynda durnuklylygynyň meseleleri doly çözülen däl.

§47. Tolgundyryjy güýç barada düşüňje

Üç sany asman jisimleriniň: massasy M bolan G Güniň, massasy m_1 bolan we Güniň mekezinden r_1 uzaklykda ýerleşen P_1 planetanyň, massasy m_2 bolan we Güniň merkezinden r_2 uzaklykda, P_1 planetadan bolsa r uzaklykda ýerleşen P_2 planetanyň özara täsirlerine seredeliň. Bu jisimleriň hemmesi bir-birine Nýutonyň bütindünýä dartylma kanunyna laýyklykda täsir ederler (32-nji çyzgy).



32-nji çyzgy. Tolgundyryjy güýç.

Gün P_1 planetanyň täsiri netijesinde GP_1 ugur boýunça

$$w_1 = G \frac{m_1}{r_1^2}$$

tizlenme alar, P_2 planetanyň täsiri netijesinde bolsa GP_2 ugur boýunça

$$w_2 = G \frac{m_2}{r_2^2}$$

tillenme alar.

P_1 planetanyň Güne otnositellikde hereketine seredeliň. Bu ýagdaýda P_1 planeta aşadaky

$$w = G \frac{M + m_1}{r_1^2} \quad P_1 G \text{ ugur boýunça}$$

$$w' = G \frac{m_2}{r^2} \quad P_1 P_2 \text{ ugur boýunça}$$

$$w'' = -w_2 = G \frac{m_2}{r_2^2} \quad P_2 G \text{ ugura parallel bolan ugur}$$

boýunça tizlenmeleri ýüze çykarýan güýçler täsir eder.

Birinji w tizlenme Günün dartmagy netijesinde ýüze çykýan, odnositel hereketiň tizlenmesidir we ol P_1 planetanyň Günün daşynda Kepleriň kanunlaryna laýyklykda hereketini şertlendirýändir.

w' we w'' tizlenmeler tolgundryjy güýjüň tizlenmesini düzýändirler we P_1 planetanyň hereketinde Kepleriň kanunlaryndan gyşarmalary esaslandyryýandyr. Diýmek, tolgundryjy güýç iki güýçden: P_2 planetanyň P_1 planeta täsir güýjünden we P_2 planetanyň Güne täsir edýän güýjünden ybaratdyr. w'' tizlenmäniň w_2 tizlenmä garşylykly ugrukdyrylany üçin, tolgundryjy güýç tolgunmany ýüze çykarýan jisimiň planeta we Güne edýän täsirleriniň geometriki tapawudyna deňdir. 32-nji çyzgydan görnüşi ýaly, tolgundryjy güýç (tolgundryjy tizlenme) umumy ýagdaýda tolgundryjy jisime tarap, ýagny P_2 planeta tarap ugrukdyrylan däl. Diňe P_1 we P_2 jisimler Gün bilen bir gönü ugrunda, özi hem Günden bir tarapda (GP_1P_2 ýa-da GP_2P_1 tertipde) ýerleşen ýagdaýlarynda tolgundryjy güýç takyk P_2 tolgundryjy jisime tarap ugrukdyrylan bolar. Eger P_1 we P_2 jisimler Gün bilen bir gönüde (P_1GP_2), ýöne ondan dürli taraplarda ýerleşenlerinde, tolgundryjy güýç tolgundryjy jisimden, ýagny P_2 planetadan ugrukdyrylan bolar. Jisimleriň hereketleri sebäbi tolgundryjy güýjüň ululygy we ugry üznüksiz üýtgeýändir.

§48. Aýyň hereketini tolgundryjy güýç

Aý üçin merkezi jisim Ýer, tolgundryjy jisim bolsa Gündür.

Beýleki planetalaryň dartylma güýçleriniň Aýyň hereketine täsiri ýetýär, ýöne olaryň ýüze çykarýan tolgunmalary kiçidir we

Günüň täsiri netijesinde döreyän tolgunmalardan köp esse kiçidir. Günün dartmagy netijesinde Aý

$$w = G \frac{M}{r_1^2} \quad \text{tizlenme alýar.}$$

Bu ýerde M -Günüň massasy, r_1 -Aýyň Günden uzaklygy.

Ýeriň dartmagy netijesinde bolsa Aý

$$g = G \frac{m}{r^2} \quad \text{tizlenme alýar.}$$

Bu ýerde m -Ýeriň massasy, r -Aýyň Ýerden uzaklygy.

Birinji tizlenmäni ikinjä bölüp, alarys:

$$\frac{w}{g} = \frac{M}{m} \left(\frac{r}{r_1} \right)^2;$$

$$\frac{M}{m} = 333000, \frac{r}{r_1} = \frac{1}{390} \quad \text{bolany üçin Günüň Aýy dartýan güýji}$$

Ýeriň Aýy dartýan güýjünden iki esseden hem uludyr. Emma Aýyň Ýere görä hereketine Günüň ony dartýan güýji täsir etmän, Günüň Aýy we Ýeri dartýan güýçleriniň tapawudy täsir edýändir (§47 seret). Günüň dartmagy netijesinde Ýeriň alýan tizlenmesi:

$$w' = G \frac{M}{a^2} \quad \text{deňdir.}$$

Bu ýerde a -Ýeriň Günden uzaklygy. Onda Aýyň hereketini tolgundryjy tizlenme w_1 iki sany w we w' tizlenmeleriň tapawudyna deňdir.

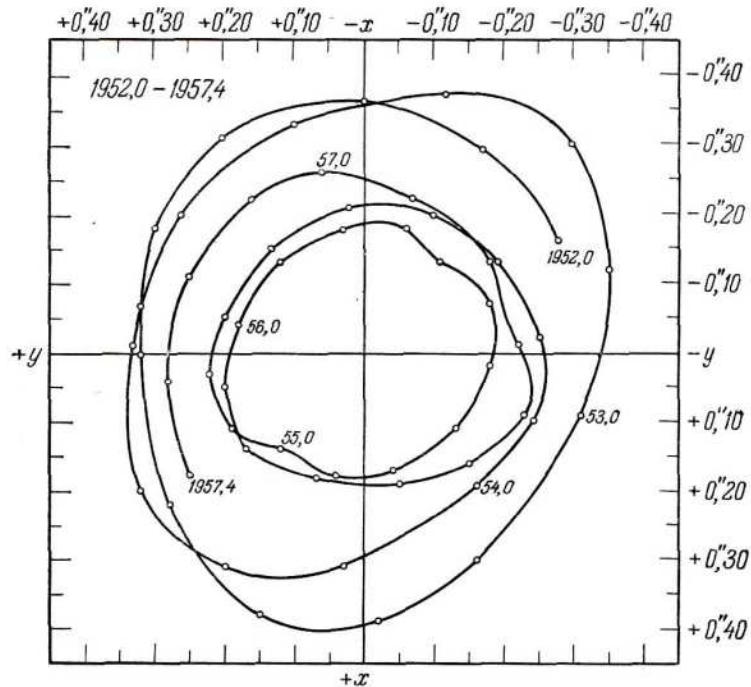
Tolgundryjy güýç we onuň täsiri netijesinde Aýyň alýan w_1 tizlenmesi iň uly bahany Aý L_1 ýagdaýda, ýagny G Gün bilen T Ýer aralygynda ýerleşende alar (33-nji çyzgy). Şonda tolgundryjy tizlenme

$$w_1 = G \frac{M}{(a-r)^2} - G \frac{M}{a^2} = GM \frac{2ar - r^2}{(a-r)^2 a^2}$$

a bilen deňşdirenimizde r kiçi bolany sebäpli $a-r$ tapawut a -dan az tapawutlanýanlygy üçin maýdalawjyda $2ar$ ýaýyň içini a^2 bilen çalşyp, sanawjyda bolsa r^2 ululygy hasaba alman bolar. Onda

$$w_1 \approx G \frac{2rM}{a^3}.$$

we ol Eýler tarapyndan baryp XVIII asyrdä teoriýada düşündirilendir. Eger Ýer absolýut gaty jisim bolan bolsa, onda tebigy period 10 aý töweregi bolardy. Emma Ýeriň plastik bolany we maýyşgak deformasiýalara sezewar bolýanlygy sebäpli tebigy period 14 aýa çenli ulalýar.



54-nji çyzgy. Ýeriň demirgazyk polýusy onuň üstünde çylşyrymly hereketi.

Ýeriň polýuslarynyň onuň üsti boýunça hereketi XIX asyryň ahyrynda ýüze çykarylady. 1898-nji ýylda Halkara Giňlik gullugy döredilip, onuň düzümine şol bir geografik giňlikde ýerleşen 6 beket (stansiýa) girendir. Häzirki döwürde onuň düzümine dürli giňliklerde ýerleşen onlarça beketler girýändir. 1899-njy ýyldan bäri gullugyň düzümine girýän beketleriň gözegçilikleri netijesinde Ýeriň demirgazyk polýusynyň Ýeriň üstünde ýerleşýän ýagdaýy ýylyň ondan bir ülüşleri üçin zyzgiderli çykarylýandyr.

§54. Kosmos apparatlarynyň hereketi

Kosmos apparatynyň traýektorýasy iki bölekden: aktiw we passiw böleklerden ybaratdyr. Aktiw böleginde hereket esasan hem reaktiw hereketlendirijileriň (dwigatelleriň) dartuwy we Ýeriň dartmasy bilen kesgitlenýär. Traýektorýanyň passiw bölegi soňky basgançagyň hereketlendirijisiniň öçürilen pursatyndan başlanýar. Traýektorýanyň passiw böleginde kosmos apparaty Ýeriň dartmagy we Gün sistemasynaň beýleki jisimleriniň (Aý, Gün, planetalar) täsiri netijesinde hereket edýär.

Kosmos apparatlarynyň traýektorýalarynyň deslapky hasaplamalarynda ýakynlaşan usuldan peýdalanylýar. Bu usul şulardan ybaratdyr. Eger traýektorýanyň passiw böleginiň başynda apparatyň tizligi Ýere görä parabolik tizlige deň (ýa-da uly) bolsa, tolgunmalary hasaba almasak, onda ol Ýeriň täsir edýän çäginde çykyp, başga bir asman jisiminiň täsir edýän çäğine girýänçä Ýere görälikde parobala (giperbola) boýunça hereket eder.

Massasy m bolan haýsy hem bolsa bir jisimiň massasy m' bolan başga jisime görä täsir edýän çägi, içinde şertiň ýerine ýetmegi bilen kesgitlenýär:

$$\frac{\Delta g}{g} < \frac{\Delta g'}{g'}$$

bu ýerde g we g' - m we m' jisimleriň dartylma meýdanynda grawitasiýa tizlenmeleri, Δg we $\Delta g'$ - deňişlilikde m' we m jisimleriň täsirinden döreýän tolgunma tizlenmeleri. Täsir edýän çägiň radiusy

$$\rho = r \left(\frac{m}{m'} \right)^{2/5} \quad \text{deňdir.}$$

Bu ýerde r - m we m' jisimleriň arasyndaky uzaklyk. Mysal üçin, Ýeriň Güne görä täsir edýän çägiň radiusy 930000 km, Aýyň Ýere görä täsir edýän çägiň radiusy bolsa 66000 km deňdir.

Görkezilen manyda Günüň täsir edýän çägi diýip, takyk aýdanymyzda, ýyldyzlara görä kesgitlenen, giňişligiň bölegidir

(oblastydyr). Geljekde ýönekeýlik üçin Güniň täsir edýän çägi diýilende, Güne görä planetalaryň täsir edýän çäklerini öz içine almaýan, Güniň töwereginde giňişlik diýip düşüneris.

Başga asman jisiminiň täsir edýän çäğine girenden soň, kosmos apparaty bu jisimiň dartylma güýjüniň täsiri astynda hereketini dowam etdirer. Ýeriň dartmasy apparatyň hereketine kesgitleýji täsirini ýitirer we diňe tolgundyryjy güýç bolup täsirini ýetirer.

Kosmos apparatynyň soňra etjek hereketiniň häsiýeti onuň asman jisiminiň täsir edýän çäginin serhedindäki tizliginiň ululygyna baglydyr. Eger bu tizlik asman jisimine görä nola deň bolsa, onda kosmos apparaty onuň üstüne gaçar.

Eger apparatyň asman jisimine görä tizligi noldan uly, ýöne parabolik tizlikden kiçi bolsa, onda käbir goşmaça şertlerde apparat bu jisimiň emeli hemrasy bolup biler we onuň daşynda töwerek ýa-da ellips görnüşli orbita boýunça hereket edip biler.

Kosmos apparatynyň tizligi parabolik tizlige deň ýa-da ondan uly bolsa, onda ol asman jisimine görä parabolanyň ýa-da giperbolanyň bölegini, ýagny kesimini çyzyp ondan daşlaşar, soňra bolsa onuň täsir edýän çäginde çykar.

Şeýlelik bilen, kosmos apparaty Gün sistemasynyň jisimleriniň islendiginiň üstüne gaçyp biler, emeli hemrasy bolup biler we Gün sistemasynyň çäginde çykyp biler. Soňky ýagdaýda Ýeriň täsir edýän çäginin Güniň täsir edýän çägi bilen serhediňde onuň tizligi Güne görä parabolik tizlige deň ýa-da ondan uly bolmalydyr.

1959-njy ýylyň 2-nji ýanwarynda uçurylan sowet kosmos apparaty ilkinji emeli planeta bolandyr.

Kosmos apparaty Ýeriň dartylma güýjini ýeňip geçip, kosmos giňişligine gitmegi üçin traýektorýasynyň passiw böleginiň başynda oňa ϑ_{II} tizlige deň ýa-da uly bolan tizlik bermelidir. ϑ_{II} aşakdaky formula boýunça kesgitlenýär:

$$\vartheta_{II} = \vartheta_c \sqrt{2} = \sqrt{\frac{2Gm}{R+h}}, \quad (2.28)$$

bu ýerde h -traektorýanyň passiw böleginiň başlangyç nokadynyň beýikligi (çyzykly ölçeglerde). Ýeriň üstünde $h=0$ we

$$\vartheta_{2k} = \vartheta_{1k} \sqrt{2} = 11,2 \text{ km} / \text{s},$$

Käbir öň görünmeýän ýyldyzlar dogup ýaşarlar, käbir görünýän ýyldyzlar bolsa dogmaýan ýagtyltgyçlar bolarlar. Mysal üçin, birnäçe münň ýyldan, Ýewropada häzirki wagtda görünmeýän Günorta Haç ýyldyz toparyny görüp bolar, ýöne häzirki wagtda görünýän Sirusy (Ýaldyragy) we Orion (Üç Ýyldyz) ýyldyz toparynyň bir bölegini görüp bolmaz.

§67. Ýeriň polýuslarynyň hereketi

Köp ýyllaryň dowamynda Ýeriň üstüniň birnäçe nokatlarynda geçirilen geografik giňlikleriň ölçeglerinden nokatlaryň giňlikleriniň hemişelik bolman, orta bahasyndan $0'',3$ ululyga gyşaryp, periodiki üýtgeýändikleri ýüze çykarylandyr. Özi hem, haçanda bir nokatda geografik giňlik birneme ulalýan bolsa, onda garşylykly geografik meridianda ýerleşen başga nokatda bolsa şol ululyga deň bolan ululyga kiçelýändir. Geografik giňlikleriň bu üýtgemeleri Ýeriň göwresiniň aýlanma okuna görä süýşmesi bilen düşündirilýär. Bu süýşme Ýeriň aýlanma okuna täsir etmeýär, onuň giňişlikdäki ugry fiksirlenen ýagdaýynda galýanlygy sebäpli, dürli wagtlarda aýlanma polýuslary bilen Ýer üstüniň dürli nokatlary gabat gelýändir. Netijede Ýeriň polýuslary onuň üsti boýunça “azaşyp”, hereket edýändirler.

Ýeriň demirgazyk polýusy onuň üstünde çylşyrymly egrini çyzýar we taraplary 30 metr töweregi bolan kwadratynyň içinden çykmaýar. Şunlukda onuň hereketi demirgazyk polýusyna daşyndan seredenimizde sagat diliniň tersine bolýar (54-nji çyzgy).

Ýeriň polýuslarynyň hereketi, edil geografik giňlikleriň üýtgemeleri (yrgyldylary) ýaly, periodik häsiýete eýedir. Esasy periodlary 14 aýlyk Çandleriň periody we 12 aýlyk ýa-da ýyllyk periodydyr. Ýyllyk period howa massalarynyň paýlanyşynyň pasyllar boýunça üýtgemesi, şeýle hem suw massalarynyň gar görnüşinde Ýeriň bir ýarymşaryndan beýlekisine geçmesi bilen baglanyşyklydygy aýdyňdyr.

Çandleriň periody – Ýeriň yrgyldylarynyň tebigy periodydyr

Ekwatordaky umumy ýyllyk presessiýa $m = 50'',26 \cos \varepsilon = 46'',11$ deňdir. Bu ýerde ε - ekliptikanyň ekwatora ýapgytlygy. Häzirki döwürde ε ululyk haýallyk bilen kiçelýändir (bir ýylda $0'',47$), ýöne birnäçe mün ýyldan bu kiçelme, edil şular ýaly haýallyk bilen üýtgeýän ulalma bilen çalyşar, sebäbi bu tolgunma (planetalaran presessiýa) periodik häsiýetlidir.

Biziň eýýamymyzyň başynda ýazky gije-gündiz deňleşme nokady Guzy, güýzki gije-gündiz deňleşme nokady bolsa Mizan ýyldyz toparlarynda ýerleşipdirler. Deňleşme nokatlary şol ýyldyz toparlarynyň belgileri. γ we Ω bilen degişlilikde bellenipdirler. Şol döwürden bäri ýazky gije-gündiz deňleşme nokady Balyklar, güýzki gije-gündiz deňleşme nokady bolsa Gyz ýyldyz toparyna süýşenligine garamazdan, olaryň belgilenilişi öňkiligine galandyr.

Deňleşme nokatlarynyň hereketi we Günün ekliptika boýunça hereketi biri-birine tarap ugrukdyrylanlygy sebäpli, Gün her gezek bu nokatlara hereket etmeýän ýagdaýlaryndaky barmaly wagtyndan biraz ir barýar. Şol sebäpli, tropik ýyl diýilýän, Günün merkeziniň ýazky gije-gündiz deňleşme nokadyndan yzygider geçmeginiň wagt aralygy ýyldyz ýyly diýilýän, Ýeriň Günün daşyndan aýlanma periodyndan gysgadyr. Bu tapawut 20 minuda deňdir.

Edil şonça wagt bir gije-gündizde 1° tizlik bilen ekliptika boýunça hereket edýän Güne $50'',26$ ululygy geçmek üçin gerekdir.

Ýazky gije-gündiz deňleşme nokady ekwatorial we ekliptik koordinatalar sistemalarynyň hasap başlangyjydyr. Ýazky gije-gündiz deňleşme nokadynyň günbatara hereketi sebäpli hemme ýyldyzlaryň ekliptik uzaklyklary ýylda $50'',26$ ululyga ulalýandyr, ekliptik giňlikleri üýtgeýän däl. Bu bolsa Aý-Gün presessiýasynyň ekliptikanyň tekizliginiň ýagdaýyny üýtgetmeýändigini görkezýär. Hemme ýyldyzlaryň ekwatorial koordinatalary, ýagny göni ýokary göterilişi we ýapgytlygy üznüksiz üýtgeýärler. Netijede, Ýeriň üstüniň berlen nokady üçin ýyldyzly asmanyň görnüşiniň haýallyk bilen üýtgemesi bolýar.

\mathcal{G}_{2k} tizlige Ýere görä ikinji kosmos tizligi diýilýär. h beýiklikde parabolik tizlik ikinji kosmos tizlikden \mathcal{G}_{2k} kiçidir we (2.28) deňlemenden ýa-da aşakdaky formuladan kesgitlenýär

$$\mathcal{G}_{\Pi} = \mathcal{G}_{2k} \sqrt{\frac{R}{R+h}}$$

Kosmos apparatynyň traýektoriasynyň passiw böleginiň islendik nokadynyň tizligi (tolgunmalary hasaba almamazdan) formula boýunça kesgitlenýär

$$\mathcal{G}^2 = Gm \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right) \quad (2.29)$$

Kosmos apparaty Ýeriň dartylma meýdanyndan çykyp, Günün täsir edýän çäğine girenden soň onuň üstüne gaçmazlygy üçin şol pursatda onuň Güne görä tizligi noldan tapawutly bolmalydyr. Apparatyň V geliosentrik tizligi (onuň orbitasynyň Güne görä görnüşini, formasyny kesgitleýär) bilen Ýeriň V_Y geliosentrik tizliginiň tapawudyna apparatyň goşmaça tizligi $V_{goş}$ diýilýär. Güne görä şu tizlik bilen kosmos apparaty Ýeriň täsir edýän çäğinden çykyp gidýär.

Kosmos apparatynyň başlangyç tizligi \mathcal{G}_0 (2.29) formula laýyklykda deňlemenden kesgitlenýär.

$$\mathcal{G}_0^2 = \frac{2Gm}{R+h} - \frac{Gm}{a}.$$

Apparatyň $r = \rho$ (ρ - Ýeriň täsir edýän çäğiniň radiusy) uzaklykdaky tizligi, ýagny apparatyň goşmaça tizligi $V_{goş}$ (2.29) formula laýyklykda şu deňlemenden kesgitlenýär.

$$V_{gos}^2 = \frac{2Gm}{\rho} - \frac{Gm}{a}$$

Iki soňky aňlatmalardan alarys:

$$\mathcal{G}_0^2 - V_{gos}^2 = \frac{2Gm}{R+h} - \frac{2Gm}{\rho}$$

Aňlatmanyň sag böleginiň birinji agzasy (2.26) formula laýyklykda \mathcal{G}_{Π}^2 deňdir, ikinji agzasy bolsa $\rho \rightarrow \infty$ bolanda nola

öwrülýändir. Onda kosmos apparatynyň başlangyç tizligi aşakdaky formuladan kesgitlener:

$$g_0 = \sqrt{g_{\Pi}^2 + g_{gos}^2} \quad (2.30)$$

Ýeriň üstünden göýberilen (uçurylan) kosmos apparatynyň Gün sistemasyndan çykyp gitmegi üçin nähili başlangyç tizliginiň bolmalydygyny (2.30) formuladan hasaplalyň. Bu ýagdaýda kosmos apparatynyň geliosentrik tizligi V Güne görä parabolik tizligine deň bolmalydyr. Ýeriň Güne görä töwerekde hereket etmeli tizligi $V_c = 29,8 \text{ km/s}$. Ýeriň Günden uzaklygynda Güne görä parabolik tizligi $V_n = V_c \sqrt{2} = 42,1 \text{ km/s}$. Diýmek, kosmos apparatynyň geliosentrik tizligi $V = V_c = 42,1 \text{ km/s}$ deň bolmalydyr.

Eger Ýeriň geliosentrik tizliginiň V_Y ýerine töwerekde hereket etmeli tizligini V_c kabul etsek, ýagny $V_Y = V_c = 29,8 \text{ km/s}$, onda kosmos apparatynyň Ýeriň täsir edýän çäginde onuň (Ýeriň) orbita boýunça hereketiniň ugry boýunça çyksa, kosmos apparatynyň goşmaça tizligi

$$V_{gos} = V_{\Pi} - V_c = (42,1 - 29,8) \text{ km/s} = 12,3 \text{ km/s},$$

Ýeriň orbita boýunça hereketiniň tersine çyksa, onda

$$V_{gos} = V_{\Pi} + V_c = 71,9 \text{ km/s}$$

Onda kosmos apparatynyň başlangyç tizligi (2.30) formula laýyklykda birinji ýagdaý üçin

$$g_0 = \sqrt{(11,2)^2 + (12,3)^2} = 16,6 \text{ km/s}$$

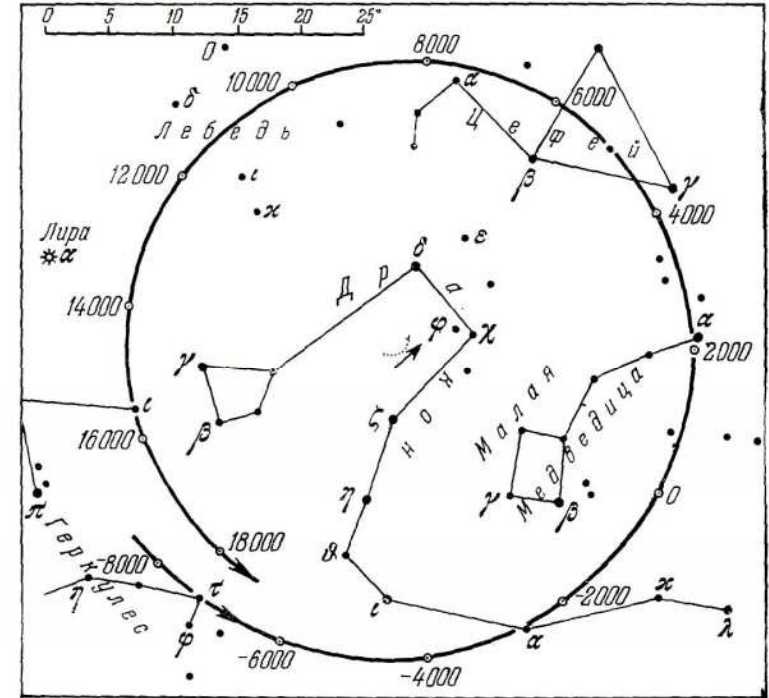
ikinci ýagdaý üçin bolsa

$$g_0 = \sqrt{(11,2)^2 + (71,9)^2} = 72,8 \text{ km/s}$$

Diýmek, Ýeriň üstünden uçurylan kosmos apparatynyň Gün sistemasyndan çykyp gitmegi üçin gerek bolan tizligi apparatyň Ýeriň täsir edýän çäginde onuň orbita boýunça hereket edýän ugruna görä haýsy ugurda çykýanyna baglydyr we $16,6 \text{ km/s} \leq g_0 \leq 72,8 \text{ km/s}$ çäklerde ýerleşendir. Minimal

$g_{3k} = 16,6 \text{ km/s}$ tizlige Ýere görä üçünji kosmos tizligi diýilýär.

Demirgazyk ýyldyzy diýilýär. 4000 ýyl mundan öň dünýäniň demirgazyk polýusyna iň ýakyn Aždarha ýyldyz toparynyň α ýyldyzy bolupdyr, ýene-de 12000 ýyldan Lira (Owlakly geçi) ýyldyz toparynyň α ýyldyzy demirgazyk ýyldyzy bolar.



53-nji çyzgy. Dünýäniň demirgazyk polýusynyň presession hereketi.

Dünýäniň okunyň ugrunyň üýtgemesi bilen bilelikde, tekizligi Ýer ekwatorynyň tekizligine parallell bolan, asman ekwatorynyň ýagdaýy hem üýtgeýändir. Ekliptikanyň tekizligi hem giňişlikdäki ýagdaýyny planetalardan presessiýa sebäpli birneme üýtgedýändir. Şonuň üçin asman ekwatorynyň ekliptika bilen kesişme (gije-gündiz deňleşme) nokatlary ýyldyzlaryň arasynda ýuwaşlyk bilen günbatara süýşýändirler.

Bu süýşmäniň bir ýylyň dowamyndaky tizligi $l = \frac{360^\circ}{26000} = 50'',26$ deňdir we oňa ekliptikadaky umumy ýyllyk presessiýa diýilýär.

Ondan başga-da, Ýeriň aýlanma oky, özüniň ortaça ýagdaýynyň töwereginde Ýeriň aýlanma okunyň nutasiýasy diýilýän, dürli ownuk yrgyldylary amala aşyrýar. Nutasion yrgyldylaryň döremeginiň sebäbi Günüň we Aýyň presession güýçleriniň (F_1 we F_2 güýçler) ululygynyň we ugrynyň üznüksiz üýtgemesidir. Haçan-da Gün we Aý Ýeriň ekwatoryň tekizliginde ýerleşenlerinde bu güýçler nola deňdir, ekwatoryň tekizliginden iň daşlaşan ýagdaýynda bolsa maksimuma deňdir.

Ýeriň aýlanma okunyň iň esasy nutasion yrgyldysynyň periody Aý düwünleriniň aýlanma periodyna (§69 seret), ýagny 18.6 ýyla deňdir. Ýeriň okunyň bu hereketi netijesinde dünýä polýuslary asman sferasynda uly ýarymoky $18''$,42 we kiçi ýarymoky $13''$,72 bolan ellipsleri çyzýarlar.

Ýeriň okunyň presessiýasy we nutasiýasy netijesinde dünýäniň polýuslary hakykatda asmanda tolkun görnüşli çylşyrymly çyzyklary çyzýarlar

Planetalaryň dartylma güýji Ýeriň aýlanma okunyň ýagdaýyny üýtgederden kiçidir, ýöne ol Ýeriň Günüň töweregindäki hereketine täsir edip, Ýeriň orbitasynyň tekizliginiň, ýagny ekliptikanyň tekizliginiň giňişlikdäki ýagdaýyny üýtgedýär. Ekliptikanyň tekizliginiň ýagdaýynyň bu üýtgemelerine planetalardan presessiýa diýilýär.

§66. Ýeriň okunyň presession hereketiniň netijesi

Öň belläp geçişimiz ýaly, Ýeriň presession hereketi netijesinde dünýä polýuslary ekliptikanyň polýuslarynyň daşynda, 26000 ýylyň dowamynda, radiusy takmynan 23^0 ,5 bolan halkalary, töwerekleri çyzýarlar. Ýöne ekliptikanyň polýuslarynyň özläriniň hem asman sferasy boýunça hereket edýändigleri (planetalardan presessiýa) sebäpli dünýä polýuslarynyň çyzýan egrileri ýapylýan däldirler. 53-nji çyzgyda dünýäniň demigazyk polýusynyň ýyldyzlaryň arasyndaky presession hereketi görkezilen.

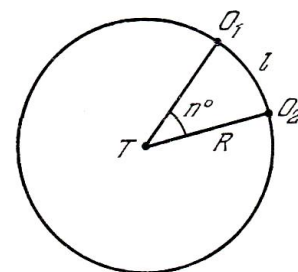
Häzirki wagtda dünýäniň demirgazyk polýusy Kiçi Ýedigeniň α -ýyldyzynyň golaýynda ýerleşendir we şonuň üçin oňa

III bap. ASMAN JISIMLERINIŇ ULULYKLARYNY, ŞEKILLERINI WE UZAKLYKLARYNY KESGITLEMEK

§55. Ýeriň radiusynyň kesgitlenişi. Triangulýasiýa

Bütindünýä dartylma nazarýetine görä öz okunyň daşyndan kesgitli tizlik bilen aylanýan (gaty çalt aýlanmaýan), gabaraly, uly massaly, izolirlenen islendik jisim şar şekilli (togalyk) görnüşi almalydyr. Hakykatdan-da, hemme gözegçilik edilýän gabaraly asman jisimleriniň (Gün, Aý, planetalar) şardan kän tapawutlanmaýan görnüşleri bardyr. Ýeriň şar şekilli görnüşiniň bardygyny kosmosdan alnan fotosuratlary (1967-1969 ý.ý.) hem görkezýär.

Ýeriň şar şekilli görnüşiniň bolmagy onuň ölçeglerini kesgitlemek üçin biziň eýýamymyzdan öň III asyrdan Eratosfen tarapyndan ulanylan usuly peydalanmaga mümkinçilik berýär. Bu usulyň manysy ýönekeýdir. Ýer şarynyň üstünde, şol bir geografik meridianda ýerleşen O_1 we O_2 iki nokady alalyň (38-nji çyzgy). Meridianyň O_1O_2 dugasynyň uzynlygyny (kilometrlerde) l , onuň burç ululygyny bolsa (graduslarda) n_0 bilen belläliň. Onda meridianyň 1^0 dugasynyň uzynlygy $l_0 = \frac{l}{n_0}$ bolar, meridianyň



38-nji çyzgy. Ýer şarynyň radiusyny kesgitlemek

töwereginiň uzynlygy bolsa

$$L = 360^0 \cdot l_0 = \frac{360^0 \cdot l}{n^0} = 2\pi R \text{ bolar. Bu}$$

ýerde R - Ýer şarynyň radiusy. Onda

$$R = \frac{180^0 \cdot l}{\pi \cdot n^0}.$$

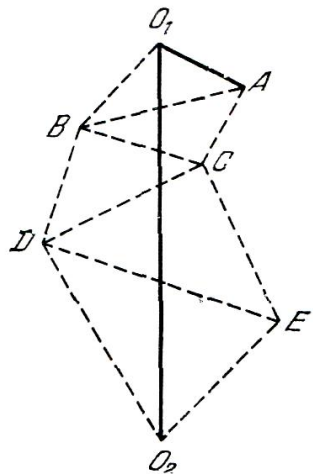
Duganyň n_0 burç ululygy O_1 we O_2 nokatlaryň geografik giňlikleriniň tapawudyna deňdir, ýagny $n_0 = \varphi_1 -$

φ_2 . Bu nokatlaryň geografik giňliklerini kesgitlemek bolsa ýönekeý astrometrik meseledir.

O_1 we O_2 nokatlaryň arasyndaky uzaklygy l çyzykly

ölçeglerde kesgitlemek çylşyrymlyrakdyr. Biri-birinden ýüzlerçe kilometr uzaklykda ýerleşen, bu nokatlaryň arsyndaky iň gysga uzaklyk bolan göni çyzyk boýunça gös-göni ölçegleri tebigy päsgelçilikler sebäpli (daglar, tokaýlar, derýalar we ş.m) geçirip bolmaýar. Şonuň üçin duganyň l uzynlygy ýörite usulyň kömegi bilen, hasaplamalaryň üsti bilen kesgitlenilýär. Geodeziýada işlenip düzülen we triangulýasiýa diýilýän bu usul boýunça bazis diýip atlandyrylýan, uly bolmadyk aralygy we birnäçe burçlary ölçemek ýeterlikdir.

Triangulýasiýa usulynyň manysy şulardan ybaratdyr. Uzynlygyny kesgitlemeli bolan O_1O_2 duganyň iki tarapynda hem biri-birinden 30-40 km aralyklarda ýerleşen birnäçe nokatlar A, B, C, \dots saýlanyp alynýar (39-njy çyzgy). Nokatlar saýlanylanda islendik nokatdan iň bolmanda beýleki nokatlaryň ikisi görünmegi hökmandyr. Bellenen nokatlaryň hemmesinde beýikligi onlarça metr bolan, geodezik signal diýip atlandyrylýan, piramida görnüşli wyşkalary dikýärler. Bu gurluşda gözegçi we burç ölçenýän abzaly (teodolit) ýerleşdirer ýaly meýdança göz önünde tutulandyr. Islendik iki nokadyň, mysal üçin O_1A aralygy tekiz ýere düşer ýaly saýlap alynýar we ony bazis diýip kabul edilýär. Bazisiň uzynlygy ýörite ölçeg lentalarynyň kömegi bilen gös-göni ölçeglerden kesgitlenilýär. Uzynlygy 10 km bolan bazis has takyk ölçenilende göýberilýän ýalňyşlyk ± 2 mm deňdir.



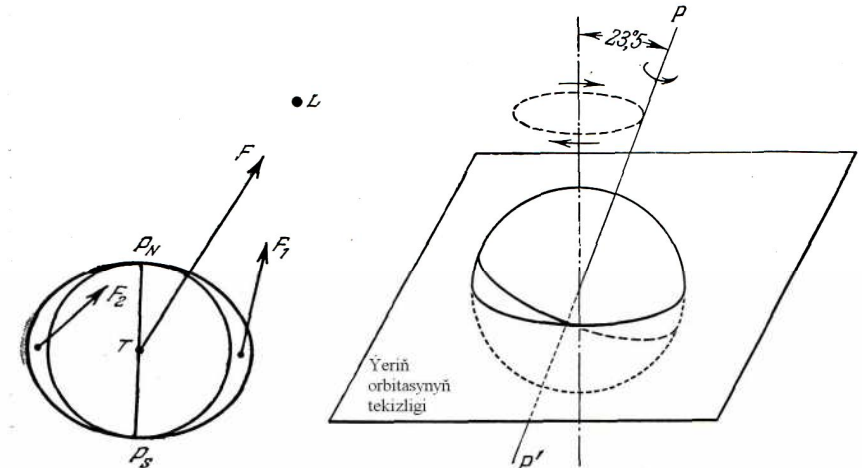
39-njy çyzgy. Triangulýasiýa

O_1A (bazis) tarapyňy bilip, onuň beýleki iki tarapyňy O_1B we AB hasaplap bolýar. ABC üçburçlukda AB tarapyňy we hemme

Soňra burç ölçenýän abzaly yzygiderlikde O_1, A, B, C, \dots, O_2 nokatlarda ýerleşdirip O_1AB, ABC, BCD, \dots üçburçluklaryň ähli burçlary ölçenilýär. O_1AB üçburçlugyň hemme burçlaryny we

böleginiň, ýagny, L çykydynyň dartýan jisime golaý böleginiň F_1 dartylmasynyň we beýleki tarapynda ýerleşen ekwatorial çykydyň F_2 dartylmasynyň jemine deňdir (51-nji çyzgy). F_1 we F_2 jübüt güýçlerdir we birinji güýç ikinjiden uly bolany sebäpli, L dartýan jisimiň täsiri, sferoidiň ekwatorynyň tekizligini TL ugur bilen gabat getirjek bolup, sferoidiň $P_N P_S$ aýlanma okuny öwürmäge ymtylar. Mehanikadan belli bolşy ýaly, bu ýagdaýda $P_N P_S$ aýlanma oky jübüt güýçleriň ýatan tekizligine perpendikulýar bolan ugurda hereket eder.

Sferoid görnüşli Ýere Aý we Gün tarapyndan jübüt güýçler täsir edýär. Netijede Ýeriň aýlanma oky giňişlikde örän çylşyrymly hereket edýär.

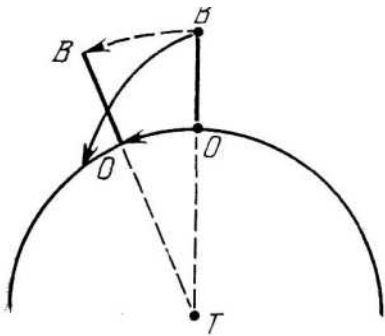


51-nji çyzgy. Sferoidiň material jisim tarapyndan dartylmasy.

52-nji çyzgy. Ýeriň aýlanma okunyň precession hereketi.

Ilki bilen ol Ýeriň hereket edýän tekizligine takmynan $66^{\circ}34'$ ýapgytlygyny üýtgetmän, ekliptikanyň okunyň daşynda ýuwaşlyk bilen konus çyzýar (52-nji çyzgy). Ýeriň aýlanma okunyň bu hereketine precession diýilýär we onuň periody takmynan 26000 ýyl töweregidir. Ýeriň aýlanma okunyň presessiýasy sebäpli dünýäň polýuslary şol periodyň dowamynda ekliptikanyň polýusynyň daşynda radiusy takmynan $23^{\circ}26'$ bolan kiçi halkalary çyzýarlar. Güniň we Aýyň täsiri netijesinde döreýän presessiýa Aý-Gün presessiýasy diýilýär.

uludygyna esaslanandyr. Şonuň üçin, beýik minaranyň B depesi O esasyna görä gündogara tarap has uly çyzykly tizlik bilen hereket edýändir (50-nji çyzygy).



50-nji çyzygy. Ýere gaçýan jisimiň gündogara tarap süýşmesi. O we B nokatlaryň çyzykly süýşmeleri peýkamjyklar bilen görkezilen.

Minaranyň depesinden erkin gaçýan jisim inersiýa kanunyna görä aýlanmasynyň başlangyç çyzykly tizligini saklar we şonuň üçin Ýere gaçanda minaraň düýbüne gaçman, biraz öňe, ýagny minaraň düýbünden Ýeriň aýlanýan ugruna, gündogara gyşarar.

Nazary mehanikada jisimiň gündogara gyşarmasynyň ululygyny hasaplamak üçin

$$x = 0,022h\sqrt{h} \cos \varphi$$

formula alnandyr. Bu ýerde h metrlerde; x -millimetrlerde

-jisimiň gaçýan beýikligi, aňladylandyr.

Häzirki döwürde Ýeriň öz okunyň daşyndan aýlanmasyna gös-göni kosmosdan gözegçilik edilýändir.

§65. Ýeriň okunyň precession we nutasion hereketi

Eger Ýer şar görnüşli bolup, özi hem birhilli ýa-da deň dykzyklykly gatlaklardan ybarat bolan absolýut gaty jisim bolan bolsa, onda mehanikanyň kanunlaryna görä Ýeriň aýlanma okunyň ugry we aýlanma peridy islendik wagt aralygynyň dowamynda üýtgemeyän, hemişelik bolardy.

Emma Ýeriň takyk sferik görnüşü ýokdur, onuň sferoide ýakyn görnüşü bardyr. Sferoidiň haýsy-hem bolsa bir L material jisim tarapyndan dartylmasy, sferoidiň şar görnüşli F böleginiň dartylmasy (bu güýç sferoidiň merkezine goýlan), şeýle hem sferoidiň şar görnüşli böleginden ekwatoryndaky artykmaç

burçlaryny bilip, AC we BC taraplaryny hasaplap bolýar we ş.m. Başgaça aýdanymyzda, üçburçluklaryň zynjyrynda diňe bazisi we hemme burçlary bilip, O_1BDO_2 (ýa-da O_1ACEO_2) döwür çyzygyny ululygyny hasaplap bolýar. Bu hasaplamalarda üçburçluklaryň sferikdigi göz önünde tutulýandyr. Soňra, O_1 nokatdan O_1B (ýa-da O_1A) tarapyň ugrunyň azimutyny kesgitläp, O_1BDO_2 (ýa-da O_1ACEO_2) döwür çyzygy O_1O_2 meridiaana proyektirläp bolýar, ýagny O_1O_2 duganyň ululygyny çyzykly ölçeglerde kesgitläp bolýar.

§56. Ýeriň ölçegleri we görnüşü

Triangulyasiýa usulyňy ilkinji bolup Snellius 1615-nji ýylda Gollandiýada meridianyň dugasyny ölçemekde ulanandyr. Şondan soň häzirki döwre çenli dürli ýurtlarda, dürli giňliklerde Ýeriň üstüniň köp dugalary meridianlar boýunça-da, paralleller boýunça-da ölçenendir. Bu ölçegler meridianyň 1° dugasynyň ululygynyň dürli giňlikler üçin birdeň dälidigini görkezdi, ýagny ekwatoryň ýakynynda ol 110,6 km, polýuslaryň ýakynynda bolsa 111,7 km deňdir. Bu ölçeglerden görnüşü ýaly polýuslara ýakynladygymyzça bu ululyk ulalýandyr. Bu bolsa Ýeriň üstüniň egriliginiň polýuslaryň golaýynda ekwatorakydan kiçidigini görkezýär. Diýmek, Ýeriň şardan tapawutly görnüşü, ýagny polýuslaryndan gysylan, sferoida (aýlanma ellipsoidine) ýakyn görnüşü bardyr.

Geçen ýüzýyllygyň dowamynda Ýer sferoidiniň elementleri birnäçe gezek kesgitlenendir. Bu ugurda has düýpli işler 1940-njy ýylda sowet alymlary F.N.Krasowskiý we A.A.Izotow tarapyndan geçirilendir. Olaryň kesgitlemeleri boýunça Ýeriň aýlanma oky bilen gabat gelýän, sferoidiň kiçi ýarymoky $b=6365,86$ km, ekwatoryň tekizliginde ýatan uly ýarymoky bolsa $a=6378,24$ km deňdir. Sferoidiň gysylanlygy diýip atlandyrylýan $\varepsilon = \frac{a-b}{a}$

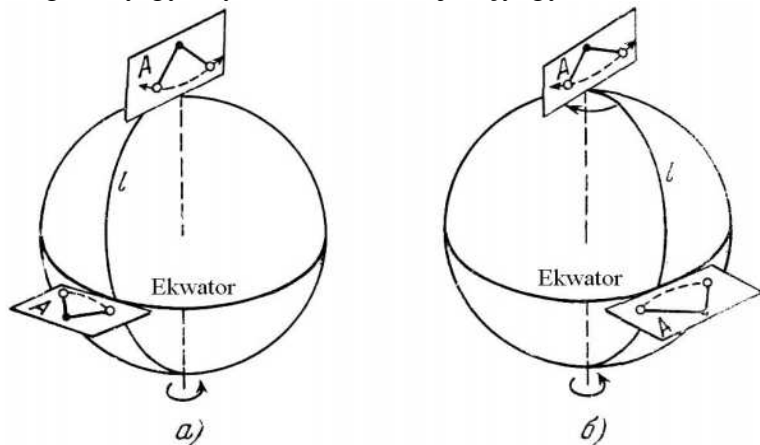
gatnaşyk $\frac{1}{298,3}$ deňdir.

Ýeriň üstüni has çylşyrymly geometrik şekiliň, mysal üçin,

Üstün islendik nokady üçin asma çyzygy normal (şol nokada galtaşýan tekizlige perpendikulýar we şol nokatdan geçýän) bolýan bolsa, onda ol üste *deňagramlylyk üsti* ýa-da *dereje üsti* diýilýär.

Ýeriň öz okunyň daşyndan aýlanýanlygynyň ynandyryjy subutnamasynyň biri Ýere gaçýan jisimiň gündogara tarap süýşmesidir. Bu tejribe, saýlanyp alynan nokadyň Ýeriň aýlanma okundan näçe uzakda ýerleşdiçe, Ýeriň aýlanmasy netijesinde onuň günbatardan gündogara hereketiniň cyzykly tizliginiň şonça

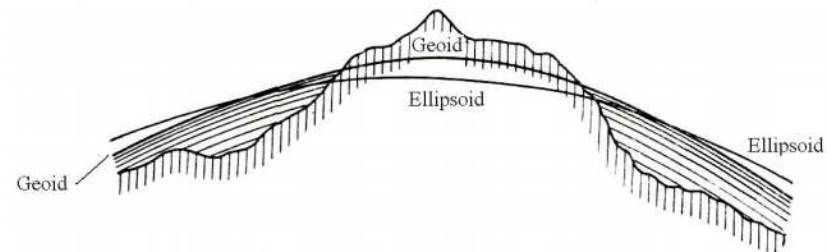
polýusynda haýsy hem bolsa bir pursatda, kesgitli l meridianyň tekizliginde yrgyldaýan bolsun (48-nji a çyzgy).



48-nji çyzgy. Fuko maýatnigi. A-maýatnigiň yrgyldama tekizligi.

Birnäçe wagtdan soň, Ýeriň üstünde ýerleşen we onuň bilen aýlanýanyny duýmaýan gözegçä maýatnigiň yrgyldaýan tekizligi gündogardan günbatara tarap, ýagny sagat diliniň ugry boýunça, üznüksiz süýşýän ýaly bolup görüner (48-nji b çyzgy). Ýöne maýatnigiň yrgyldaýan tekizliginiň ugruny erkin üýtgedip bilmeýändigini ýatlasak, onda hakykatdan hem Ýeriň günbatardan gündogara tarap aýlanýandygyny tassyklamak galýar. Maýatnigiň yrgyldaýan tekizligi bir ýyldyz sagadynda $\omega=15^\circ$ burç tizligi bilen süýşüp, bir ýyldyz gije-gündizinde Ýeriň üstüne görä bir doly aýlawy amala aşyrýar. Ýeriň günorta polýusynda hem maýatnik 24 ýyldyz sagadynda bir doly aýlaw eder, ýöne ol sagat diliniň ters ugruna bolar.

Eger maýatniki Ýeriň ekwatorynda ýerleşdirsek we yrgyldylarynyň tekizligini ekwatoryň tekizligi boýunça ugrukdyrsak, ýagny l meridiaň göni burç bilen ugrukdyrsak (48-nji çyzgy), onda gözegçi yrgyldylaryň tekizliginiň Ýerdäki predmetlere görä üýtgemesini duýmaz, ýagny ol hereket etmeýän we meridiaňa perpendikulýar bolup galýan ýaly bolup görüner. Eger maýatnik ekwatorda islendik başga tekizlikde yrgyldasa hem, netije üýtgemez. Adatça ekwatorda Fuko maýatniginiň



40-njy çyzgy. Geoidiň we ellipsoidiň üsti.

Açyk okeanda dynçlykdaky erkin suwuň üsti bilen gabat gelýän deňagramlylyk üste geoid diýilýär.

Geoidiň üsti Ýer ellipsoidiniň üstünden az tapawutlanýandyr, materiklerde ondan ýokarda, okeanlarda bolsa pesde bolýandyr (40-njy çyzgy). Geoidiň we ölçegleri, görnüşi boýunça oňa iň golaý ellipsoidiň derejeleriniň tapawudy 100 metrden kiçidir.

Ýeriň hakyky görnüşini öwrenmek geodeziýanyň we grawimetriýanyň esasy wezipeleriniň, meseleleriniň biridir. Bu mesele geoide iň ýakyn bolan ellipsoidiň elementlerini kesgitlemekden, geoidiň üstüniň aýry-aýry bölekleriniň ellipsoide görä ýerleşişini kesgitlemekden ybaratdyr.

§57. Asman jisimlerine çenli uzaklyklary kesgitlemek

Asman jisimlerine çenli uzaklyklary kesgitlemek olaryň gorizonta parallaksalaryny ölçemeklige esaslanandyr. (§27seret).

Ýagtyltgyjyň gorizonta ekwatorial parallaksy p_0 belli bolsa, onda onuň Ýeriň merkezinden uzaklygyny kesgitlemek ýeňildir (20-nji çyzgy). Hakykatdan-da, eger $TO=R_0$ Ýeriň ekwatorial radiusy, $TM=\Delta$ Ýeriň merkezinden M ýagtyltgyjyň uzaklygy, p burç ýagtyltgyjyň gorizonta ekwatorial parallaksy bolsa, onda TOM gönüburçly üçburçlukdan alarys:

$$\Delta = \frac{R_0}{\sin p_0} \quad (3.1)$$

Aýdan başga hemme ýagtyltgyçlar üçin parallaks örän kiçi ululykdyr. Şonuň üçin (3.1) formulada

$$\sin p_0 = p_0'' \sin 1'' = \frac{p_0''}{206265''}$$

bilen çalşyp, aşakdaky görnüşde ýazarys:

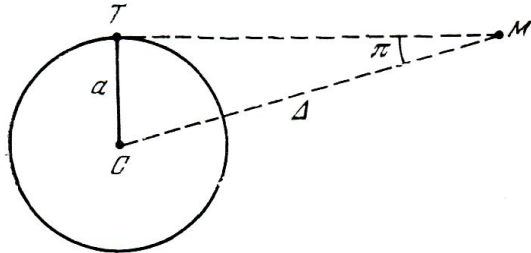
$$\Delta = \frac{206265'' \cdot R_0}{p_0''}. \quad (3.2)$$

Hasaplanylýan Δ uzaklygyň ölçeg birligi Ýeriň R_0 radiusynyň ölçeg birliklerinde bolar. Bu (3.2) formula boýunça Gün sistemasynyň jisimlerine çenli bolan aralyklar kesgitlenýändir.

Gün sistemasynyň jisimlerine çenli uzaklygy radiolokasiýa usullary bilen kesgitläp bolýandy. 1946-njy ýylda Aýa, 1957-1963-nji ýyllarda bolsa Güne çenli, Merkuriý, Wenera, Mars, Ýupiter planetalara çenli uzaklyklar radiolokasiýa usullary bilen kesgitlenendir. Radiotolkunlaryň ýaýraýan tizligini $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ we radiosignalyň Ýerden asman jisimine çenli gidip-gelmegi üçin gerek bolan wagt aralygyny t (sekuntlarda) bilip, asman jisiminiň Ýerden uzaklygyny hasaplap bolýar

$$\Delta = \frac{ct}{2}.$$

Ýyldyzlara çenli uzaklyk olaryň ýyllyk parallaks süýşmesi, ýagny gözegçiniň Ýer orbitasy boýunça Ýer bilen bilelikde hereketi bilen baglanyşykly süýşmesi boýunça kesgitlenilýär (41-nji çyzgy).



41-nji çyzgy. Ýyldyzlaryň ýyllyk parallaksy.

Ýyldyza tarap ugur Ýeriň orbitasynyň radiusyna perpendikulýar bolan ýagdaýynda bu radiusyň ýyldyzdan görünjek burç ululygyna ýyldyzyň ýyllyk parallaksy π diýilýär. Eger $CT=a$

dowamyndakydan (23-nji sentýabrdan 21-nji mart aralygynda) has köp ýylylyk alýandy. Günorta ýarymşary bolsa tersligine, 23-nji sentýabrdan 21-nji mart aralygynda köp ýylylyk, 21-nji martdan 23-nji sentýabr aralygynda bolsa az ýylylyk alýandy.

Ýeriň üstüne düşýän şöhle energiýasynyň akymy şeýle hem Günüň uzaklygynyň kwadratyna ters proporsional üýtgeýändir. Ýöne bu üýtgemeleriň Ýerde pasyllaryň çalyşmagyna düýpli täsiri ýokdur, sebäbi Ýeriň orbitasy töwerekden az tapawutlanýandy. Hakykatdan-da, eger Ýer afeliýde Günden Φ ýylylyk alýan bolsa, onda ol perigeliýde $1,07\Phi$ ýylylyk alar, ýagny bary-ýogy $1,07$ esse köpdür. Şu tapawut bilen demirgazyk ýarymşarda günorta ýarymşar bilen deňeşdirilende gyşyň gaty gazaply dældigi we tomusyň bolsa birnäçe salkynrakdygy düşündirilýär.

Ýeriň aýlanma okunyň orbitasynyň tekizligine ýapgytlygy bilen şeýle hem Ýeriň üstünde ýylylyk guşaklarynyň paýlanyşy baglydyr.

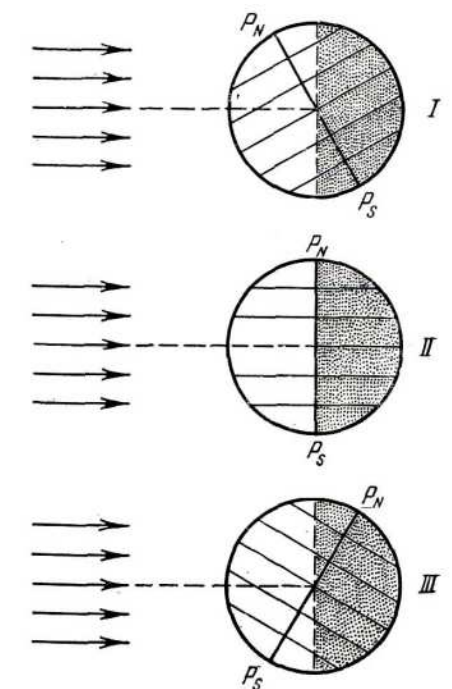
§64. Ýeriň öz okunyň daşynda aýlanýanlygynyň subutnamasy

Ýeriň öz okunyň daşynda aýlanýanlygy onuň üstündäki hadysalaryň köpüsünde ýüze çykýandy. Mysal üçin, passatlaryň (iki ýarymşarda-da tropiklarda ekwatora tarap mydam öwürýän şemal) Ýeriň günbatardan-gündogara aýlanýanlygy sebäpli demirgazyk ýarymşarda demirgazyk-gündogardan, günorta ýarymşarda bolsa günorta-gündogardan öwürmegi; derýalaryň demirgazyk ýarymşarda sag kenarlaryny, günorta ýarymşarda bolsa çep kenarlaryny ýuwmagy; siklon günortadan demirgazyga hereket edende onuň ýolunyň gündogara gyşarmagy we ş.m.

Ilkinji bolup, fizik Fuko tarapyndan 1851-nji ýylda fiziki maýatnik bilen goýlan tejribe Ýeriň öz okunyň daşynda aýlanýandygynyň göni, ynandyryjy subutnamasydyr

Fukonyň tejrebesi, erkin maýatnige agyrlýk güýjünden başga hiç-hili güýç täsir etmeýän ýagdaýynda, onuň yrgyldylarynyň tekizliginiň giňişlikdäki ugruny üýtgetmän saklamak häsiýetine esaslanandy. Goý, Fukonyň maýatnigi Ýeriň demirgazyk

gorizontal ýerleşen tekiz meýdança geçirilen normalyň arasyndaky burç I-nji ýagdaýda $i_1 = \varphi - \varepsilon$ deň, III-nji ýagdaýda $i_3 = \varphi + \varepsilon$ deň, II-nji ýagdaýda bolsa $i_2 = \varphi$ deňdir. Bu ýerde ε - ekliptikanyň ekwatora ýapgytlygy, φ - geografik giňlik (Ýer üstüniň nokadynyň).



47-nji çyzgy. Ýylyň dürli pasyllarynda Ýeriň Gün şöhlelerine görä ýerleşşi.

Fizikanyň kanunlaryna laýyklykda meýdança düşýän Φ şöhle akymynyň ululygy, şöhleleriň ugry bilen meýdançanyň normalynyň aralygyndaky burçuň kosinusyna proporsionaldyr, ýagny

$$\Phi = \Phi_0 \cos i$$

bu ýerde Φ_0 - meýdança perpendikulýar ($i = 90^\circ$) düşýän akymyň ululygy.

Günüň tomysky durma gününde (I-nji ýagdaý)

$$\Phi_1 = \Phi_0 \cos(\varphi - \varepsilon)$$

Günüň gysky durma gününde (III-nji ýagdaý)

$$\Phi_3 = \Phi_0 \cos(\varphi + \varepsilon)$$

Gije-gündiz deňleşme günleri üçin (II-nji ýagdaý)

$$\Phi_2 = \Phi_0 \cos \varphi$$

Şeýlelikde, ýylyň dowamynda Ýeriň üstüniň meýdançasý, ýerleşen ýeriniň geografik giňligine baglylykda, şöhle energiýasynyň (ýylylygynyň) dürli mukdaryny alýar. Mysal üçin, $\varphi = 55^\circ 54'$ giňlikde Φ_1 - iň Φ_3 - den ululygy 4,6 esse uludyr, Φ_2 - i bolsa 1,5 esse Φ_1 - den kiçidir. Diýmek, Ýeriň demirgazyk ýarymşary ýaz we tomus pasyllaryň dowamynda (21-nji martdan 23-nji sentýabr aralygynda) güýz we gys pasyllarynyň

Ýer orbitasynyň ortaça radiusy, $MC = \Delta$ ýagtyltgyjyň Günden uzaklygy, π ýagtyltgyjyň ýyllyk parallaksy bolsa, onda CTM gönüburçly üçburçlukdan alarys:

$$\Delta = \frac{a}{\sin \pi} \quad (3.3)$$

Ýyldyzlaryň ýyllyk parallaksy $1''$ kiçidir, şonuň üçin

$$\Delta = \frac{206265'' a}{\pi''} \quad (3.4)$$

Bu formulalar boýunça hasaplanan uzaklyk Ýeriň Günden ortaça a uzaklygynyň aňladylan ölçeg birliklerinde alynýandyr.

§58. Astronomiýada uzaklyk ölçeg birlikleri

Eger asman jisimlerine çenli uzaklyklar örän uly bolsa, onda olary kilometrlerde aňlatmak amatsyzdyr, sebäbi köp sifrleri özünde saklaýan, örän uly sanlar alynýar.

Şonuň üçin astronomiýada kilometrlerden başga-da şu uzaklyk ölçeg birlikleri kabul edilendir:

astronomik birlik (a.b.) – Ýeriň Günden ortaça uzaklygy;

parsek (ps) – ululygy $1''$ bolan ýyllyk parallaksa degişli bolan uzaklyk;

ýagtylyk ýyly ýagtylygynyň 300000 km/s tizlik bilen ýaýranda bir ýylda geçýän uzaklygy.

Eger astronomik birliki 149600000 km deň diýip kabul etsek, onda

$$1ps = 30,86 \cdot 10^{12} km = 206265 a.b. = 3,26 ýagtylyk ýyly;$$

$$1 ýagtylyk ýyly = 9,460 \cdot 10^{12} km = 63240 a.b. = 0,3067 ps.$$

Astronomik birliklerde adatça Gün sistemasynyň jisimlerine çenli uzaklyklar aňladylýar. Mysal üçin, Merkuriý Günden 0,387 a.b. uzaklykda, Neptun bolsa 30,07 a.b. uzaklykda ýerleşendirler.

Gün sistemasynyň çäklerinden daşynda ýerleşen asman jisimlerine çenli uzaklyklar adatça parseklerde, kiloparseklerde (1000ps), megaparseklerde (1000000 ps), şeýle hem ýagtylyk ýyllarynda aňladylýar.

Bu ýagdaýlarda:

$$\Delta = \frac{1}{\pi''} ps$$

we
$$\Delta = \frac{3,26}{\pi''} \text{ ýagtylyk ýyly.}$$

Güne ýakyn ýerleşen "Sentawryň Proksima" ýyldyzynyň ýyllyk parallaksy $\pi'' = 0'',762$. Diýmek bu ýyldyz bizden 1,31 ps ýa-da 4,26 ýagtylyk ýyly uzaklykdadyr.

§59. Gözegçiliklerden gije-gündiz we ýyllyk parallaksalaryň kesgitlenilişi

Goý, Ýeriň üstünde şol bir geografik meridianda ýerleşen O_1 we O_2 nokatlardan (42-nji çyzgy), şol bir ýagtyltgyjyň asman meridianyndan geçme pursatynda z_1 we z_2 zenit aralyklary ölçenilen bolsun. Gözegçilik geçirilýän nokatlaryň ikisi hem demirgazyk ýarymşarda we nokatlaryň ikisi üçin hem ýagtyltgyç zenitden günortada gözegçilik edilen bolsun.

Onda:

$$z_1 = \varphi_1 - \delta_1 \text{ we } z_2 = \varphi_2 - \delta_2$$

bu ýerde φ_1 we φ_2 - gözegçilik edilýän nokatlaryň geografik giňlikleri, δ_1 we δ_2 - ýagtyltgyjyň toposentrik ýapgytlyklary. Bu ululyklar geosentrik ýapgytlykdan $p_1 = p \sin z_1$ we $p_2 = p \sin z_2$ ululyklara tapawutlanýandyrlar.

O_1TO_2M dörtburçlukda (42-nji çyzgy) O_1MO_2 burç ($p_1 - p_2$) deň, MO_2T burç kütekdir (180° -dan uludyr) we ($180^\circ + z_2$) deňdir, O_1TO_2 burç ($\varphi_1 - \varphi_2$) deň we TO_1M burç ($180^\circ - z_1$) deňdir. Dörtburçlugyň içki burçlarynyň jeminiň 360° -a deň bolany üçin

$$360^\circ = p_1 - p_2 + 180^\circ + z_2 + \varphi_1 - \varphi_2 + 180^\circ - z_1$$

ýa-da
$$p_1 - p_2 = (\varphi_2 - z_2) - (\varphi_1 - z_1)$$

Ýokarda aýdylan gatnaşyklary göz önünde tutup, alarys

$$p(\sin z_1 - \sin z_2) = [\sin(\varphi_1 - \delta_1) - \sin(\varphi_2 - \delta_2)]p = \delta_2 - \delta_1,$$

ellipsleriň uly ýarymoklary Günden dürli uzaklyklarda ýerleşen ýyldyzlar üçin tapawutlydyr we $0'',76$ -dan uly dälidirler. Aberrasion ellipsleriň uly ýarymoklary bolsa hemme ýyldyzlar üçin, uzaklyklaryna garamazdan, birmeňzeşdir we onuň ululygy $20'',50$.

Ondan başga-da, ýyldyzyň parallaktik süýşmesi Günün görünýän ýagdaýyna tarap bolýandyr, aberrasion süýşme bolsa Güne tarap ugrukdyrylman, Günden 90° günbatarda, ekliptikada ýerleşen nokada tarap ugrukdyrylandyr.

§63. Ýerde pasyllaryň çalyşmagy

Dünýäniň polýuslarynyň ýylyň dowamynda ýyldyzlaryň arasyndaky öz ýerleşen ýagdaýlaryny duýarlyk üýtgetmeýändiklerini gözegçilikler görkezýär. Bu ýerden bolsa Ýeriň aýlanma okynyň Ýeriň Günün töweregindäki hereketinde öz-özüne parallelligini saklaýandygy gelip çykýar. Ondan başga-da, Günün ýapgytlygynyň ýylyň dowamynda $+23^\circ 26'$ -dan (Günün tomusky durma pursaty)

- $23^\circ 26'$ -a (Günün gysky durma pursaty) çenli çäklerde üýtgemegi Ýeriň aýlanma okynyň orbitasynyň tekizligine perpendikulýar dældiginiň, ýagny $66^\circ 34' = 90^\circ - 23^\circ 26'$ burça ýapgytdygyny görkezýär.

Ýeriň Günün töweregindäki hereketiniň, Ýeriň aýlanma okunyň orbitasynyň tekizligine ýapgytlygynyň we bu ýapgytlygyň hemişelikliginiň netijesi Ýerde pasyllaryň zygyderli çalyşmagydyr.

Ýeriň aýlanma okunyň giňişlikdäki ugrunyň hemişelik bolmagy tropik ýylyň dowamynda bu okuň Ýer bilen Günün merkezlerini birleşdirýän çyzyga, şeýle hem Gün şöhlelerine görä öz ýagdaýyny üýtgetmegine getirýär.

Gije-gündiz deňleşme günleri we Günün tomusky hem gysky durma günleri Ýeriň Gün şöhleleriniň ugruna görä ýerleşşi 47-nji çyzgyda görkezilen. Gün şöhleleriniň ugry bilen Ýeriň üstünde

bu ýerde θ -gözegçiniň tizliginiň ugrukdyrylan asman nokadyndan ýyldyzyň görünýän ugrunyň burç aralygy. Bu nokada gözegçiniň hereketiniň apeksi diýilýär.

Ýeriň üstünde ýerleşen gözegçi onuň iki esasy hereketine, ýagny öz okunyň daşynda gije-gündiz aýlanmasyna we Günüň töwereginde (daşynda) ýyllyk hereketine gatnaşýandyr. Şonuň üçin gije-gündiz we ýyllyk aberrasiýalary tapawutlandyrylar. Gije-gündiz aberrasiýa ýagtylygyň tizliginiň gözegçiniň gije-gündiz aýlanma tizligi bilen utgaşmagynyň netijesi, ýyllyk aberrasiýa bolsa onuň ýyllyk hereketi bilen utgaşmagynyň netijesidir.

Gözegçiniň ýyllyk hereketiniň Ýeriň orbitasy boýunça hereket tizligidigini $g = 29,78 \text{ km/s}$ we $c = 300000 \text{ km/s}$ hasaba alyp, (4.1) formuladan alarys:

$$\sigma = 20'',496 \sin \theta \approx 20'',50 \sin \theta.$$

$k_0 = 20'',496 \approx 20'',50$ ululyga aberrasiýa hemişeligi diýilýär.

Gözegçiniň ýyllyk hereketiniň apeksi ekliptikanyň tekizliginde ýerleşendir we bir ýylda 360° üýtgeýänligi sebäpli, ekliptikanyň polýusynda ($\theta = \beta = 90^\circ$) ýerleşen ýyldyzyň görünýän ýagdaýy bir ýylyň dowamynda özüniň hakyky ýerleşen ýagdaýynyň daşynda radiusy $20'',50$ bolan kiçi töwerek çyzýar. Galan ýyldyzlaryň görünýän ýagdaýlary ýarymoklary $20'',50$ we $20'',50 \cdot \sin \beta$ bolan aberrasion ellipsleri çyzýarlar, bu ýerde β -ýyldyzyň ekliptik giňligi

Ekliptikanyň tekizliginde ($\beta = 0$) ýerleşen ýyldyzlaryň ellipsi uzynlygy $20'',50 \cdot 2 = 41'',00$ bolan, has takygy $40'',99$ bolan, duganyň kesimine öwrülýär.

Şeýlelik bilen, ýyldyzlaryň ýyllyk aberrasion süýşmeleriniň bolmagynyň özi Ýeriň Günüň töweregindäki hereketiniň subutnamasydyr.

Parallaktik we aberrasion süýşmeleriň tapawudy olaryň birinjisiniň ýyldyza çenli uzaklyga, ikinjisiniň bolsa diňe Ýeriň orbitasy boýunça hereketiniň tizligine baglylygydyr. Parallaktik

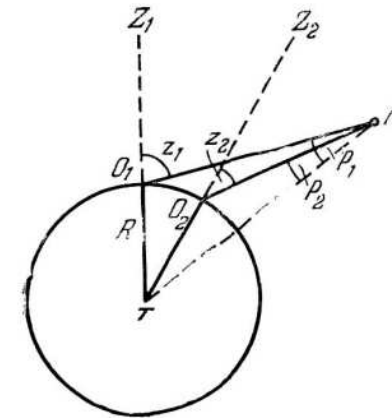
bu ýerden ýagtyltgyjyň gorizontall parallaksy

$$P = \frac{\delta_2 - \delta_1}{\sin(\varphi_1 - \delta_1) - \sin(\varphi_2 - \delta_2)}$$

Gözegçilik edilýän nokat üçin Ýeriň R radiusynyň we Ýeriň ekwatorial R_0 radiusynyň ululyklary boýunça gorizontall parallaks hasaplanýar:

$$p_0 = p \cdot \frac{R_0}{R}$$

Ýagtyltgyjyň gorizontall parallaksyny Ýeriň şol bir nokadyndan, ýöne dürli wagt pursatlarynda onuň göni ýokary göterilişiniň ölçeglerinden kesgitlemek hem mümkindir. Ölçeg geçirilen pursatlaryň aralygyndaky wagtyň dowamynda Ýeriň öz okunyň daşynda aýlanýandygy sebäpli



42-nji çyzgy. Gije-gündiz parallaksy kesgitlemek.

gözegçi giňligiň bir nokadyndan başga nokadyna geçýär. Bu bolsa ýagtyltgyjyň degişli parallaktik süýşmesini berýär. Şeýlelik bilen, ýagtyltgyjyň gorizontall parallaksy, degişli we maksada laýyk geçirilen gözegçiliklerden alnan, ýagtyltgyjyň toposentrik koordinatalary boýunça kesgitlenilýär.

Ýyldyzlaryň ýyllyk parallaksalary hem ýokarda seredilen usula meňzeşlikde kesgitlenilýär. Ýöne bu ýagdaýda biri-birinden ýarym ýyl wagt aratapawudy bolan, Ýeriň orbitasynyň iki dürli nokatlarynda geçirilen gözegçiliklerden ýyldyzyň geosentrik koordinatalary kesgitlenilýär (§84 seret). Ýagtyltgyjyň parallaktik süýşmesi boýunça kesgitlenen parallaksa trigonometrik parallaks diýilýär.

Häzirki döwürde burç ölçeyän gurallar 100 ps çenli uzaklykdaky ýyldyzlaryň ýyllyk parallaktik süýşmesini ($\pi = 0'',01$) kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Şonuň üçin

trigonometrik parallakslary kesgitlenen ýyldyzlaryň sany köp däl (6000). Has uzakda ýerleşen asman jisimleriniň uzaklyklary başga dürli (gyýtaklaýyn) usullar boýunça kesgitlenilýär.

§60. Astronomik birliğin kesgitlenişi

Eger Ýeriň R radiusy we Günüň p_0 gorizontall parallaxsy belli bolsa, onda (3.2) formula boýunça Ýeriň Günden ortaça uzaklygyny, ýagny astronomik birligiň ululygyny kilometrlerde hasaplap bolýar. Astronomik birligiň kesgitlenilişiniň takyklygy bütewiligine Günüň gorizontall parallaxsynyň p_0 takyklygyna baglydyr. Emma, Günüň gorizontall parallaxsyny gös-göni kesgitlemegiň geçen paragrafda seredilen usuly, Günüň gaty uzakda ýerleşenligi we gurallaryň Gün şöhleleriniň täsiri netijesinde gyzyňlygy sebäpli ölçegleriň takyklygy pesdir. Şonuň üçin Günüň gorizontall parallaxsy gyýtaklaýyn ýol bilen kesgitlenilýär, ýagny Ýerden Güne çenli aralygyň ululygyndan Ýere golaý gelýän we gözegçilik üçin amatly bolan planetanyň ölçenen gorizontall parallaxsy boýunça kesgitlenilýär.

XX asyra çenli bu maksatlar üçin Marsa beýik garşyda durma wagtynda, ýagny onuň Ýerden 55 mln.km uzaklykda bolanda edilen gözegçilikler peýdalanylypdyr. Planeta garşyda durma wagtynda orbitasynda perigeliýniň golaýynda bolsa, onda oňa beýik garşyda durma diýilýär.

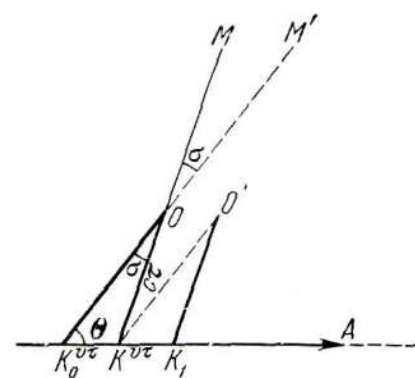
Meseläni yönekeyleşdirmek üçin, goý Marsyň beýik garşyda durma pursatynda (43-nji çyzgy) G Gün, T Ýer we M Mars bir göniň ugrunda ýerleşen bolsunlar, özi hem Ýer Günden ortaça uzaklykda $a_0=1a.b.$, Mars – perigeliýde, ýagny $q=a(1-e)$ uzaklykda bolsunlar.

Bu ýerde a - Marsyň orbitasynyň uly ýarymoky we e -ekssentrisiteti. Günüň gorizontal ekwatorial parallaksyny p_0 , Marsyň gorizontal ekwatorial parallaksyny p , onuň geosentrik uzaklygyny (ýagny Ýerden uzaklygy) Δ , Ýeriň ekwatorial radiusyny R_0 bilen belläliň. Onda

ýyldyzynyň ýyllyk parallaksyny kesgitlejek bolanda, 1728-nji ýylda açylan ýyldyzyň ýyllyk aberrasion süýşmesidir.

Ýagtyltgyjyň gözegçilik edilyän (görüňän) ugry bilen ýagtyltgyja tarap hakyky uguryň emele getirýän burçuna aberrasiýa diýilýär. Bu ugurlaryň tapawudy ýagtylygyň tizliginiň we gözegçiniň tizliginiň utgaşmasynyň netijesidir.

Goý K nokatda gözegçi we guralyň okulýarynyň sapaklarynyň atanagy, O nokatda bolsa guralyň obýektiwi ýerleşen bolsun (46-njy çyzygy). Gözegçi KA ugurda g tizlik bilen hereket edýär. M ýyldyzyň ýagtylyk şöhesi guralyň obýektiwine O nokatda duşar we C tizlik bilen hereket edip, τ wagtda $OK = C\tau$ aralygy geçär we K nokada düşer. Ýöne ýyldyzyň şekili sapaklaryň atanagyna



46-njy çyzgy. Ýagtyltygyň görünýän ýagdaýyna ýagtylygyň aberrasiýasynyň täsiri.

düşmez, sebäbi τ wagtyň dowamynda gözegçi we sapaklaryň atanagy $KK_I = 9\tau$ ululyga orun üýtgederler, hem-de K_I nokatda bolarlar. Ýyldyzyň şekiliniň okulýaryň sapaklarynyň atanagyna düşmegi üçin, guraly ýyldyza tarap hakyky KM ugur boýunça ugrukdyrman, K_0O ugur boýunça ugrukdyrmaly, özi hem sapaklaryň atanagy K_0 nokatda bolmaly

$K_0K=K_IK=\mathcal{G}\tau$. Diýmek, ýldyzyň görünyän K_0M' ugry KM hakyky ugur bilen σ burçy emele getirýär. σ burça ýagtyltgyjyň aberrasion süýşmesi diýilýär.

KOK_0 üçburçlukdan

$$\sin \sigma = \frac{g}{c} \sin \theta$$

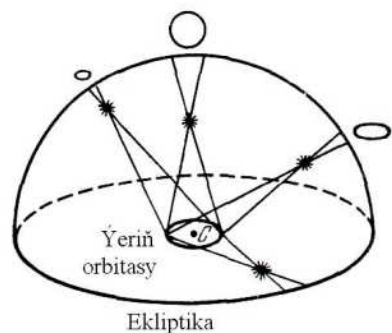
ya-da σ burcuñ kiçidigini göz öñünde tutsak, onda

$$\sigma = 206265'' \frac{g}{c} \sin \theta \quad (4.1)$$

IV bap. ÝERİŇ WE AÝYŇ HEREKETLERI. TUTULMALAR

§62. Ýeriň Günün töweregindäki hereketi

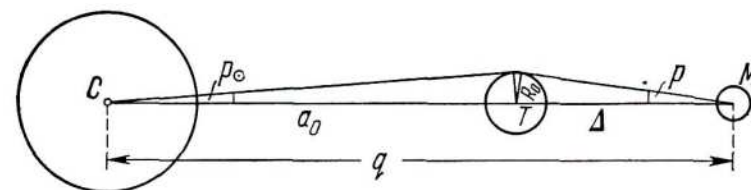
Gözegçiniň Ýer bilen bilelikde giňişlikde Günün töwereginde töwerege meňzeş orbita boýunça hereket edýänligi üçin, Ýerden ýakyn ýyldyza tarap bolan ugur hem üýtgemelidir we bu ýyldyz asmanda bir ýylyň dowamynda käbir ellipsi çyzýan bolup görünmelidir. Parallaktik diýip atlandyrylýan bu ellips, ýyldyz ekliptika näçe golaý boldugyça, onuň çyzýan ellipsi şonçada gysylan, Ýerden näçe uzakda boldugyça, şonça-da ellips kiçi bolar. Ekliptikanyň polýusynda ýerleşýän ýyldyzyň çyzmaly ellipsi kiçi töwerege öwürler, ekliptikada ýatan ýyldyzyň ellepsi bolsa uly aýlawyň dugasynyň kesimine öwürler (45-nji çyzgy). Parallaktik ellipsleriň uly ýarymoklary ýyldyzyň ýyllyk parallaksyna deňdir.



45-nji çyzgy. Parallaktik ellipsler.

Şeýlelikde, ýyldyzlaryň ýyllyk parallaksalarynyň bolmagy Ýeriň Günün töweregindäki hereketiniň subutnamasydyr. Ýyldyzlaryň ýyllyk parallaksalaryny kesgitlemek boýunça ilkinji işleri 1835-1840-njy ýyllarda W.Struwe (Rossiýa-1835-1838ý.ý.), F.Bessel (Germaniýa-1837-1840 ý.ý.) we T.Genderson (Angliýa-1839-1840ý.ý.) ýerine ýetirendirler. Bu kesgitlemeleriň gaty bir takyk bolmanlygyna garamazdan, olar diňe bir Ýeriň Günün töweregindäki hereketiniň obýektiv subutnamasy bolmak bilen çäklenmän, asman jisimleriniň Älemde ýerleşen ägirt uly uzaklyklary anyk göz önüne getirmäge mümkinçilik berdi.

Ýeriň Günün töweregindäki hereketiniň ikinji subutnamasy iňlis astronomy Bradleyiň Aždarha ýyldyz toparynyň γ



43-nji çyzgy. Günün parallaksyny kesgitlemek.

$$R_0 = a_0 \sin p_0$$

we

$$R_0 = \Delta \sin p = (q - a_0) \sin p = [a(1 - e) - a_0] \sin p$$

Aňlatmalaryň sag tarapalaryny deňläp we kiçi burçlarynyň sinuslaryny burçlaryň özlari bilen çalşyryp, alarys:

$$a_0 p_0 = [a(1 - e) - a_0] p$$

bu ýerde

$$p_0 = \left[\frac{a}{a_0} (1 - e) - 1 \right] p$$

$\frac{a}{a_0}$ gatnaşyk ýokary takyklyk bilen planetalaryň hereket

nazaryýetinden Kepleriň üçünji kanuny boýunça hasaplanýar, Marsyň parallaksy p we orbitasynyň ekssentrisiteti gözegçiliklerden kesgitlenilýär.

1898-nji ýylda Eros (ýa-da Erot) kiçi planeta açyldy. 37-i ýyldan gaýtalanýan, beýik garşyda durma pursatlarynda, käwagt ol Ýere Marsdan 2,5 esse golaý gelýär. Şular ýaly ilkinji garşyda durma 1931-nji ýylda bolup geçdi we şonda Eros Ýere 0,15 a.b. aralyga çenli ýakynlaşdy. Şonda onuň parallaksy $60''$ ýetdi. Öňünden işlenip düzülen meýilnama boýunça dürli döwletleriň obserwatorialarynyň 24-de Erosa gözegçilikleriň netijesinde Günün gorizont ekwatorial parallaksy

$$p_0 = 8'',790 \pm 0'',001 \text{ deň boldy}$$

Günün parallaksyny kesgitlemek parallaktik süýşmäni gös-göni ölçemeklige esaslanan, geometriki usullar bilen çäklenmeýär. Bütindünýä dartyлма kanunyna esaslanan dinamiki usullar we

radiotolkunlaryň ýaýraýan tizligine esaslanan fiziki usullar giňden peýdalanylýandyr.

Astronomik birliги has takyk kesgitlemek 1961-1963-nji ýyllarda SSSR-de we ABŞ-da Merkuriýni we Wenerany radiolokasion gözegçilikler esasynda ýerine ýetirildi. Bu ölçegleriň esasynda astronomik birliгиň ululygy 149 598 500 km deňdigi ± 500 km ýalňyşlyk bilen kesgитlendi.

1964-nji ýylda Halkara astronomik birleşiginiň XII gurultaýynda 1970-nji ýyldan başlap, Günüň parallaksynyň we astronomik birliгиň täze ululyklaryny

$$p_{\odot} = 8''{,}794 \quad \text{we} \quad 1 \text{ a. b.} = 149,6 \cdot 10^6 \text{ km}$$

ulanmak barada karar kabul edildi.

§61. Asman jisimleriniň ölçeglerini we şekilini kesgitlemek.

Ýerden ýagtyltgyjyň diskiniň görünýän burç ululygyna onuň burç diametri diýilýär. Käbir asman jisimleriniň (Gün, Aý, planetalar) burç diametrlerini gös-göni gözegçiliklerden kesgitlemek mümkindir.

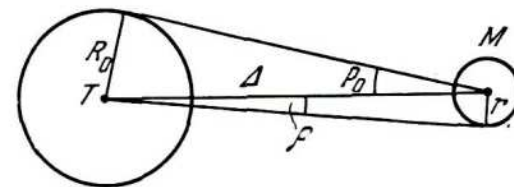
Eger ýagtyltgyjyň burç diametri (ýa-da radiusy) we Ýerden uzaklygy belli bolsa, onda ýagtyltgyjyň hakyky diametriniň (ýa-da radiusynyň) çyzykly ölçeglerini hasaplamak ýeňildir. Hakykatdanda, eger (44-nji çyzygy) ρ ýagtyltgyjyň burç radiusy, Δ -ýagtyltgyç bilen Ýeriň merkezleriniň arasyndaky uzaklyk, p_0 - ýagtyltgyjyň gorizonta ekwatorial parallaksy, R_0 we r - Ýeriň T we ýagtyltgyjyň M çyzykly radiuslary bolsa, onda $r = \Delta \sin \rho$, $R_0 = \Delta \cdot \sin p_0$

Bu ýerde

$$r = \frac{\sin \rho}{\sin p_0} R_0$$

ýa-da ρ we p_0 burçlaryň kiçidigini göz önünde tutsak, onda

$$r = \frac{\rho}{p_0} R_0$$



44-nji çyzygy. Ýagtyltgyçlaryň çyzykly ölçeglerini kesgitlemek.

Asman jisimleriniň diskleriniň dürli diametrlerini ölçäp, olaryň şekilini kesgitlep bolýandyr. Eger asman jisiminiň diski gysylan bolsa, onda onuň diametrleriniň biri uly, başga biri bolsa beýlekilerine görä iň kiçi bolar. Planetalaryň diametrlerini ölçemeler Ýerden başga-da Marsyň, Ýupiteriň, Saturnyň, Uranyň we Neptunüň hem gysylan şekiliniň bardygyny görkezdi.

Burç ölçeglerini gös-göni ölçäp bolmaýan asman jisimleriniň (mysal üçin, kiçi planetalar we ýyldyzlar) burç ölçegleri we şekili ýörite usullar bilen kesgитlenilýär.

$\delta = 180^\circ - \varphi - z$, eger ýyldyz aşaky kulminasiýada bolan bolsa.

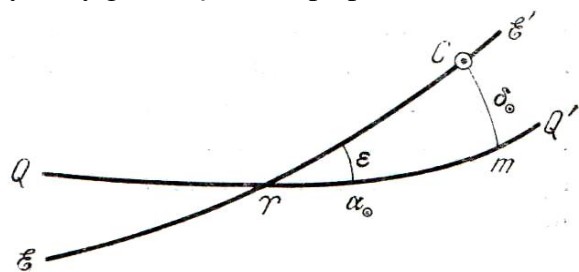
Göni ýokary göterilişi kesgitlemegiň absolýut usuly başga ýagtylgyçlaryň göni ýokary göterilişini bilmezden, gözegçiliklerden Günün göni ýokary göterilişini kesgitlemek mümkin diýen düşüňjä esaslanandyr.

Hakykatdan hem, goý 67-nji çyzgyda QQ' -asman ekwatory, $\Xi\Xi'$ -ekliptika, γ – ýazky gije-gündiz deňleşme nokady, ε – asman ekwatorynyň ekliptika ýapgytlygy, C – berlen pursatda Günün ekliptikada ýagdaýy. Onda Cm duga Günün δ_0 ýapgytlygy, γm duga bolsa onuň α_0 göni ýokary göterilişi bolar.

$Cm\gamma$ gönüburçly üçburçlukdan, (1.35) formula laýyklykda, alarys:

$$\sin \alpha_0 = \frac{\operatorname{tg} \delta_0}{\operatorname{tg} \varepsilon}. \quad (5.13)$$

Diýmek, eger kesgitli wagt pursaty Günün δ_0 ýapgytlygy we ε burç belli bolsa, onda (5.13) formula boýunça şol pursat üçin Günün göni ýokary göterilişini hasaplap bolar.



67-nji çyzgy. Günün göni ýokary göterilişini kesgitlemek.

Günün zenit aralygyny z_0 ýokarky kulminasiýa pursatynda, ýagny hakyky günortan ölçemeleri boýunça, ölçegleriň geçirilen her bir günü üçin onuň ýapgytlygyny δ_0 kesgitläp bilýäris. Günün ýapgytlygy gün-günden üýtgeýändir (§15 seret). Günün tomusky we gysky durma günleriniň golaýynda geçirilen gözegçiliklerden onuň ekstremal bahalaryny kesgitläp bolýar. Ýapgytlygyň absolýut ululygy bolsa ekliptikanyň ekwatora ýapgytlyk burçuna ε deň bolar. ε alnan bahasy boýunça (5.13) formuladan

§68. Ýeriň öz okunyň töwereginde aýlanmagynyň deňölçegsizligi. Efemerid wagt

Ýeriň öz okunyň daşyndan aýlanma periody onuň haýsy hem bolsa bir hereket etmeýän ugra görä doly bir aýlaw edýän wagt aralygyna deňdir. Bu wagt aralygy dowamlylygy boýunça ýyldyz gije-gündizine ýakyn, ýöne oňa deň däl. Sebäbi ýazky gije-gündiz deňleşme nokadyna tarap ugur (asman ekwatorynyň tekizliginde) presessiýa netijesinde bir ýylda takmynan $46''$ üýtgeýär. Ýyldyz gije-gündiziniň dowamynda ýazky gije-gündiz nokadyna tarap ugur $0'',126 = 46'':366$ ululyga üýtgeýär. Ýer öz okunyň daşynda bu burç ululygyna $0^s,008$ wagtda öwrülýär. Ýazky gije-gündiz deňleşme nokadynyň günbatara tarap, ýagny Ýeriň aýlanýan ugry bilen biri-birine tarap hereket edýändikleri sebäpli, Ýeriň öz okunyň daşyndan aýlanma periody ýyldyz gije-gündizinden $0^s,008$ uludyr we $23^h56^m04^s,098$ orta Gün wagtyna deňdir.

Köp sanly barlaglaryň netijesinde Ýeriň öz okunyň daşynda aýlanmasynyň burç tizliginiň hemişelik däl, ýagny Ýeriň aýlanmasynyň deňölçegsizligi ýüze çykarylandyr. Ýeriň öz okunyň daşyndan aýlanma tizliginiň üýtgemeleri üç görnüşe: asyrylyk, tertipsiz (regulýar däl, böküş görnüşli) we periodiki, ýagny pasyllaýyn üýtgemelere bölünýär.

Asyrylyk üýtgemeleriň netijesinde, Ýeriň öz okunyň daşyndan bir aýlawynyň dowamlylygy, soňky 2000 ýylyň içinde her ýüz ýylda ortaça $0^s,0023$ ulalandyr (gözegçilikler boýunça soňky 250 ýylda bu artma kiçidir, ýagny ýüzýyllykda takmynan $0^s,0014$ deňdir). Ýeriň aýlanmasynyň tizliginiň asyrylyk haýallamalarynyň sebäbi Aý we Gün daşgynlarynyň tormozlaýjy täsirleridir.

Aýlanmanyň böküş görnüşli, tertipsiz üýtgemeleri gije-gündiziň dowamlylygyny $0^s,004$ ululyga kiçeldip ýa-da ulaldyp bilýär. Bu üýtgemeleriň sebäbi takyk anyklyk däl.

Ýeriň aýlanma tizliginiň pasyllaýyn üýtgemeleri netijesinde gije-gündiziň dowamlylygy ýylyň dowamynda bir ýylky orta dowamlylygyndan $\pm 0^s,001$ tapawut edip biler. Şunlukda in gysga gije-gündiz iýul-awgust, in uzak gije-gündiz bolsa mart

aýlaryndadyr. Tizligiň periodiki üýtgemeleriniň has ähtimal sebäbi Ýeriň üstündäki suw we howa massalarynyň paýlanyşynyň pasyllaýyn üýtgemegidir. Ýeriň aýlanma tizliginiň bu üýtgemeleri geçen asyryň 40-njy ýyllarynda kwars sagadynyň kömegi bilen tejribede ýüze çykarylady.

Ýeriň aýlanmagynyň asyrlyk we tertipsiz häsiýetli deňölçeşsizligi Aýyň we Ýere ýakyn planetalaryň (Merkuriý we Wenera) görünýän ýagdaýlary bilen bu jisimleriň hasaplanan ýagdaýlarynyň tapawutlarynda ýüze çykarylýar. Baryp XIX-njy asyryň ortalarynda Aýyň görünýän hereketinde dartyлма nazaryýeti düşündirmeýän, hasaplanan hereketinden gyşarmalary tapylandyr. Eýýäm şol döwürde aýdylan çaklamalara görä bu gyşarmalar hakyky däl-de görünýändir we ol Ýeriň öz okunyň daşynda deňölçeşsiz hereketi bilen baglanyşyklydyr. Hakykatdan hem, haçan Ýeriň aýlanmasy haýallanda, bize Aý orbitasy boýunça çalt hereket edýän ýaly bolup, haçan-da Ýeriň aýlanmasy çaltlaşanda bolsa Aýyň hereketi haýallan ýaly bolup görünýär.

Bu düşündiriş XX-nji asyrdä Merkuriýniň we Weneranyň hereketinde Aýyň hereketindäki gyşarmalara meňzeş, wagt boýunça gabat gelýän we bu planetalaryň orta hereketlerine proporsional gyşarmalar ýüze çykarylandan soň tassyk bolandyr.

Ýeriň deňölçeşsiz aýlanýanlygy sebäpli orta gije-gündiz üýtgeýän ululyk bolýar. Şol sebäpli astronomiýada wagt hasaplamagyň iki sistemasy: a)gözegçiliklerden alynýan we Ýeriň hakyky aýlanmasyndan kesgitlenýän deňölçeşsiz wagt; b) planetalaryň efemeridi hasaplananda argument bolýan we Aýyň, planetalaryň hereketinden kesgitlenýän deňölçeşli wagt ulanylýar. Deňölçeşli wagta nýutonyň ýa-da efemerid wagt diýilýär.

1960-njy ýyldan başlap astronomik ýyllyk neşirde Günün, Aýyň, planetalaryň we olaryň hemralarynyň efemeridleri efemerid wagt sistemasynda berilýär. Bu asman jisimleriniň ýagdaýlaryny bütindünýä wagty sistemasynda hasaplamak üçin TE efemerid wagty bilen T_0 bütindünýä wagtyňyň ΔT aratapuwudyny bilmek zerurdyr. ΔT aratapawudyň takyk bahasy diňe geçen wagt pursatlary üçin Aýyň gözegçiliklerden kesgitlenen koordinatalaryny hasaplanan koordinatalary bilen

§82. Ekwatorial koordinatalary (α we δ) kesgitlemegiň absolýut we otnositel usullary.

Ýagtyltgyçlaryň ekwatorial koordinatlary absolýut usul bilen, otnositel ýa-da differensial usul bilen kesgitlenip biliner.

Koordinatalary kesgitlemegiň absolýut usuly öň belli bolan koordinatalaryň hiç birine daýanmaýar. Differensial usulda bolsa ýüzlerçe ýyldyzlaryň göni ýokary göterilişi we ýapgytlygy öňünden belli bolmalydyr. Bu ýyldyzlara daýanç ýyldyzlary diýilýär.

a) Absolýut usul. Absolýut usul bilen ýyldyzlaryň ýapgytlygyny kesgitlemek §13 formulalaryna we pikir ýöretmelerine esaslanandyr. Hakykatdan hem, eger ýaşmaýan ýyldyzlaryň zenit aralygy ilki bilen ýokarky kulminasiýa pursatynda (z_Y), soňra bolsa ýyldyz wagty boýunça 12 sagatdan soň, aşaky kulminasiýa (z_A) pursatynda ölçesek, onda (§13 formulalary boýunça) alarys:

$$\begin{aligned} Z_Y &= \delta - \varphi \\ \text{we} \quad z_A &= 180^\circ - \varphi - \delta, \\ \text{bu ýerden} \quad \delta &= 90^\circ - \frac{(z_A - z_Y)}{2} \\ \text{we} \quad \varphi &= 90^\circ - \frac{(z_A + z_Y)}{2} \end{aligned}$$

Şeýlelikde, başga ýagtyltgyçlaryň koordinatalaryny bilmezden, berlen ýyldyzyň δ ýapgytlygyny we gözegçilik edilen ýeriň φ geografik giňligini alarys.

Gözegçilik edilýän ýeriň φ geografik giňligi birnäçe ýaşmaýan ýyldyzlara gözegçilikler boýunça köp gezek kesgitlenenden soň, onuň orta arifmetik bahasy φ_0 we islendik ýyldyzyň ýokarky kulminasiýa pursatynda zenit aralygyny ölçäp, şu formulalaryň biri boýunça ýyldyzyň ýapgytlygyny alarys:

$\delta = \varphi_0 - z$, eger ýyldyz zenitden günortada kulminasiýada bolan bolsa;

$\delta = \varphi_0 + z$, eger ýyldyz zenitden demirgazykda kulminasiýada bolan bolsa;

mümkünçilik berýän ululyklary, ýagny astronomiýanyň fundamental hemişelikler sistemasyny anyklamak esas bolýar. Bu ýerden fundamental astrometriýanyň esasy iki meselesi gelip çykýar:

1) ýyldyzlaryň koordinatalaryny we hususy hereketlerini kesgitlemek;

2) fundamental astronomik hemişelikleriň san bahalaryny kesgitlemek.

Käbir esasy astronomik hemişelikleri kesgitlemegiň esaslary (presessiýa, nutasiýa, aberrasiýa, Günün parallaksy) bu hadysalaryň degişli paragraflarda berlen ýazgylaryndan düşnükli. Şol sebäpli indiki paragraflarda birinji meselä, ýagny ýyldyzlaryň koordinatalaryny we hususy hereketlerini kesgitlemäge seretmek bilen çäkleneris, sebäbi bularsyz fundamental hemişelikleri kesgitlemek mümkin däl.

Häzirki döwürde fundamental koordinatlar sistemasy bütün asman boýunça ýerleşen birnäçe ýyldyzlaryň göni ýokary görülişi we ýapgytlygy bilen berilýär. Bu koordinatlar döretmek üçin, umuman alnanda köp bolmadyk ýyldyzyň koordinatalaryny we hususy hereketlerini bilmek ýeterlidir. Ýöne amaly, ýyldyz astronomiýasynyň we asman jisimleri baradaky ylmyň başga bölümleriniň meseleleri çözülende mümkin boldugyça köp ýyldyzlaryň göni ýokary görülişini we ýapgylygyny bilmek hökmandyr.

Göni ýokary görülişi we ýapgytlygy kesgitlenen ýyldyzlaryň sany ýüzlerçe müňden köpdür. Ýöne muňa garamazdan ýyldyzlaryň ekwatorial koordinatalaryny kesgitlemek şu günki döwre çenli wajyplygyny ýitiren däl. Sebäbi ýyldyzlaryň köpüsiniň koordinatalarynyň ýakynlaşan bahalary bellidir we olary anyklamak üçin ölçegleri geçirmek zerurdyr. Bu ölçegler şeýle hem ýyldyzlaryň hususy hereketlerini kesgitlemek we astronomik hemişelikleriň san bahalaryny takykklamak üçin zerurdyr.

deňeşdirmelerden alynýar. Şonuň üçin astronomik ýyllyk neşirde şol ýyl üçin ΔT aratapawudyň ekstropolirlenen bahalary çap edilýär.

ΔT tapawut 1900-njy ýylda nola deň bolupdyr. Ýöne Ýeriň aylanma tizliginiň XX-nji asyrdaky ortaça alanymyzda kiçelendigi, ýagny gözegçilik edilen gije-gündizleriň deňölçegli (efemerid) gije-gündizlerden uzandygy sebäpli, geçen 75 ýylyň içinde efemerid wagty bütindünýä wagtyna görä 46^s öňe gidendir, 1982-nji ýylda $\Delta T = T - T_0 = +52^s$ kabul edilendir.

Efemerid wagt sistemasynyň peýdalanyp başlanmagy bilen baglylykda, 1956-njy ýylyň oktýabrynda Halkara ölçeg we agram býurosy karar kabul etdi. Oňa görä “sekunt tropik ýylyň $\frac{1}{31556925,9747}$ ülişine deň”. Tropik ýylyň dowamlylygy efemerid

wagt sistemasynda 1900-nji ýylda $365,2421988$ orta Gün gije-gündizine deňdir ($31556925,9747 = 365,2421988 \times 86400$ - şol tropik ýylyň dowamyndaky sekuntlaryň sany). Şu usulda kesgitlenen sekunda efemerid sekunt diýilýär.

Şeýlelikde, sekundyň bu kesgitleniş usuly orta Gün gije-gündiziniň hemişelik dældigini hasaba alýar.

Ýygylgyň atom we molekulýar etalonlarynyň (nusgalarynyň) döredilmegi, Ýeriň aýlanmasyna bagly bolmadyk, ilkinji, prinsipial (düýpgöter) täze wagt şkalasyny almaga mümkinçilik döredendir.

1967-nji ýylda atom wagty sistemasy-TUA girizilendir. Onuň birlihi, Seziý-133 atomynyň esasy ýagdaýynyň iki aşyuka derejeleriniň arasyndaky geçiş rezonans ýygylgyna degişli şöhlelenmäniň 9192631770 yrgyldysynyň dowamlylygy bilen kesgitlenýän, atom sekundydyr.

Atom wagty TUA wagtyň Halkara Býurosy tarapyndan käbir obserwatoriýalaryň atom etalonlaryny yzygiderli deňeşdirmeleriniň esasynda hasaplanylýar. Birnäçe ýyllaryň dowamynda geçirilen barlaglaryň we atom etalonlarynyň özara deňeşdirmeleriniň netijeleri, etalonlaryň kömegi bilen alynýan wagt şkalasynyň ýokary durnuklylygyny görkezdi, atom sekundyň dowamlylygy dürli obserwatoriýalarda biri-birinden

tapawudy $1 \cdot 10^{-10}$ –dan uly dälidir.

Atom wagty astronomik gözegçiliklere we asman jisimleriniň hereketine bagly dälidir. Şol sebäpli, şeýle hem deňölçegli wagt şkalasynyň ýokary takyklyk bilen alyp bolýanlygy sebäpli, ol Ýeriň öz okunyň daşynda aýlanmagynyň periodiki deňölçegsizligini öwrenmek üçin esas bolup durýandyr.

§69. Aýyň orbitasy we onuň tolgunmalary

Aýyň Ýeriň töweregindäki tolgunmasyz hereketiniň orbitasy eksentrisiteti 0,055, ýa-da $1/18$, uly ýarymoky 384000 km bolan ellipsdir. Perigeýde Ýerden Aýa çenli uzaklyk orta bahasyndan 21000 km kiçidir, apogeýde bolsa şonça uludyr.

Aýyň orbitasynyň tekizliginiň ekliptikanyň tekizligine bolan ýapgytlygynyň burçy $5^{\circ}09'$. Aý Ýeriň töwereginde günbatardan gündogara tarap, ýagny Ýeriň Günüň töweregindäki hereketiniň ugry boýunça hereket edýändir. Aýyň Ýeriň töweregindäki aýlanmasynyň periodyna siderik ýa-da ýyldyz aýy diýilýär. Onuň dowamlylygy 27,32 orta Gün gije-gündizine deňdir. Bu wagtyň geçmegi bilen Aý orbitasynda ýene öňki ýagdaýyna gaýdyp gelýär.

Aýyň hereketi iki sebäp boýnça öwrenmek üçin has çylşyrymlydyr:

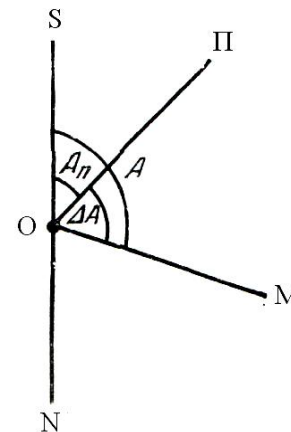
- 1) Aýyň hereketiniň tolgunmalary has uludyr (§48 seret);
- 2) Aý Ýere ýakyndyr we şonuň üçin onuň hereketinde, has uzakdaky asman jisimleriniň hereketine gözegçilik edilende duýulmaýan, gyşarmalaryň ýüze çykarylmagydyr.

Tolgunmalaryň netijesinde Aý orbitasynyň elementleri hemişe üýtgäp durýandyr. Periodiki tolgunmalara Aýyň orbitasynyň hemme elementleri sezewardyr. Mysal üçin, orbitanyň, orta bahasy $5^{\circ}09'$ bolan ýapgytlygy, ýarymýyldan biraz kem bolan wagtyň dowamynda $4^{\circ}58'$ -dan $5^{\circ}20'$ -a çenli çäklerde yrgyldaýandyr. Aýyň orbitasynyň elementleriniň her biriniň bir däl, yüzlerçe dürli periodly we amplitudaly periodiki tolgunmalary bardyr. Şol sebäpli Aýyň hakyky hereketi aýratyn çylşyrymlydyr

bu ýerde ýagtyltgyjyň z zenit aralygyny ölçemek ýeterlikdir (φ geografik giňlik we δ ýagtyltgyjyň ýapgytlygy belli bolmalydyr).

Beýleki formula bolsa (1.37) formulalaryň ikinjisini üçünjä bölüp alynýar:

$$\operatorname{tg} A = \frac{\cos \delta \sin t}{-\cos \varphi \sin \delta + \sin \varphi \cos \delta \cos t}.$$



66-njy çyzgy. Ýer üstündäki jisimiň azimutyny kesgitlemek.

A azimuty kesgitlemek üçin hronometr ýa-da sagat boýunça ýagtyltgyja gözegçilik edilen T' wagt pursatyny bellemek gerek. Onda, sagada u düzedişi we ýagtyltgyjyň göni ýokary göterilişini bilip, ilki bilen gözegçilik edilýän pursat üçin ýagtyltgyjyň sagat burçy $t = T' + u - \alpha$ tapylýar, soňra bolsa giňlik φ we ýapgytlyk δ boýunça ýagtyltgyjyň A azimuty hasaplanylýar.

Iki ýagdaýda hem ýagtyltgyjyň A azimuty hasaplanylýar, soňra (5.12)

deňlemenden Ýerdäki jisimiň A_p azimuty kesgitlenilýär.

Ýeriň berlen nokadyndaky jisimiň azimutyny bilip, bu nokatda islendik wagt pursatynda guralyň turbasy asman meridianynyň tekizliginde ýerleşer ýaly goýup bolýandyr.

§81. Fundamental astrometriýanyň meseleleri

Fundamental astrometriýa – astronomiýada inersial hasaplaýyş sistemalar, ýagny aýlawсыз, diňe deňölçegli we gönüçyzlykly hereket edýän sistemalar barada ylymdyr. Inersial hasaplaýyş sistemasyny döretmäge asman sferasynda koordinatalar sistemasyny we ýyldyzlaryň hususy hereketlerini gurmak, wagtyň geçmegi bilen koordinatalaryň üýtgemelerini hasaba almaga

koordinatalary bolar.

Gözegçilik edilýän nokadyň geografik koordinatalaryny kesgitlemegiň bu usuly (bu ýerde usulyň manysy gysgaça beýan edilen) deňizlerde ýüzülende we howa uçuşlarda giňden peýdalanylýar.

Azimutlarynyň tapawudy 90^0 töweregi bolan iki ýagtyltgyjyň beýiklikleri adatça sekstant bilen ölçenilýär. Gözegçiligiň ýyldyz grinwiç wagty awiasiýa sagady ýa-da deňiz hronometri boýunça belenilýär, grinwiç meridianyna oňa girizilmeli düzediş bolsa wagt radiosignallaryny kabul etmek arkaly kesgitlenilýär (§77 seret). Gözegçiliklerden alnan maglumatlar işlenende globus ulanylman, geografik kartanyň degişli proyeksiýalary ulanylýar. Kartada doly aýlawlar çyzylan, olaryň kiçi bölekleri çyzylýar we bu çyzyklar egri bolman, göni çyzyklar görnüşinde bolýar. Bu çyzyklar amerikaly kapitan Somneriň ady dakylany sebäpli Somneriň çyzyklary diýilýär. Somner çyzyklarynyň kesişmesi kartada gäminiň ýa-da uçaryň gözegçilik wagtyndaky ornuny görkezýär.

§80. Ýerdäki jisimiň azimutyny kesgitlemek

Ýerdäki P jisimiň azimutyny kesgitlemek, haýsy hen bolsa bir M ýagtyltgyjyň astronomik A azimuryny kesgitlemekden we ýagtyltgyjyň wertikal aýlawy bilen Ýerdäki jisimiň wertikal aýlawynyň arasyndaky gorizont ΔA burçy ölçemekden ybaratdyr (66-njy çyzgy). Onda Ýerdäki jisimiň A_P azimutyny aňlatmadan alarys

$$A_P = A - \Delta A \quad (5.12)$$

Iki jisimiň azimutlarynyň tapawudyny, ýagny ΔA burçy ölçemek barada §87-de aýdylýar.

M ýagtyltgyjyň astronomik A azimutlaryny iki formula boýunça hasaplap bolýar. Olaryň biri (1.36) formulanyň birinji aňlatmasýndan alynýar:

$$\cos A = \frac{\sin \varphi \cos z - \sin \delta}{\cos \varphi \sin z}$$

we ony öwrenmeklik asman mehanikasynyň iň çylşyrymly meseleleriniň biridir.

Asyryk tolgunmalara Aýyň orbitasynyň dogýan düwüniniň uzaklygy we perigeýiniň uzaklygy sezewar bolýandyr. Aý düwünleri ekliptika boýunça günbatara tarap, ýagny Aýyň hereket edýän ugry bilen biri-birine tarap üznüksiz hereket edýär we ekliptika boýunça bir doly aýlawy 18 ýyl 7 aýda (6793 orta gije-gündiz) edýär. Aýyň orbitasynyň perigeýi bir aýlawy 9 ýylda (3232 orta gije-gündiz) tamamlap, gündogara üznüksiz hereket edýändir.

Aýyň Ýeriň daşynda her aýlawynda onuň düwünleriniň süýşmesi $1^0,5$ töweregidir. Diýmek, siderik (ýyldyz) aý geçenden soň, Aý hiç haçan takyk öňki ýagdaýyna gaýdyp gelmeýär we takyk aýdylanda her indiki aýlawy täze ýol boýunça başlaýar. Diňe 18 ýyl 7 aýdan soň, haçanda Aý düwünleri ekliptika boýunça doly aýlaw edenden soň, Aý orbitasy ýene öňki ýagdaýyna gelýär.

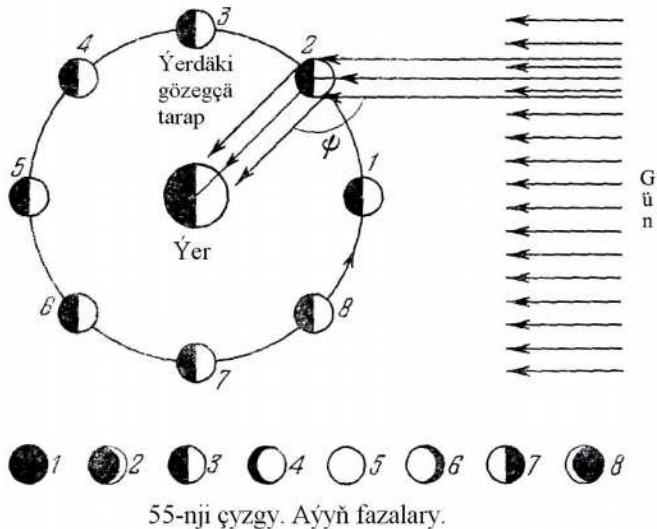
Düwünleriň hereketi Aýyň görünmek şertlerine duýarlykly täsirini ýetirýändir. Haçan-da Aý orbitasynyň dogýan düwüni ýazky gije-gündiz deňleşme nokady bilen gabat gelse, onda Aýyň orbitasy asman ekwatory bilen ekliptikanyň arasyndaky burçuň daşynda bolýar. Netijede, bu ýagdaýda Aý orbitasy bilen asman ekwatorynyň arasyndaky burç $28^035'$ ($23^026' + 5^009'$) deňdir. Eger ýazky gije-gündiz deňleşme nokadyna ýaşýan düwüni gabat gelse, onda Aý orbitasy asman ekwatory bilen ekliptikanyň aralygynda ýerleşer, Aý orbitasy bilen asman ekwatorynyň aralygyndaky burç bolsa $18^017'$ ($23^026' - 5^009'$) deň bolar. Şeýlelikde, birinji ýagdaýda Aýyň ýapgytlygy aýyň dowamynda $+28^035'$ -den $-28^035'$ -e çenli aralyklarda üýtgeýär, ikinji ýagdaýda bolsa $+18^017'$ -den $-18^017'$ -ä çenli, ýagny kiçi çäklerde üýtgär. Aýyň ýapgytlygynyň üýtgeýän çäkleriniň üýtgemegi onuň görünmek şertlerine düýpli täsirini ýetirýär.

§70. Aýyň görüňän hereketi we çärýekleri

Aýyň ýyldyzlaryň arasyndaky görüňän hereketi onuň Ýeriň töweregindäki hakyky hereketiniň netijesidir. Aý ýyldyz aýynyň

dowamynda ýyldyzlaryň arasynda mydama şol bir ugurda – günbatardan gündogara, ýagny dogry ugurda hereket edýär. Aýyň asmandaky görüňýän ýoly, zodiak ýyldyz toparlarynyň arasynda mydama öz ýagdaýyny üýtgedýän, utgaşmaýan (ýapylmaýan) egridir. Aýyň görüňýän hereketi onuň daşky görnüşiniň üznüksiz üýtgemesi bilen bolup geçýär we Aý fazasy bilen häsiýetlendirilýär. Aý fazasy Φ onuň ýagtylanýan böleginiň iň uly giňliginiň d' onuň diskiniň diametrine d bolan gatnaşygyna $\Phi = \frac{d'}{d}$ deňdir. Käbir günler Aý asmanda düýbünden görünmeýär.

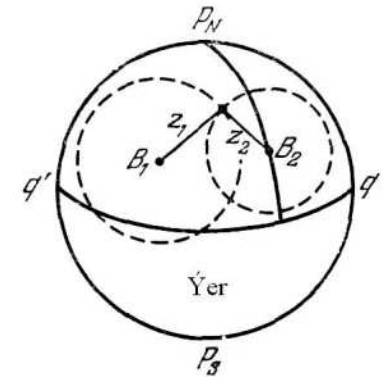
Başga günler bolsa ol inçejik orak şekilli, ýarymtegelek, doly tegelek bolup görüňýär. Aýyň fazalary, onuň hem edil Ýer ýaly, dury däl, gara, şar şekilli jisimdigi we Ýeriň töwereginde hereket edende Güne görä dürli ýagdaýlarda bolýandygy bilen düşündirilýär (55-nji çyzgy).



Günüň uzakda ýerleşenligi sebäpli, Aýa düşýän Gün şöhleleri parallel diýen ýalydyr we mydama Aý şarynyň dogry ýarysyny ýagtylandyryýandyr, beýleki ýarysy bolsa garaňkylygyna galyýandyr. Ýöne Aý bize köplenç doly bolmadyk tegelek bolup görüňýär, sebäbi onuň ýagty we garaňky ýarymşarlarynyň bölegi Ýere tarap bakyp durýar (öwrülen bolýar). Aý diskiniň garaňky

çyzyklaryny bolsa Ýeriň radiuslary bilen gabat gelýär diýip hasaplasak, onda Ýer üstüniň berlen ýagtyltgyç z zenit aralykda bolýan nokatlarynyň hemmesi, merkezi B nokatda ýerleşen, BO radiusy ýagtyltgyjyň z zenit aralygyna deň bolan, OO' kiçi töweregiň (aýlawyň) üstünde ýerleşerler. Bu aýlawa deň beýiklikler aýlawy ýa-da pozision aýlaw diýilýär.

Goý, gözegçi grinwiç wagty boýunça s_{01} we s_{02} wagt pursatlarynda, koordinatary λ_1, δ_1 we λ_2, δ_2 bolan M_1 we M_2 ýagtyltgyçlaryň z_1 we z_2 zenit aralyklaryny ölçän bolsun. Onda gözegçi koordinatalary $\varphi_1 = \delta_1$ we $\lambda_1 = \alpha_1 - s_{01}$ bolan B_1 geografik orundan (M_1 ýagtyltgyç üçin), sferik radiusy z_1 bolan pozision aýlawyň üstünde ýerleşendir (65-nji çyzgy). Şol wagtyň özünde gözegçi koordinatalary $\varphi_2 = \delta_2$ we $\lambda_2 = \alpha_2 - s_{02}$ bolan, B_2 geografik orunda merkezi ýerleşen, z_2 sferik radiusly pozision aýlawyň üstünde hem ýerleşendir. Bu bolsa gözegçiniň iki pozision aýlawlaryň iki kesişme nokatlarynyň birinde ýerleşendigini aňladýar. Pozision aýlawlaryň kesişme nokatlarynyň haýsynda gözegçiniň ýerleşendigini kesgitlemek çylşyrymly däl, sebäbi pozision aýlawlaryň radiuslary Ýer üstünde uludyr we kesişme nokatlary biri-



birinden uzak aralykda ýerleşendirler. Gözegçiniň Ýeriň üstünde ýerleşen nokadynyň çaklerini çen bilen belläp, kesişme nokatlarynyň haýsynda ýerleşendigini mydama anyklap bolýandyr.

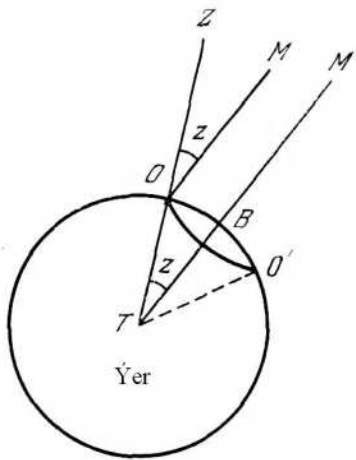
Şeýlelikde, eger Ýeriň globusynda bu iki pozision aýlawy çyzyp, kesişme nokatlarynyň gözegçiň ýerleşen nokadyna degişlisiniň φ we λ koordinatalaryny kesgitlesek, onda bu koordinatalar gözegçiniň ýerleşen nokadynyň gözlenýän

bilelikde kesgitlemegiň dürli usullarynda giňden peýdalanylýar.

Bu usullaryň hemmesi üçin bellemeli zat, ýagtyltgyçlaryň zenit aralyklaryny ölçemek zerurlygynyň ýoklugydyr. Gözegçilikden ýagtyltgyçlaryň haýsy hem bolsa bir almukantaratdan geçme pursatyny sagatda bellemek ýeterlikdir.

§79. φ we λ geografik koordinatalary bilelikde kesgitlemek

Häzirki wagt pursatynda Ýer üstüniň haýsy hem bolsa bir nokady üçin ýagtyltgyç zenitde bolýan bolsa, onda Ýer üstüniň bu nokadyna bu ýagtyltgyjyň geografik orny (ýeri) diýilýär. Eger ýagtyltgyjyň koordinatalary α we δ , ýagtyltgyjyň zenitden geçme pursatynda Grinwiçde ýyldyz wagty s_0 belli bolsa, onda ýagtyltgyjyň geografik ornunyň giňligi φ we uzaklygy λ kesgitlenip biliner. Hakykatdan hem, haçan-da ýagtyltgyç zenitde



64-nji çyzgy. Ýagtyltgyjyň geografik orny we deň beýiklikleriň aýlawy.

bolanda, onuň zenit aralygy $z=0$, diýmek ýagtyltgyjyň geografik ornunyň giňligi $\varphi=0$. Ýöne şonda ýagtyltgyç ýokarky kulminasiýa nokadyndadyr hem, onda onuň sagat burçy $t=0$, ýagtyltgyjyň geografik ornunyň meridianyndaky ýerli ýyldyz wagty bolsa $s=\alpha$. Diýmek, ýagtyltgyjyň geografik ornunyň uzaklygy $\lambda=\alpha-s_0$.

Eger gözegçi M ýagtyltgyjyň geografik orny bilen gabat gelmeýän, Ýeriň üstüniň O nokadynda ýerleşen bolsa (64-nji

çyzgy), onda ol ýagtyltgyjy s_0 pursatda z zenit aralykda görýär (ýagtyltgyçdan Ýer üstüniň hemme nokatlaryna düşýän şöhleleri parallel hasaplap bolýar.). Başgaça aýdanymyzda, gözegçi ýagtyltgyjyň geografik ornundan ýagtyltgyjyň zenit aralygyna deň bolan burç aralykda ýerleşendir. Eger Ýeri şar we asma

bölegini ýagty böleginden çäklendirýän çyzyga terminator diýilýär we ol mydam ýarym ellips görnüşlidir. Günden Aýa we Aýdan Ýere tarap ugurlaryň arasyndaky ψ burça faza burçy diýilýär.

Aýyň birinden beýlekisine aşakdaky yzygiderlikde endigan geçýän dört sany esasy fazalaryny tapawutlandyryýarlar : täze aý, birinji çärýek, doly aý, ahyrky çärýek.

Täze aý döwründe Aý Gün bilen Ýeriň aralygyndan geçýär (ýagny Gün bilen birleşmede bolýar), faza burçy $\psi=180^\circ$, Ýere Aýyň garaňky tarapy öwrülen we asmanda ol görünmeýär. Täze aýdan iki gün geçenden soň, Gün ýaşaýan badyna, agşam şapagynyň şöhlelerinde, günbatarda, Aý inçejik orak ýaly bolup görünýär. Güberçek tarapy Güne bakýan orak şekilli Aý gündünden giňelýär wetäze aýdan takmynan 7 gije-gündizden soň ýarym töwerek görnüşi alýar. Birinji çärýek diýip atlandyrylýan faza gelýär. Bu wagtda Aý gündogar kwadraturada, ýagny Günden 90° gündogarda ýerleşýär, faza burçy $\psi=90^\circ$, Ýere tarap Aýyň ýagtylanýan ýarym şarynyň ýarysy we ýagtylanmaýan ýarymşaryň ýarysy bakýan bolýar. Bu fazada Aý gijäniň birinji ýarymynda görünýär, soňra ýaşýar.

Aýyň ýagtylanýan ýarymşarynyň Ýerden görünýän bölegi gündünden ulalýar we birinji çärýekden takmynan 7 gije-gündizden soň doly aý wagty gelýär we doly ýagtylanyp görünýär. Doly Aý wagtynda Aý Gün bilen garşyda durma ýagdaýynda bolýar, $\psi=0^\circ$ we Aýyň ýagtylanýan ýarymşary bütewiligine Ýere tarap öwrülen bolýar. Doly Aý asmanda Günüň görünýän ugrunyň garşylykly tarapynda görünýär (onuň ekliptiki uzaklygy Günüň ekliptiki uzaklygyndan 180° tapawutlanýar). Şonuň üçin doly Aý asmanda bütin gije görünýär, takmynan Gün ýaşaýan badyna dogýar we Gün dogýan pursatynda bolsa ýaşýar.

Doly aýdan soň Aý “kiçelip” başlaýar, onuň diskiniň günbatar tarapyndan ýagtylanýan üsti kemelýär. Gün-günden Ýerden Aýyň ýagtylanýan ýarymşarynyň görünýän bölegi kiçelýär. Doly aýdan takmynan 7 gije-gündizden soň Aý ýene-de ýagtylanýan ýarym tegelek bolup görünýär. Ahyrky çärýek gelýär. Şol wagtda Aý günbatar kwadraturada bolýar, $\psi=90^\circ$ we ýene-de Ýere tarap Aýyň ýagtylanýan ýarymşarynyň we ýagtylanmaýan

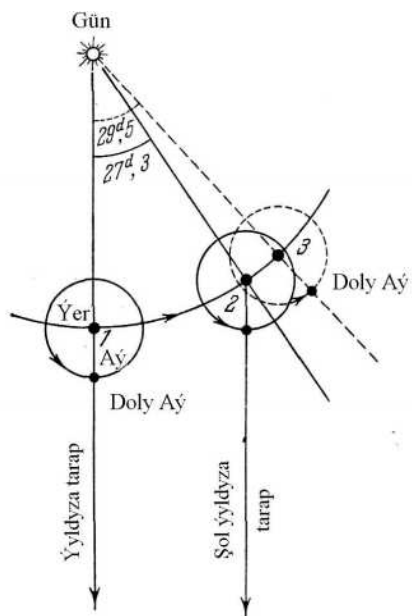
ýarymşarynyň ýarysy öwrülen bolýar. Ýöne indi Aý Günden 90^0 günbatarda ýerleşýär we gijäniň ikinji ýarymyndan tä Gün dogýança görünýär.

Kem-kemden Aý diskiniň garaňky bölegi ulalýar, Aý ýene inçejik orak görnüşi alýar we gündogarda, Gün dogmazynyň ön ýanynda, daň şapagynyň şöhlelerinde görünýär. Iki-üç gije-gündizden orak şekilli Aý ýitýär we ol asmanda görünmeýär. Ahyrky çäryekden takmynan 7 gije-gündizden soň ýene täze aý wagty gelýär. Aýyň Gün bilen täze aý wagtynda birleşmesine we doly aý wagtynda garşyda durmasyna sizigiýalar diýilýär.

§71. Aýyň aýlanma periodlary.

Aýyň yzygider birmeňzeş fazalarynyň (mysal üçin, iki yzygider doly aý wagty) wagty aralygyna sinodik aý diýilýär. Sinodik aýyň dowamlylygynyň gözegçiliklerden kesgitlenen orta bahasy 29,53

orta Gün gije-gündüzine deňdir. Şeýlelikde, sinodik aý siderik (ýyldyz) aýdan dowamlydyr. Onuň şeýledigine 56-njy çyzgydan düşünmek ýeňildir. Bu suratda 1-nji ýagdaý Aýyň, Ýeriň we Günüň doly aý pursatynda özara ýerleşişlerine degişlidir. 27,32 gije-gündizden, ýagny siderik aýdan soň, Aý öz orbitasy boýunça doly aýlaw edip, ýyldyzlara görä öňki ýagdaýyna gaýdyp geler. Ýöne Ýer bu wagtyň dowamynda orbitasy boýunça hereket edip 2-nji ýagdaýa geler we şol sebäpli doly aý pursaty (fazasy) bolmaz. Doly aý pursaty käbir wagtdan soň, ýagny Ýer 3-nji ýagdaýa gelende



56-njy çyzgy. Sinodik we siderik aýlaryň dowamlylyklary.

gözegçilik etmek amatlydyr. Sebäbi ol mydama meridiaňa ýakındyr we islendik wagty gözegçilik edilýän ýeriň geografik giňligini takyk kesgitlemek üçin amatlydyr. Ondan başga-da, onuň gözýetimden beýikligi gözegçilik edilýän ýeriň giňliginden mydama az tapawutlanýandyr we $\pm 1^0$ -dan geçmeýän ýalňyşlyk bilen bu ululygyň (giňligiň) ýakynlaşan bahasy hökmünde kabul etmek bolar.

b) φ we u - ny ýagtyltgyçlara kulminasiýa pursatynda gözegçiliklerden kesgitlemek.

Eger ýagtyltgyç kulminasiýada bolsa, onda onuň t sagat burçy 0-a ýa-da 180^0 -a (12^h) deňdir. Onda (5.7) formuladan alarys:

- 1) eger ýagtyltgyç zenitden günortada kulminasiýada bolsa, onda $\varphi = \delta + z$,
- 2) eger zenitden demirgazykda bolsa, onda $\varphi = \delta - z$,
- 3) eger ýagtyltgyç aşaky kulminasiýada bolsa, onda $\varphi = 180^0 - \delta - z$.

(5.8) deňlemiden alarys:

- ýokarky kulminasiýa pursaty üçin $u = \alpha - T'$,
- aşaky kulminasiýa pursaty üçin $u = \alpha - T' + 12^h$

Şeýlelikde, ýagtyltgyjyň diňe zenit aralygyny ölçäp, (5.9) deňlemeleriň birinden ölçeg geçirilen ýeriň geografik giňligini alyp bolýar, ýagtyltgyjyň meridiandan geçme pursatyny belläp, (5.10) deňlemelerden sagada düzedişi tapyp bolýar.

ç) φ we u -ny ýagtyltgyçlara deň beýikliklerde (deň zenit aralyklarda) gözegçiliklerden kesgitlemek.

Eger göni ýokary göterilişleri α_1 we α_2 ýapgytlyklary δ_1 we δ_2 bolan iki ýagtyltgyjyň umumy almukantaratdan geçme pursatlaryny, ýagny haçanda olar deň z uzaklykda bolýan pursatlaryny T'_1 we T'_2 bilen bellesek, onda (5.7) we (5.8) aňlatmalaryň esasynda alarys:

$$\begin{aligned} \sin \varphi \sin \delta_1 + \cos \varphi \cos \delta_1 \cos (T'_1 + u - \alpha_1) &= \\ &= \sin \varphi \sin \delta_2 + \cos \varphi \cos \delta_2 \cos (T'_2 + u - \alpha_2) \end{aligned} \quad (5.11)$$

bu deňlikde geografik giňlik φ we sagada düzediş u näbellidir. Bu (5.11) deňlik φ we u -ny aýry-áýrylykda kesgitlemegiň, şeýle hem

Eger ýagtyltgyjyň zenit aralygy z ýa-da beýikligi $h=90^0-z$ ölçenen we şol pursat ýyldyz sagady boýunça T' bellenen bolsa, ýagtyltgyjyň α we δ koordinatalary ölçeg geçirilen pursat üçin Astronomik ýyllyk neşirden alynsa, onda (5.7) aňlatmada näbelli ululyk φ we u galýar. Diýmek, olary kesgitlemek üçin öňkä meňzeş, ýöne oňa bagly bolmadyk, ikinji deňleme gerek, ýagny iň bolmanda ýene-de bir ýagtyltgyjyň zenit aralygyny ölçemeli we bu ýagtyltgyçlara gözegçilik edilýän wagtyň dowamynda u üýtgemeyär diýip hasaplamaly. Adatça bu usul giňlik we sagada düzediş bilelikde kesgitlenende ulanylýar. Ýöne şonda birnäçe ýyldyza gözegçilik edilýär we alnan deňlemeler iň kiçi kwadratlar usuly ýa-da yzygider ýakynlaşmalar usuly bilen çözülýär.

Eger-de iki näbelli ululyklaryň haýsy hem bolsa biri belli bolsa, onda ikinjisini (5.7) we (5.8) deňlemelerden hasaplap bolýar.

Goý, gözegçilik edilýän ýeriň geografik giňligi φ belli bolsun. Onda (5.7) deňlemeden alarys:

$$\cos t = \frac{\cos z - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta},$$

bu aňlatmadan t -ni hasaplanymyzdan soň, (5.8) deňlemeden

$$u = t - T' + \alpha \text{ taparys.}$$

Eger-de sagada düzediş u belli bolsa, onda (5.8) deňlemeden geografik giňlik φ hasaplanylýar.

Bu meseleleri çözmek üçin gözyetimden ýokarda, asmanyň islendik nokadynda ýerleşen islendik ýagtyltgyjyň zenit aralygyny ölçäp bolar. Ýöne sagada u düzedişi kesgitlemek üçin, gözegçilik geçirilýän wagtynda birinji wertikala ýakyn, ýagny azimutlary 90^0 ýa-da 270^0 -a ýakyn bolan ýagtyltgyçlaryň zenit aralygyny kesgitlemek amatlydyr. Bu ýagdaýda ýagtyltgyçlaryň zenit aralyklary has çalt üýtgeýärler, diýmek, gözegçilik edilýän T' wagat has takyk belleniýär.

φ geografik giňligi kesgitlemek üçin, tersligine, meridiaýa ýakyn ýerleşen ýagtyltgyçlaryň zenit aralyklaryny ölçemek amatlydyr. Bu ýagdaýda zenit aralyklary has haýal üýtgeýärler we T' wagat pursaty bellende mümkin bolan ýalňyşlyklaryň ahyrky netijä täsiri kiçi bolar. Bu nukdaý-nazardan Demirgazyk ýyldyza

bolar.

Aýyň sinodik we siderik periodlarynyň matematiki baglanyşygy içki planetalar üçin alnan (§33 seret) baglanyşyga deňdir.

Aýyň hereketinde aýlanmalarynyň sinodik we siderik periodlaryndan başga-da üç sany periody tapawutlandyryýarlar: anomalistik aý - Aýyň perigeýden yzygider iki sapar geçmesiniň wagat aralygy (27,55 orta gije-gündiz); drakonik aý- Aýyň öz orbitasynyň şol bir düwüninden yzygider iki sapar geçmesiniň wagat aralygy (27,21 orta gije-gündiz); tropik aý- Aýyň uzaklyk koordinatasynyň 360^0 -a ulalmagy üçin gerek bolan wagat aralygy. Presessiýa sebäpli tropik aý siderik aýdan takmynan 7 sekunt gysgadyr. Aý orbitasynyň düwünleriniň hereketiniň we Aýyň hereketiniň biri-birine tarap ugrukdyrylandygy sebäpli drakonik aý siderik aýdan gysgadyr. Anomalistik aý bolsa, Aý orbitasynyň perigeýiniň hereketiniň we Aýyň hereketiniň ugurdaşdyklary sebäpli, siderik aýdan dowamlydyr.

§72. Aýyň öz okunyň töwereginde aýlanmagy we libراسی́ya.

Aýyň öz okunyň töwereginde aýlanma periody onuň Ýeriň töwereginde aýlanma periodyna deň bolany sebäpli (aýlanma ugurlary hem ugurdaş) Ýere onuň mydama şol bir tarapy, ýagny şol bir ýarymşary bakyp durýar. Şol sebäpli Ýerdäki gözegçi mydama Aýyň şol bir tarapyny görüp bilýär. Aýda “ýyldyz gije-gündiziniň” dowamlylygy 27,32 ýerdäki orta gije-gündize deňdir. Aýyň aýlanma oky orbitasynyň tekizligine $83^021'$ ýapgytdyr ($83^010'$ -dan $83^031'$ -a çenli çäklerde üýtgeýär).

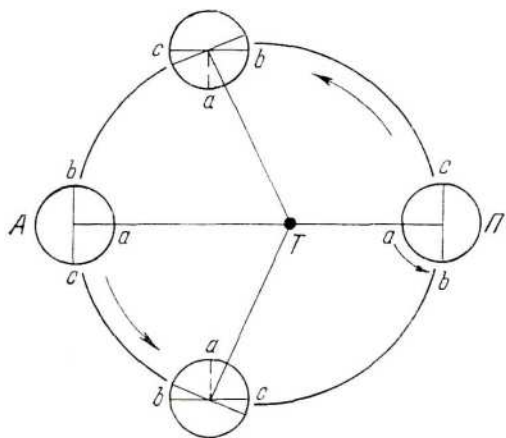
Şeýlelikde Aýyň ekwatorynyň tekizligi Aýyň orbitasynyň tekizligi bilen $6^039'$ burç, ekliptikanyň tekizligi bilen bolsa $1^030'$ burç emele getirýär. Özi hem ekliptikanyň tekizligi Aýyň ekwatorynyň we orbitasynyň tekizlikleriniň aralygynda ýerleşendir, tekizlikleriň üçüsi hem bir gönüde kesişýändirler. Bu ajaýyp ýagdaý 1721-nji ýylda Kassini tarapyndan açyldy we oňa Kassiniň kanuny diýilýär.

Islendik wagt pursatynda Ýerden Aýyň üstüniň deň ýarysy görünýändir, ýöne dowamly gözegçilikler onuň üstüniň 60% golaýyny öwrenmäge mümkinçilik berýär. Bu mümkinçilik Aýyň librasiýasy diýip umumy atlandyrylýan çäýkanmalar sebäpli döreýändir.

Optiki, ýa-da görüňän librasiýanyň (haçan-da Aý hakykatda hiç hili “yrgyldylary” etmeýän ýagdaýy) üç görnüşi bardyr: uzaklyk boýunça, giňlik boýunça we parallaktik.

Uzakluk boýunça librasiýa hadysasynyň sebäbi-Aý öz okunyň töwereginde deňölçegli aýlanýar, ýöne orbitasy boýunça

Kepleriň ikinji kanunyna laýyklykda perigeýiň golaýynda çalt, apogeýiň golaýynda bolsa haýalrak, ýagny deňölçegsiz hereket etmesidir. Aý perigeýden Π (57-nji çyzgy) geçenden soň, çärýek aýyň dowamynda orbitasynyň dördten bir böleginden köp ýoly geçer, öz okunyň töwereginde bolsa 90° deň burça öwrüler. Öň Aý



57-nji çyzgy. Uzaklyk boýunça Aýyň librasiýasy.

diskiniň merkezinde ýerleşen a nokat indi diskiň merkezinden çepärde bolup görünär (gündogara süýşer). Öň Aý diskiniň sag (günbatar) gyrasynda bolup görünen b nokat hem şol ugurda aýlanar we öň görünmeýän, günbatar gyrasyndan (çäginde) aňyrdan ýerleşen üstüniň bölegi görüňän bolar. Aý apogeýe baranda perigeýde görüňän üsti görünär. Aý

apogeýden geçenden soň, aýyň dördten bir böleginiň dowamynda öz orbitasynyň dördten bir böleginden az ýoly geçer, öz okunyň töwereginde bolsa 90° deň burça öwrüler we indi Aýyň diskiniň gündogar gyrasyndan aňyrdan ýerleşen üstüniň bölegi görünär. Uzaklyk boýunça librasiýa peridy anomalistik aýa deňdir, alyp bilýän in uly bahasy $7^\circ 54'$ deňdir.

Giňlik boýunça librasiýa Aýyň aýlanma okunyň orbitasynyň

tapawudy, sagat ululyklarda aňladylan, şol meridianlaryň uzaklyklarynyň tapawudyna deňdigine esaslanandyr (§22 seret). Häzirki döwürde geografik uzaklyklar, uzaklygy nola deň diýip kabul edilen, Grinwiç meridianyndan hasaplanylýar. Diýmek, eger T_m -grinwiçden gündogar uzaklygy λ bolan haýsy hem bolsa bir meridianyň ýerli wagty, T_0 -grinwiç wagty bolsa, onda

$$\lambda = T_m - T_0. \quad (5.5)$$

Şeýlelikde, haýsy hem bolsa bir nokadyň geografik uzaklygyny kesgitlemek, şol bir wagtyň özünde şol nokatda we başlangyjç meridianda ýerli wagty kesgitlemäge syrygýar. Radionyň oýlanyp tapylmazından öň bu meseläniň çözüwi ýeterlik çylşyrymly bolupdyr. Esasy kynçylyk T_0 grinwiç wagty kesgitlemekde jemlenipdir. Geografik uzaklyklary kesgitlemegiň öňki usullary takmynan bolupdyrlar we köp zähmet talap edipdirler.

Geografik uzaklyklary kesgitlemegiň häzirki zaman usullarynda grinwiç wagty takyk wagtyň signallaryny radio boýunça kabul etmeklige esaslanandyr

(§77 seret). Astronomik gözegçiliklerden öň we soň kabul edilen radiosignallar boýunça grinwiç meridianyna görä sagada düzediş u_0 kesgitlenilýär, gözegçilerden bolsa gözegçilik geçirilen nokadyň meridianyna görä sagada düzediş u kesgitlenilýär. Onda (5.2) we (5.5) gatnaşyklardan degişli nokadyň geografik uzaklygy

$$\lambda = u - u_0, \quad (5.6)$$

sebäbi

$$T_m = T' + u, \quad T_0 = T' + u_0.$$

§78. Geografik giňligi φ we sagada düzedişi u kesgilemek

a) Ýagtyltgyjyň ölçenen zenit aralygy boýunça φ we u kesgitlemek.

Bu iki meseläniň çözülişi parallaktik üçburçlugyň (1.37) formulasyny peýdalanmaklyga esaslanandyr

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t, \quad (5.7)$$

bu ýerde $t = s - \alpha$, ýa-da (5.3) aňlatmanyň esasynda

$$t = T' + u - \alpha. \quad (5.8)$$

takyk T wagtdan kiçi – sagat “gijä galypdyr”), otrisatel hem (sagadyň görkezýän T' wagty takyk T wagtdan uly – sagat “öňe gidipdir”) bolup biler. Sagada düzediş $u=0$, eger $T'=T$ bolsa, ýagny sagat takyk wagty görkezýän bolsa.

Sagatlaryň tehniki kämil dældikleri we daşky gurşawyň täsiri netijesinde sagada düzediş hemişelik ululyk dälir.

Sagada düzedişiň kesgitli wagat aralygynda üýtgemesine *sagadyň gidişi* diýilýär we ω bilen bellenilýär, ýagny

$$\omega = \frac{u_2 - u_1}{T'_2 - T'_1}$$

Eger sagada düzediş wagtyň geçmegi bilen ulalýan bolsa, onda sagadyň gidişi položitel (sagat “yza galýar”) we sagada düzediş kiçelýän bolsa, onda sagadyň gidişi otrisatel (sagat “öňe gidýär”) hasaplanylýar.

Astronomik gözegçiliklerden adatça bu gözegçilikleriň geçirilen ýeriniň meridiany üçin ýerli ýyldyz wagty s kesgitlenilýär, soňra onuň esasynda ýerli orta Gün wagty T_m tapylýar. Soňra ýerli orta Gün wagty wagat hasaplamagyň islendik başga sistemasynda aňladylyp biliner (§22 seret). Ýyldyz wagty $s = \alpha + t$ (§18 seret). Onda (5.2) aňlatmanyň esasynda, alarys:

$$s = T' + u = \alpha + t,$$

bu ýerden

$$u = \alpha + t - T'. \quad (5.3)$$

Şeýlelikde, sagada düzedişi u kesgitlemek üçin, (takyk wagat), göni ýokary göterilişi α belli bolan haýsy hem bolsa bir ýagtyltgyjyň sagat burçuny t ölçemek we burç ölçenen pursaty sagadyň görkezýän wagty T' bellemek hökmandyr.

Eger sagadyň görkezýän wagtyň ýagtyltgyjyň ýokarky kulminasiýa pursatynda ($t=0$) bellesek, onda sagada düzediş

$$u = \alpha - T' \quad (5.4)$$

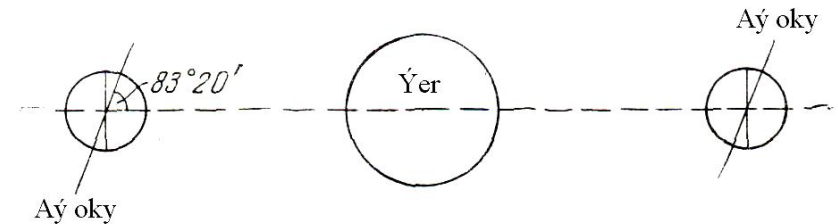
bolar.

Takyk wagty ýyldyzlara kulminasiýa pursatlarynda gözegçiliklerden kesgitlemek bu meseläni çözmegiň iň giňden ýaýran usulydyr.

b) 2 geografik uzaklygy kesgitlemek. Bu meseläniň çözüwi, iki meridianyň ýerli wagtlarynyň şol bir pursatdaky ululyklarynyň

tekizligine ýapgytlygy we orbita boýunça hereket edende aýlanma okunyň giňişlikdäki ugrunyň üýtgemeyänligi sebäpli döreyär (58-nji çyzgy). Netijede, Ýerden seredilende gezekli-gezegine demirgazyk polýusynyň töweregindäki üstüniň bölegi ýa-da günorta polýusynyň töweregindäki üstüniň bölegi görünýär. Giňlik boýunça libراسيýa peridy drakonik aýa deňdir, alyp bilýän ululygy $6^{\circ}50'$ deňdir.

Gije-gündiz ýa-da parallaktik libراسيýa Aýyň Ýere ýakynlygy sebäpli döreyändir. Şonuň üçin Ýeriň üstüniň dürli nokatlaryndan Aýyň üstüniň görnüşi meňzeş dälir. Ýeriň ekwatorynyň garşylykly iki nokadynda ýerleşen iki gözegçi şol bir wagat pursatynda Aýyň üstüniň biri-birinden biraz tapawutly çäklerini görerler. Şeýlelikde, birinji gözegçi üçin Aý ýaňy dogýan bolsa, onda ol Aýyň diskiniň günbatar gyrasyndan aňyrdan ýerleşen üstüniň bölegini hem görer. Ikinji gözegçi üçin Aý eýýäm ýaşyp barýan bolar, ol birinji gözegçiniň görýän Aý üstüni görmez, ýöne Aý diskiniň gündogar gyrasyndan aňyrdan ýerleşen üstüniň bölegini görer. Parallaktik libراسيýa 1° töweregidir.



58-nji çyzgy. Giňlik boýunça Aýyň libراسيýasy.

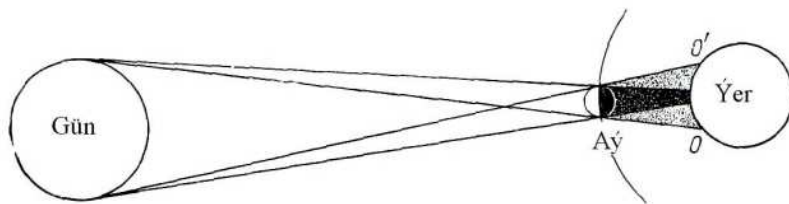
Fiziki libراسيýa, ýagny Aýyň hakyky “çaýkanmasy” Aý ellipsoidiniň uly ýarymoky Ýere tarap ugrukdyrylan ýagdaýyndan periodiki gyşarýar, Ýeriň dartylma güýji bolsa ony öňki ýagdaýyna getirmäge ymtylýandygy netijesinde döreyär. Fiziki libراسيýanyň ululygy örän kiçidir, ýagny $2''$ töweregidir.

§73. Gün we Aý tutulmalary

Aý Ýeriň töwereginde aýlananda has uzakda ýerleşen ýagtyltgyçlaryň önünden geçýär we ol öz diski bilen olaryň önüni ýapyp bilýär. Bu hadysa ýagtyltgyçlary Aýyň ýapmasy diýen umumy at bilen atlandyrylýar. Uzakdaky ýagtyltgyçlaryň önüni ýapma hadysasynyň başlanýan we tamamlanýan pursatlaryny takyk kesgitlemek Aýyň hereketini we onuň diskini kesgitlemekde wajypdyr. Köplenç ýyldyzlaryň önüni ýapma hadysasay bolýandyr, planetalary ýapma hadysasy seýrek bolýandyr.

Gün tutulmasy.

Aýyň Güniň önüni ýapma hadysasyna Gün tutulmasy diýilýär. Gün tutulmasy Ýeriň üstüniň dürli nokatlaryndan seredilende dürli görnüşlere eýedir. Ýeriň üstünde maksimal diametri 270 km uly bolmadyk Aýyň kölegesiniň konusynyň içinde ýerleşen gözegçi üçin doly Gün tutulma hadysasay bolar, ýagny Aý Güniň diskini doly ýapar (59-njy çyzgy). Ýeriň üstüne Aýyň ýarymkölegesi düşýän, Aýyň ýarymkölegesiniň konusy diýilýän çäklerde bölekleyin Gün tutulmasy görünär, ýagny Aýyň diski Güniň diskiniň diňe bölegini ýapar. Gözegçi kölegäniň okuna näçe ýakyn ýerleşdigiçe, şonça-da Güniň diskiniň köp bölegi ýapyk we tutulma fazasy uly bolar. Ýarymkölegäniň konusynyň çäklerinden daşynda Gün diski doly görünär we hiç-hili tutulma gözegçilik edilmez.



59-njy çyzgy. Gün tutulmasy.

Aýyň Ýerden uzaklygy 405500 km-den 363300 km-e çenli aralyklarda üýtgeýär, Aýyň doly kölegesiniň konusynyň uzynlygynyň ortaça ululygynyň 374000 km bolany sebäpli, käbir

Triangulýasiýa nokatlarynyň koordinatalary dürli masştablarda topografik surata düşürmelerde daýanç bolup hyzmat edýärler. Şolaryň esasynda bolsa kesgitli ýer üstüniň plany we kartalary düzülýändir.

XIX asyryň ahyyrynda ýüze çykarylan, geografik giňlikleriň üýtgemeleri (§67 seret), ony yzygiderli öwrenmegi we hasaba almagy talap edýär. Şonuň üçin giňlik gullugynyň ýörite ylmy beketleri özlerniň ýerleşen nokatlarynyň geografik giňligini yzygiderli kesgitleýärler.

Ugur kesgitlemegiň astronomik usullary (geografik koordinatalary we ugurlaryň azimutlaryny kesgitlemek), häzirki döwürde beýleki usullaryň ösýänligine we bu maksatlar üçin dürli gurallaryň barlygyna garamazdan, deňiz gämileriniň uzak ýüzüşlerinde we häzirki zaman howa gämileriniň uzak aralyklara uçuşlarynda häzirki wagtda hem iň ygtybarly usullaryň biridir. Ugur kesgitlemegiň astronomik usullary kosmos uçuşlarynda aýratyn wajyp ähmiýete eýedir. Şonuň üçin indiki paragraflarda bu usullaryň esasynda durýan prinsipleri we gurallary gysgaça seredip geçeriş.

§77. Wagtyň we geografik giňligiň kesgitlenilşi

a) Takyk wagty kesgitlemek. Islendik wagt pursaty üçin takyk T wagt bilen şol pursatda sagadyň görkezýän T' wagtyň arasyndaky tapawuda sagada düzediş diýilýär we u bilen belenilýär, ýagny

$$u = T - T' \quad (5.1)$$

Bu ýerden

$$T = T' + u \quad (5.2)$$

Başgaça aýdanymyzda, sagada düzediş diýilýän u ululyk, takyk T wagty almak üçin sagadyň görkezýän T' wagtyň üstüne goşmaly ululykdyr.

Diýmek, takyk wagty kesgitlemek, sagada ýa-da hronometre düzedişi kesgitlemege syrygýandyr.

Sagada düzediş u položitel hem (sagadyň görkezýän T' wagty

V bap. AMALY ASTRONOMIÝANYŇ WE FUNDAMENTAL ASTRONOMIÝANYŇ ESASY MESELELERI WE GURALLARY

§76. Amaly astronomiýanyň meseleleri

Astronomiýanyň adamzat jemgyýetiniň önümçilik durmuşynyň goýýan meselelerini çözmekde ulanylýan gözegçilikleriň usullary we deňişli gurallary seredilýän bölümine amaly astronomiýa diýilýär. Bu meseleleriň iň wajyplary şulardyr: wagty kesgitlemek, geografik koordinatalary (φ giňlik we λ uzaklyk) kesgitlemek, Ýerdäki jisimleriň azimutlaryny kesgitlemek.

Adamyň gündelik durmuşynda wagty bilmek meselesiniň wajyp däl ýerini kesgitlemek mümkin däl. Wagty dürli takyklyk derejesinde bilmeklik ylmy häsiýetli meseleler çözülide hem, halk hojalyk meseleleriniň bir topary çözülide hem, şeýle-de adamyň gündelik durmuşynda hem wajypdyr. Gündelik durmuşda wagt kesgitlemek zerurlygy döwletleriň radioiberiji beketleri tarapyndan her sagadyň ahyrynda takyk wagtyň alty sany signalyny ýaýlyma ibermegi bilen kanagatlandyrylýar.

Ylmyň we tehnikanyň takyk wagty bilmek boýunça talaplaryny üpjün etmek üçin, köp döwletleriň radiobeketleri gije-gündiziň dowamynda diýen ýaly, takyk wagtyň ýörite signallaryny ýaýlyma iberýärler. Bu signallary kabul edip, wagty sekundyň on müňden bir üleşleriniň takyklygynda kesgitlemek mümkindir. Takyk wagtyň signallaryny ibermek “wagt gullugy” adyny göterýän ylmy laboratoriyalar amala aşyrýarlar.

Takyk wagty bilmek Ýeriň üstündäki nokatlaryň geografik koordinatalary

kesgitlemende, has hem geografik uzaklyk λ kesgitlemende hökmandyr (§22 seret). Ýeriň üstündäki jisimleriň geografik koordinatalaryny we azimutlaryny kesgitlemek bolsa triangulýasiýa usuly (§55 seret) bilen Ýeriň görnüşini we ölçeglerini öwrenmek üçin zerurdyr. Amaly astronomiýa bu meseleleri çözmekde geodeziýa, grawimetriýa ylmlary bilen jebis arabaglanyşykdadyr we halk hojalygy üçin örän wajypdyr.

ýagdaýlarda Aý kölegesiniň konusynyň depesi Ýeriň üstüne ýetmeýär. Bu ýagdaýda Aý kölegesiniň konusynyň okuna ýakyn ýerleşen gözegçi üçin tutulma halkalaýyn bolar, ýagny Gün diskiniň gyalary ýapylman galar we Aýyň garaňky diskiniň daşynda, inçejik, ýalpyldaýan halka emele geler.

Ýeriň dürli nokatlarynda Gün tutulmasy dürli wagtda bolýar. Aýyň Ýeriň töwereginde hereket edýändigini we Ýeriň öz okunyň daşynda aýlanýandygy sebäpli, Aýyň kölegesi Ýeriň üstünde uzynlygy birnäçe müň kilometr we giňligi ortaça 200 kilometr töweregi bolan, takmynan günbatardan gündogara hereket edýän kölege zolagyny emele getirýär.

Aýyň günbatardan gündogara hereket edýänligi sebäpli Gün tutulmasy Gün diskiniň günbatar gyrasyndan başlanýar. Ilki bada Gün diskiniň gyrasynda Gün radiusyna deň radiusly töweregiň dugasy görnüşde gädik emele gelýär. Soňra gädik gitdigiçe ulalýar, Günüň orak ýaly ýagtylanýan bölegi bolsa kiçelýär. Gün diskiniň iň soňky nokady ýapylan pursatyndan doly tutulma fazasy başlanýar. Onuň dowamlylygy bary-ýogy birnäçe minut-7 minutdan az, köplenç bolsa 2-3 minut dowam edýär. Soňra Aýyň garaňky diski Gün diskiniň önünden ýuwaş-ýuwaşdan aýrylýar we tutulma tamamlanýar. Gün tutulmasynyň hemme fazalarynyň umumy dowamlylygy iki sagatdan hem uzak dowam edip bilýär.

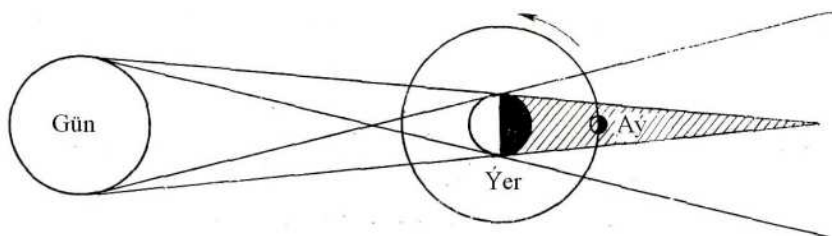
Gün tutulma hadysasynyň diňe täze aý döwründe bolup biljekdigini aýdyňdyr.

Aý tutulmasy.

Gün tarapyndan ýagtylandyrylýan Ýeriň kölegesi Günden garşylykly tarapa düşýändir (60-njy çyzgy). Günüň diametriniň Ýeriň diametrinden uly bolany üçin onuň kölegesi Aýyň kölegesine meňzeşlikde, kem-kemden gysylýan konus şekillidir. Ýeriň kölegesiniň konusy Aýyň kölegesiniň konusundan uzyn, diametri bolsa Aýyň uzaklygynda onuň diametrinden 2.5 esse uludyr.

Aý Ýeriň töwereginde hereket edende Ýeriň kölegesiniň konusyna gabat gelip bilýär we şonda Aý tutulma hadysasy bolýar. Aý tutulma wagtynda ol hakykatda üstüne düşýän Gün şöhlelerinden mahrum bolýar we şol sebäpli Aý tutulma hadysasy

Ýer şarynyň gije (garaňky) ýarymşarynyň hemme nokatlaryndan görüner. Gije ýarymşaryň hemme nokatlary üçin tutulmanyň başlanýan we tamamlanýan wagty deň bolar. Ýöne bu pursatlar Ýeriň üstüniň dürli nokatlary üçin ýerli wagt boýunça tapawutlanar we bu tapawut gözegçilik edilýän ýeriň geografik giňligine baglydyr.



60-njy çyzgy. Aý tutulmasy.

Aýyň günbatardan gündogara hereket edýändigini sebäpli ilki bilen Ýeriň kölegesine Aýyň çep gyrasy girer. Onuň çep gyrasynda kem-kemden ululýan gädik emele geler, Aýyň görünýän diskini orak şekilli görnüş alar. Ýöne bu görnüş Aý fazalaryna baglylykda alýan orak şekilli görnüşden Aýyň diskini ýagty we garaňky bölekler bölýän çyzygyň görnüşini bilen tapawutlanýar. Aý tutulma hadysasynda bu çyzygyň egrilik radiusy Aýyň radiusyndan takmynan 2.5 esse uludyr, Aý fazalarynda terminator ýarym ellips görnüşlidir.

Eger Aý Ýeriň kölegesine bütewiligine girse, onda doly Aý tutulmasy, eger kölegä Aýyň käbir bölegi girse, onda tutulma bölekleyin bolar. Ýerden Aýyň uzaklygynda Ýeriň kölegesiniň diametri Aýyň diametrinden 2,8 esse çenli uly bolup bilýänligi üçin, doly Aý tutulmasy iki sagada golaýrak dowam edip biler.

Doly ýa-da bölekleyin tutulma hadysalarynyň başlangyjy (tamamlananda hem) ýarymkölege Aý tutulmasy bilen başlanýar, ýagny Aý Ýeriň ýarymkölegesinden geçýär. Ýarymkölege tutulma hadysasy (kölege) doly ýa-da bölekleyin tutulmasyz, özbaşdak hem bolup biler.

Aýdylanlardan Aý tutulmasynyň doly aý wagtynda bolup biljekdigini aýdyňdyr.

daşlygy başlangyç tutulmadaky ýaly ýagdaýda bolmagy üçin gerek bolan wagtdan soň gaýtalanar.

Aýyň fazalary ortaça 29,53 gije-gündizden soň gaýtalanýar; Aýyň öz orbitasynyň şol bir düwünine gaýdyp gelmesi 27,21 gije-gündizden bolýar. Günün merkeziniň Aý orbitasynyň şol bir düwüninden iki yzygider geçmeginiň wagty aralygy, drakonik ýyl diýilýän wagty aralygy 346,62 gije-gündize deňdir. Diýmek, tutulmalaryň gaýtalanma periody (saros) şu üç periodlaryň başlangyçlarynyň ýenede gabat gelmegi üçin gerek bolan wagta deň bolar. 242 drakonik aý takyk diýen ýaly 223 sinodik aýa, şeýle hem 19 drakonik ýyla deňdir.

242 drakonik aý = 6585,36 gije-gündiz;

223 sinodik aý = 6585,32 gije-gündiz = 18 ýyl 11 gije-gündiz 7 sagat 42 minut;

19 drakonik ýyl = 6585,78 gije-gündiz.

223 sinodik aýyň 242 drakonik aýdan 0,04 gije-gündiz gysga bolandygy sebäpli, 6585 gije-gündizden soň täze aý (ýa-da doly aý) Aý orbitasynyň düwüninden 18 ýyl öňküsinden başgarak aralykda bolar. Şol sebäpli tutulma şertleri takyk gaýtalanmaz. Ondan başga-da, saros gije-gündizleriň bitin sanyndan we ýene-de 1/3 böleginden durýandygy sebäpli, tutulmalaryň görünýän çäkleri 18 ýylyň dowamynda Ýeriň üsti boýunça takmynan 120^0 günbatara süýşýändir.

Her bir sarosyň dowamynda 70 tutulma bolup, olaryň 41 Gün, 29-sy bolsa Aý tutulmasydyr. Şeýlelikde, Gün tutulmalary Aý tutulmalaryndan ýygý bolýandyr, ýöne Ýeriň üstüniň berlen nokadynda Aý tutulmalaryny köp görüp bolýandyr. Sebäbi Aý tutulmalaryny Ýeriň bütin ýarymşarynda görüp bolýandyr, Gün tutulmalary bolsa Ýeriň üstüniň uly bolmadyk, kesgitli zolagynda görünýändir. Her sarosyň dowamynda 10-a golaý doly Gün tutulmasynyň bolýandygyna garamazdan, ony görmek seýrek başardýandyr. Ýeriň berlen nokadynda doly Gün tutulmasy 200-300 ýylda bir gezek görünýändir.

Indiki Aý tutulmasy diňe ýarym ýyldan soň, Aý orbitasynyň beýleki düwüniniň ýakynynda bolup biler, ýöne ýokarda agzalan sebäplere görä bolman hem biler.

Şeýlelikde, bir ýylyň dowamynda bir Aý tutulmasynyň bolmazlygy hem mümkindir, iň köp bolan ýagdaýynda iki ýa-da üç Aý tutulmasy bolmagy mümkindir. Bir ýylyň dowamynda üç sapa Aý tutulmasy bolmagy üçin olaryň birinjisi 1-nji ýanwaryň yz ýanynda, ikinjisi-iýunyň aýagynda, üçünjisi-dekabryň ahyrynda, birinji tutulmadan 12 sinodik aýdan (354 gije-gündizden) soň bolmalydyr.

§75. Tutulmalaryň bir ýylyň dowandaky sany. Saros

Tutulma hadysalarynyň bolmagynyň şertlerini göz önünde tutup, bir ýylyň dowamynda bolup biljek tutulmalaryň ýedä deňdigini, ýagny iki Aý we baş Gün tutulmasy ýa-da üç Aý we dört Gün tutulmasynyň bolup biljekdigini kesgitlemek çylşyrymly däl. Birinji ýagdaýda ýylyň başynda iki Gün tutulmasy, olaryň aralygynda bolsa bir Aý tutulmasy, soňra ýylyň ortasynda ýene-de iki Gün we bir Aý tutulmasy, ýylyň ahyrynda bolsa başinji gezek Gün tutulmasy bolýar. Ikinji ýagdaýda bolsa ýylyň başynda bir Aý tutulmasy we ondan soň Gün tutulmasy, ýylyň ortasynda iki Gün tutulmasy we bir Aý tutulmasy, ýylyň ahyrynda bolsa bir Gün tutulmasy we ondan soň üçünji gezek Aý tutulmasy bolýar. Emma ýedi tutulma bolýan ýyllar seýrekdir, köplenç bir ýylyň dowamynda iki gezek Gün we iki gezek Aý tutulmasy bolýandyr. Bir ýylyň dowamynda bolýan tutulmalaryň sany ikidir, ikisi hem Gün tutulmasydyr.

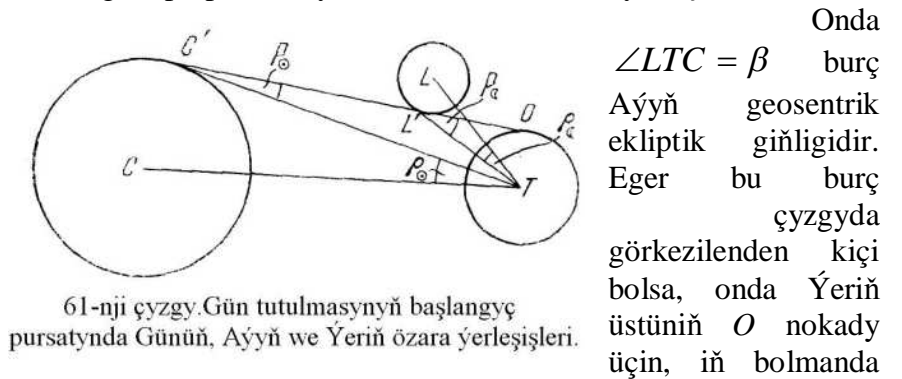
Tutulmalaryň yzygiderligi takyk diýen ýaly, saros diýilýän wagt aralygyndan soň öňki tertipde gaýtalanýar (Saros- türkmençe terjimesi gaýtalanmak diýmekdir). Baryp gadym döwürlerde belli bolan saros 18 ýyl 11,3 gije-gündize deňdir. Hakykatdan hem, tutulmalar öňki tertipde (haýsy hem bolsa bir tutulmany başlangyç diýip alsak) Aýyň fazasy we onuň Aýyň orbitasynyň düwüninden

§74. Tutulma pursatlaryny kesgitlemek.

Eger Aý orbitasynyň tekizligi ekliptikanyň tekizligi bilen gabat gelyän bolsa, onda her sinodik aýda Gün we Aý tutulmalary bolup geçerdi. Ýöne bu tekizlikler gabat gelyän däl, ýagny Aý orbitasynyň tekizligi ekliptikanyň tekizligine $5^{\circ}09'$ burça ýapgytdyr. Şonuň üçin doly aý ýa-da täze aý wagtynda Aý ekliptikanyň tekizliginden uzakda ýerleşip bilýär we Güniň diskinden ýa-da Ýeriň kölegesiniň konusyndan ýokarda ýa-da aşakda geçip biler, şonda hiç-hili tutulma bolmaz.

Gün ýa-da Aý tutulmasynyň bolmagy üçin, hökman täze aý ýa-da doly aý wagtynda Aý orbitasynyň düwüniniň, ýagny ekliptikanyň ýakynynda bolmalydyr.

Goý, 61-nji çyzgyda C , T we L bilen deňişlilikde Güniň, Ýeriň we Aýyň merkezleri bellenen bolsun we olar ekliptikanyň tekizligine perpendikulýar bolan bir tekizlikde ýerleşen bolsunlar.



61-nji çyzgy. Gün tutulmasynyň başlangyç pursatynda Güniň, Aýyň we Ýeriň özara ýerleşişleri.

Onda $\angle LTC = \beta$ burç Aýyň geosentrik ekliptik giňligidir. Eger bu burç çyzgyda görkezilenden kiçi bolsa, onda Ýeriň üstüniň O nokady üçin, iň bolmanda

dowamlylygy gysga bolan bölekde Gün tutulmasy bolar. β burç üç burçuň jemine deňdir:

$$\beta = \angle LTL' + \angle L'TC' + \angle C'TC.$$

Ýöne $\angle LTL'$ burç Aýyň burç radiusyna deňdir, ýagny $\angle LTL' = \rho_C$, $\angle C'TC$ burç bolsa, Güniň burç radiusydyr, ýagny $\angle C'TC = \rho_{\odot}$; burç. $\angle L'TC' = \angle TL'O - \angle TC'O$ deňdir. Bu ýerde $\angle TL'O = \rho_C$ Aýyň gorizont parallaksy, $\angle TC'O = \rho_{\odot}$

Günüň gorizontall parallaxsy. Onda

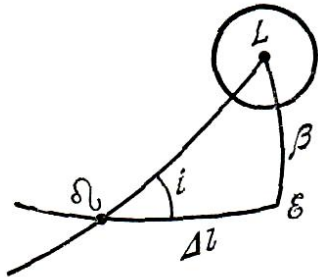
$$\beta = \rho_C + \rho_{\odot} + p_C + p_{\odot}$$

Deňligiň sag tarapyndaky ululyklaryň orta bahalaryny $\rho_C = 15',5; \rho_{\odot} = 16',3; p_C = 57',0; p_{\odot} = 8'',8$ alsak, onda $\beta = 88',7$ deň bolar.

Diýmek, iň bolmanda dowamly bolmadyk bölekleyin Gün tutulmasy bolmagy üçin Aýyň geosentrik ekliptik giňligi $88',7$ -dan kiçi bolmaly. Aýyň merkeziniň düwünden burç aralygy, ýagny Aýyň düwüne görä Δl uzaklygy gönüburçly $\Omega \mathcal{E} L$ sferik üçburçlykdan formula boýunça hasaplap bolar (62-nji çyzgy):

$$\sin \Delta l = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tgi}}$$

$\beta = 88',7$ we $i = 5^{\circ}09'$ bolanda $\Delta l = 16^{\circ},5$ deň bolar.



62-nji çyzgy. Gün tutulmasynyň başlangyç pursatynda Aýyň aý düwünlerine görä ýerleşşi.

Gün tutulmasy Aý düwüniniň beýleki tarapynda ondan Δl uzaklykda hem bolup biljekdigi düşnükli. Ekliptikanyň 33° dugasyny Gün her gije-gündiziň dowamynda $59'$ ortaça tizlik bilen hereket edip, 34 gije-gündizde geçýär. Ýöne 34 gije-gündiziň dowamynda hökman bir täze aý bolýar, iki bolmagy hem mümkin, sebäbi sinodik aýyň dowamlylygy 29,5 gije-gündize deňdir. Diýmek, her ýyl hökman Gün tutulmasy (Aýyň orbitasynyň iki düwünleriniň ýakynynda) bolýar, ýöne 4 ýa-da 5 tutulma bolmagy hem mümkin. Baş tutulma bolýan ýyly, birinji Gün tutulmasy 1-nji ýanwaryň yz ýanynda bolýar. Ikinji Gün tutulmasy indiki täze aý wagtynda, 3-nji we 4-nji tutulmalar bolsa ýarym ýyldan biraz öň, başinji tutulma bolsa birinji tutulmadan 354 gije-gündizden soň (354 gije-gündiz 12 sinodik aýa deňdir) bolýar.

Goý, indi C Aýyň Ýerden orta uzaklygynda burç radiusy $41'$

bolan Ýeriň kölegesiniň merkezi bolsun; $L L'$ burç radiusy $15',5$ bolan, Aýyň L merkeziniň hereket edýän, Aý orbitasynyň bölegi; Ω - Aý orbitasynyň dogýan düwüni (63-nji çyzgy).

Aý tutulmasy bolmagy üçin, doly aý wagtynda Ýeriň kölegesiniň we Aýyň merkezleriniň aralygy $41' + 15',5 = 56',5$ -den kiçi bolmalydyr. $CL\Omega$ sferik üçburçlykdan alarys:

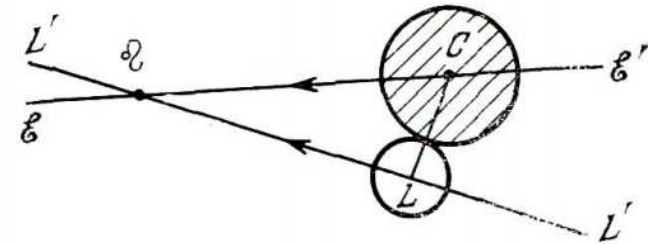
$$\sin CL = \sin C\Omega \cdot \sin \angle C\Omega L$$

ýa-da

$$\sin 56',5 = \sin C\Omega \cdot \sin 5^{\circ}09',$$

bu ýerden alarys:

$$C\Omega = \Delta l = 10^{\circ},6$$



63-nji çyzgy. Aý tutulmalarynda Ýer kölegesiniň merkeziniň Aý düwüninden çäk uzaklygy.

Diýmek, Aý tutulmagy üçin (iň bolmanda dowamly bolmadyk) Ýeriň kölegesiniň merkezi Aýyň orbitasynyň düwüniniň ol ýa-da beýleki tarapynda $10^{\circ},6$ -dan ýakyn bolmalydyr. Ýeriň kölegesi ekliptika boýunça bir gije-gündizde $59'$ tizlik bilen hereket edip, bu aralygy 10,8 gije-gündizde, ikeldilen aralygy, ýagny $21^{\circ},2$ (düwünden iki tarapy hem hasaba alsak) aralygy bolsa 21,6 gije-gündizde geçer. Ýöne sinodik aýyň dowamlylygy 29,5 gije-gündize deň bolany sebäpli, doly Aý düwünden günbatarda $10^{\circ},6$ -dan uly aralykda, indiki doly Aý bolsa gündogarda şolar ýaly aralykda bolmagy mümkindir. Şonda bu aýda Aý tutulmalary bolmaz. Tutulma soňky aýda hem bolmaz, sebäbi Aý merkezi bu düwünden 27,2 gije-gündizden (drakonik aý) soň geçer, doly aý bolsa 2,3 gije-gündizden soň bolar. 2,3 gije-gündiziň dowamynda Aý düwünden 30° aralyga gider we onuň merkezi Ýer kölegesiniň merkezinden $56',5$ aralykdan uzakda sowaşyk geçer.

deňdir we astrofizikada öwrenilýän elektromagnit spektriniň uly bolmadyk zolagyny eýeleýändir. Astrofizikada energiýalary million elektron-wolt bolan (MeV) gamma şöhlelerden başlap, elektron-woltyň milliondan bir bölegine (10^{-6} eV) deň energiýaly, metr uzynlykly radiotolkunlara çenli aralykdaky elektromagnit tolkunlary öwrenilýär. Elektromagnit şöhlenenmesiniň bu gyraky görnüşleriniň aralygynda rentgen, ultramelewşe, wizual (görüňýän) we infragyzyň şöhleler yzygider ýerleşendirler (2-nji tablisa).

Elektromagnit şöhlenenmesi interferensiýa we difraksiýa ýaly hadysalarda ýüze çykýan, tolkun häsiýetlere eýedir. Şonuň üçin, islendik yrgyldy ýaly, ony tolkun uzynlygy λ we ýygylyk ν bilen häsiýetlendirip bolýar we olaryň köpeltmek hasyly yrgyldylaryň ýaýrama tizligine deňdir:

$$c = \lambda \nu. \quad (6.1)$$

Hemme elektromagnit tolkunlarynyň wakuumda ýaýrama tizligi deňdir we onuň ululygy 299792 km/s, ýa-da takmynan

$$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}.$$

Kwantyň energiýasy ε elektromagnit yrgyldylarynyň ýygylygyna ν proporsionaldyr (ýagny λ tolkun uzynlygyna ters proporsionaldyr). Proporsionallyk koeffisiýenti-Plankyň hemişeligidir

$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}.$$

Şeýlelikde

$$\varepsilon = h \nu = \frac{hc}{\lambda} \quad (6.2)$$

Energiýasy 1 eV bolan kwanta

$$\lambda_1 = 12400 \text{ Å} = 1,24 \text{ mkm}$$

tolkun uzynlygy we

$$\nu_1 = 2,42 \cdot 10^{14} \text{ Gs}$$

ýygylyk deňşlidir.

Göze görüňýän şöhlelere takmynan 3900 Å-den (görüňýän spektriň melewşe çägi) 7600 Å-e (gyzyl çägi) çenli tolkun uzynlyklary deňşlidir. Bularyň aralygynda görüňýän spektriň hemme: melewşe (3900-4500 Å), gök (4500-4800 Å), mawy (4800-5100 Å), ýaşyl (5100-5700 Å), sary (5700-5850 Å), benewşe

gözegçilikleriň her bir günü üçin hakyky günortan pursatynda α_{\odot} ýapgytlygy hasaplap bolar. Ondan başga-da, eger zenit aralygy ölçenende sagat boýunça Günüň meridiandan geçme pursatyny T'_{\odot} bellesek, onda deňlemenden

$$s = \alpha_{\odot} = T'_{\odot} + u \quad (5.14)$$

gözegçiligiň her bir günü üçin sagada u düzediş we sagadyň ω gitmesi (§77 seret) belli bolar.

Şeýlelikde, göni ýokary göterilişleri kesgitlemegiň absolýut usuly aşakdakylara syrygýar. Güne gözegçilik edip bolunandan soň ýa-da öň, her birini gündizine hem gözegçilik edip bolar ýaly, ekliptikanyň we ekwatoryň ugry boýunça azda-kände deňölçegli ýerleşen, örän ýagty, birnäçe (mysal üçin, 30-40 sany) ýyldyz saýlanylýar. Bu ýyldyzlara esasy ýa-da sagat ýyldyzlary diýilýär.

Sagat ýyldyzlaryna gözegçilik edilende olaryň meridiandan geçme pursatlary T'_1, T'_2, \dots, T'_n bellenilýär. Güne gözegçilik edilende bolsa meridiandan geçme pursaty T'_{\odot} bellenilýär we z_{\odot} zenit aralygy ölçenilýär. Günüň ölçenen zenit aralygy boýunça, ölçegleriň her günü üçin onuň ýokarky kulminasiýa pursatynda δ_{\odot} ýapgytlygy we α_{\odot} göni ýokary göterilişi hasaplanylýar. (5.14) deňleme boýunça Güne gözegçilik edilen pursat üçin sagada düzediş, olar boýunça bolsa sagadyň gidişi hasaplanylýar.

Soňra Güne we sagat ýyldyzlara gözegçilik edilen günleriň her biri üçin deňlemeler düzülýär:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_{\odot} &= T'_{\odot} + u, \\ \alpha_1 &= T'_1 + u_1, \\ \alpha_2 &= T'_2 + u_2, \\ &\dots\dots\dots, \\ \alpha_n &= T'_n + u_n. \end{aligned} \right\} \quad (5.15)$$

Bu deňlemeleriň birinjisinde hemme ululyklar, galanlarynda bolsa diňe ýyldyzlaryň meridiandan geçme pursatlary T'_i bellidir. Sagat ýyldyzlaryň α_i göni ýokary göterilişleri we sagada u_i düzedişler näbellidirler. Ýöne, her bir sagat ýyldyzlarynyň kulminasiýa pursaty üçin sagada u_i düzedişleri belli bolan u düzediş we sagadyň gidişi ω boýunça tapmak ýeňildir, ýagny

$$u_i = u + \omega(T'_I - T'_\odot).$$

Onda (5.15) deňlemeler aşakdaky görnüşde ýazylar:

$$\alpha_\odot = T'_\odot + u \quad ,$$

$$\alpha_1 = T'_1 + u + \omega(T'_I - T'_\odot) \quad ,$$

$$\alpha_2 = T'_2 + u + \omega(T'_2 - T'_\odot) \quad ,$$

$$\dots\dots\dots,$$

$$\alpha_n = T'_n + u + \omega(T'_n - T'_\odot) \quad .$$

Bu deňlemelerden Günün we sagat ýyldyzlarynyň göni ýokary göterilişleri absolýut usul bilen kesgitlenilýärler. Şunlukda, bu hasaplamalary Günün ýapgytlygynyň ululygynyň absolýut uly bolmadyk bahalarynda, ýagny ýazky we güýzki deňleşme günleriniň töwereginde geçirilen gözegçilikler boýunça kesgitlemek amatlydyr. Bu ýagdaýda göni ýokary göterilişler takyk kesgitlenýär.

Ýyldyzlaryň göni ýokary göterilişleri absolýut usul boýunça kesgitlenende Güne gözegçilik etmek, ýazky gije-gündiz deňleşme nokadynyň asmanda ýyldyzlara görä ýerleşişini bellemek üçin zerurdyr. Bu maksatlar üçin Günün deregine, orbitasynyň elementleri ýeterlik takyklykda belli bolan, Gün sistemasynyň islendik planetasyna gözegçilik etmek bolar. Planetalara gözegçilik etmegiň takyklygy Güne gözegçilik edenden ýokarydyr. Bu nukdaý-nazardan kiçi planetalar has amatlydyr. Kiçi planetalara gözegçilik etmegiň şertleri ýyldyzlara gözegçilik etmegiň şertlerinden tapawudy ýokdur we şol sebäpli alynýan netijeler Güne we uly planetalara gözegçilik edilende mahsus bolan ýalňyşlyklardan azatdyr.

a) Otnositel ýa-da differensial usullar. Ýyldyzlaryň koordinatalaryny otnositel usul bilen kesgitlemek, koordinatalary kesgitlenilýän ýyldyz bilen daýanç ýyldyzynyň $\Delta\alpha$ we $\Delta\delta$ koordinatalarynyň tapawudyny ölçemeklige syrygýandyr.

Ýyldyzlara meridianda edilýän gözegçiliklerden her bir daýanç we her bir kesgitlenilýän ýyldyzlar üçin meridiandan geçme pursatlary T we T_i hem-de zenit aralyklary z we z_i alynýar.

Gözegçilikleriň meridianda geçirilýändikleri sebäpli, sagadyň

fizikanyň ösüşleri, esasan hem atomyň gurluşynyň we şöhlemenmesiniň nazaryýetiniň döredilmegi netijesinde, nazary astrofizika ösüşlere eýe boldy. Onuň maksady – gözegçiliklerden alnan netijeleri düşündirmekden, barlaglaryň önünde täze meseleleri goýmakdan, amaly astrofizikanyň usullaryny esaslandyrmakdan ybaratdyr.

Astrofizikanyň iki esasy bölümleri birnäçe hususy bölümçelere bölünýär. Nazary astrofizika, düzgün boýunça, öwrenilýän obýektlerine görä ýyldyzlaryň, Günün, planetalaryň, dumanlyklaryň, kosmos şöhleleriniň fizikasyna, kosmologiýa we ş.m. bölünýär. Amaly astrofizikanyň bölümçeleri adatça olarda ulanylýan usullar boýunça astrofotometriýa, astrospektroskopiýa, astrofotografiýa, kolorimetriýa we ş.m. bölünýär.

Barlaglarda düýpgöter täze usullary ulanmaklyga esaslanan we öz düzüminde nazary astrofizikanyň degişli bölümlerini saklaýan astrofizikanyň bölümleri radioastronomiýa, ballon astronomiýasy, atmosferadan daşary astronomiýa (kosmos barlaglary), rentgen astronomiýasy, gamma astronomiýa we ş.m. atlar bilen bellidir.

Astrofiziki barlaglaryň netijelerine seretmezden ön birnäçe esasy kesgitlemelere we düşünelere seredip geçeliň.

§94. Astrofizikada öwrenilýän elektromagnit şöhleleri

Belli bolşy ýaly, görünýän ýagtylyk üzüksiz dälde, aýry-aýry kwantlar (porsiýalar) görnüşinde şöhlelendirilýän we özüniň energiýasy bilen häsiýetlendirilýän elektromagnit şöhlelenmesiniň hususy görnüşidir. Şöhlelenmäniň ähli görnüşleriniň köplüğine elektromagnit şöhlelenmeleriniň spektri diýilýär. Kwantlaryň energiýalarynyň ölçeg birligi adatça elektron-wolt (eW) kabul edilendir. Bu energiýa potensiallarynyň tapawudy $1Wolt = 1/300 SGSE$ bolan, elektrik meýdanynda tizlendirilen erkin elektronyň (elektrik zarýady $e = 1,6 \cdot 10^{-19} Kl = - 4,8 \cdot 10^{-10} SGSE$) alýan energiýasydyr. Onda

$$1 eW = 1,6 \cdot 10^{-19} J = 1,60 \cdot 10^{-12} erg.$$

Görünýän ýagtylygyň kwantlarynyň energiýalary 2-3 eW

VI bap. ASTROFIZIKANYŇ ESASLARY

§93. Astrofizikanyň meseleleri we esasy bölümleri

Astrofizikanyň maksady – aýry-aýry kosmos jisimleriniň, şeýle hem bütin Älemiň fiziki tebigatyny we ewolýusiýasyny (özüşini) öwrenmekdir. Şeýlelik bilen, astrofizika astronomiýanyň has umumy meselelerini bütewilikde çözüär. Soňky onýyllyklarda astrofizika astronomiýanyň esasy, öňdebaryjy bölümi boldy. Ýöne beýle diýildigi astronomiýanyň “klassiki” bölümleriniň, ýagny asman mehanikasynyň, astrometriýanyň we beýlekileriň wajyplygynyň pese düşenligini aňlatmaýar. Tersine, häzirki döwürde astronomiýanyň adaty bölümlerinde ýerine ýetirilýän işleriň sany we wajyplygy artýar, ýöne astrofizikada bu ösüşler uly depgine eýedir. Umuman astronomiýa bütewi ylym hökmünde sazlaşykly ösýär we onuň dürli bölümlerinde geçirilýän barlaglaryň ugurlary özara bähbitleri, şol sanda astrofizikanyň bähbitlerini göz önünde tutýar. Mysal üçin, kosmos barlaglarynyň ösmegi asman mehanikasynyň täze bölümüniň – astrodinamikanyň döremegine ýardam edendir. Älemiň kosmologik modelleriniň gurulmagy astrometriýanyň “klassiki” meselelerine aýratyn talaplary bildirýär.

Belli bolşy ýaly, astronomiýa özüniň köpasyrlyk taryhynda, onuň häsiýetnamalaryny doly üýtgeden, birnäçe rewolýusion ösüşlere eýe bolandyr. Astrofizikanyň döremegi we çalt depginler bilen ösmegi olaryň netijesidir. Muňa esasan XVII asyryň başyndan teleskopyň ulanylyp başlanmagy, XIX asyrdaky spektral derňewiň açylmagy we fotografiýanyň oýlanyp tapylmagy, XX asyrdaky radioastronomiýanyň we barlaglaryň atmosferadan daşary usullarynyň döremegi ýardam edendir. Bularyň hemmesi gözegçilik, ýagny amaly astrofizikanyň mümkinçiliklerini has giňeldendir. Netijede XX asyryň ikinji ýarymyndan astronomiýa hemme tolkunlaýyn bolandyr, ýagny elektromagnit şöhlemenmesiniň spektriniň islendik çäginde diýen ýaly maglumatlary almaga mümkinçilik dörandir.

Amaly astrofizikanyň usullarynyň ösmegi bilen bir hatarda,

gidişi hasaba alynandan soň, daýanç (T) we kesgitlenilýän (T') ýyldyzlaryň meridiandan geçme pursatlarynyň tapawudy olaryň göni ýokary göterilişleriniň tapawudyna deňdir, ýagny

$$T - T_i = \alpha - \alpha_i = \Delta\alpha_i,$$

zenit aralygynyň tapawudy bolsa bu ýyldyzlaryň ýapgytlyklarynyň tapawudyna deňdir, ýagny

$$z - z_i = \delta_i - \delta = \Delta\delta_i \quad (\text{kulminasiýa zenitden günortada})$$

$$z - z_i = \delta - \delta_i = \Delta\delta_i \quad (\text{kulminasiýa zenitden demirgazykda}).$$

Bu gatnaşyklardan kesgitlenilýän ýyldyzyň gözlenilýän α_i we δ_i koordinatalary hasaplanylýar, daýanç ýyldyzlaryň α we δ koordinatalary bellidir.

Bu ýerde biz ekwatorial koordinatalary kesgitlemegiň diňe esaslaryny beýan etdik, amalyýetde bu mesele has çylşyrymlydyr.

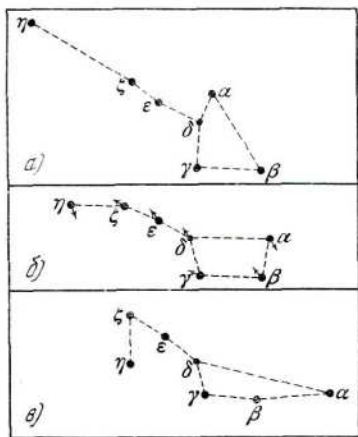
§83. Ýyldyzlaryň hususy hereketleri

Şol bir ýyldyzlaryň ekwatorial koordinatalaryny uzak wagtdan geçenden soň ölçenilen ekwatorial koordinatalary bilen deňeşdirip, wagtyň geçmegi bilen olaryň göni ýokary göterilişiniň we ýapgytlygynyň üýtgeýändigleri ýüze çykarylandyr. Bu üýtgemeleriň agramly bölegi presessiýa, nutasiýa, aberrasiýa, az bölegi bolsa ýyllyk parallaks sebäpli ýüze çykýandyr (§§57,62,66 seret). Eger bu sebäpleri göz önünde tutsak, onda üýtgemeler kiçelýär, ýöne doly ýitip gitmeýär. Ýyldyzyň asman sferasynda bir ýylyň dowamynda galan süýşmesine ýyldyzyň μ hususy hereketi diýilýär. Ol bir ýylda duganyň sekuntlarynda aňladylýar.

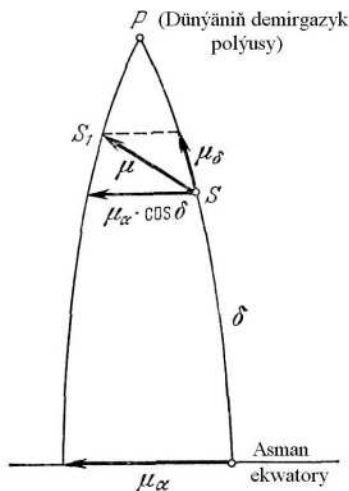
Dürli ýyldyzlaryň hususy hereketleri ululygy we ugry boýunça tapawutlanýandyrlar. Diňe köp bolmadyk (ýüzlerçe) ýyldyzlaryň hususy hereketleri bir ýylda $1''$ -dan uludyr. Belli bolan iň uly hususy hereket $\mu = 10'',27$ deňdir (Barnardyň “uçýan” ýyldyzyna degişlidir). Ýyldyzlaryň örän köpüsi üçin ölçenilen hususy hereketleri ýylda duganyň sekundynyň ýüzden bir we müňden bir ülüşlerine deňdir.

Hususy hereketleriniň kiçiligi sebäpli ýyldyzlaryň görünýän ýagdaýlarynyň üýtgemeleri guralсыз seredilende duýarlyk däl.

Öz wagtynda bu ýagdaý “hereket etmeýän ýyldyzlar” terminiň döremegine sebäp bolandyr. Emma örän uzak wagt aralygynda ýyldyz toparlarynyň şekilleri duýarlyk üýtgeýändirler. Mysal üçin, 68-nji çyzgyda Uly Ýedigeniň ýedi ýagty ýyldyzynyň häzirki wagtda (b), 50000 ýyl mundan ozal (a) we 50000 ýyldan soň (w) özara ýerleşişleri şekillendirilen.



68-nji çyzgy. 100 000 ýylda Uly Ýedigeniň görnüşiniň üýtgemesi.



69-njy çyzgy. Ýyldyzyň hususy hereketiniň düzüjileri.

Her ýyldyzyň hususy hereketi uly aýlawyň dugasy boýunça we hemişelik tizlik bilen bolýandyr. Diňe birnäçe ýyldyzyň hususy hereketinde uly aýlawyň dugasyndan periodiki gyşarmalar anyklanandyr.

Uly aýlawyň SS_1 dugasy boýunça (69-njy çyzgy) ýyldyzyň hususy μ hereketi netijesinde onuň göni ýokary göterilişi, göni ýokary göteriliş boýunça μ_α hususy hereketi diýilýän ululyga, ýapgytlygy bolsa ýapgytlyk boýunça μ_δ hususy hereketi diýilýän ululyga üýtgeýär. Ýyldyzyň koordinatalaryny deňeşdirmeden duganyň sekuntlarynda aňladylan μ_α we μ_δ kesgitlenilýär. Eger μ_α sagat ölçeginiň sekuntlarynda aňladylýan bolsa (μ_α^s bellenilýär), onda $\mu_\alpha = 15 \mu_\alpha^s \cdot \cos \delta$.

Ýyldyzyň hususy hereketi μ şu formula boýunça hasaplanylýar:

10^{-6} sekunda deňdir. Bu bolsa maýatnikli sagatlaryň takyklygyndan 10^2 -ä ýokarydyr. Emma dowamly wagt aralygynda kwars sagadynyň ýöreýşi kwars kristallynyň “garramasy” diýilýän, kwarsyň kristallik gurluşynyň deformasiýasynyň hasabyna endigan üýtgeýändir.

Atom sagatlarda atomyň energetik derejeleriniň arasynda, spektral çyzyklaryň şöhlelenmesi bilen bolup geçýän, diskret geçişlerde ýüze çykýan elektromagnit yrgyldylarynyň ýygylgy peýdalanylýandyr. Emma, atomlaryň ýylylyk hereketleriniň netijesinde, adaty spektral çyzyklar has giňdir, ýagny duýarlyk ýygylgy çäklerde şöhlelenmeleri saklaýandyr. Şonuň üçin olary ýygylgyň takyk nusgasy (etalony) hökmünde ulanyp bolmaýar. Bu maksatlar üçin diňe inçejik spektral çyzyklaryň çeşmeleri, mysal üçin, metastabil derejelerden geçişlerde ýüze çykýan, gadagan edilen spektral çyzyklary şöhlendirýän kwant generatorlary ýaramlydyr. Atom sagatlarynda, ammiakda we atomar wodorodda işleýän, ýygylgyň otnositel durnuklylygyny 10^{-12} – 10^{-13} çenli almaga mümkinçilik berýän, mazerler ulanylýandyr.

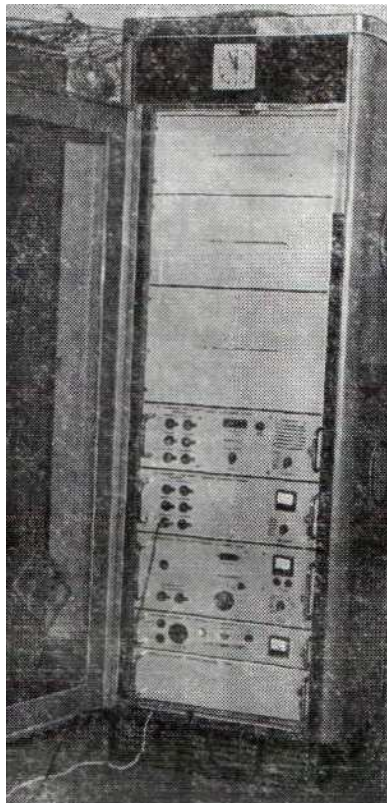
Gözegçiliklerde wagt pursatlaryny bellemek üçin mazerleriň, iň bärkisi kwars generatorlaryň ýygylklaryndan hem pes ýygylkly yrgyldylary almak zerurdyr. Onuň üçin kwars we atom sagatlaryny ýygylgy elektron bölüjileri bilen üpjün edýärler.

Bu bölüjileriň çykyşynda 1Gs ýygylkly, ýagny sekunt impulsary alynýar we olar sagadyň sekunt dilini herekete getirmek, ýagny süýşürmek üçin ulanylýar. Atom sagatlary şeýle hem kwars sagatlary bilen, onuň yrgyldylarynyň ýygylgyna yzygiderli düzediş girizip, bilelikde işläp bilýärler.

Molekulýar generatory ulanmagyň başga bir usulynda ony oýandyrmak üçin kwars generatorynyň degişli esse köpeldilen ýygylgy ulanylýar. Şonda kwant generatory kwarsyň yrgyldylarynyň ýygylgyny barlaýan, görkeziji bolup hyzmat edýär. Häzirki döwürde giňden ýaýran ýygylgy etalony–Seziý standarty, 10^{-12} töweregi takyklyk bilen esasy wagt ölçeg birligini, atom sekundynyň nusgasyny almaga mümkinçilik berýär.

ýokary bolan yrgyldyly sistemalaryň döredilmegine getirdi. Şonuň üçin, häzirki döwürde maýatnikli sagatlar diňe wagty uly bolmadyk takyklyk bilen kesgitlemek ýeterlik bolan ýagdaýlarda ulanylýar. Häzirki zaman wagt gulluklarynda wagty “saklamak” we ýaýratmak üçin kwars sagatlaryny, ýygylgyň molekulýar we atom standartlaryny peýdalanýarlar.

Bu enjamlaryň ählisinde wagt ölçemek, enjamlaryň sistemalarynda döreýän we takyk hemişelik ýygylgy bilen bolup geçýän yrgyldylaryň sanyny takyk hasaplamaga esaslanandyr.



83-nji çyzgy. Kwars sagady.

Kwars sagady (83-nji çyzgy), yrgyldylary üýtgeýän elektrik meýdanynda ýerleşdirilen kristallik kwars plastinkasynda bolup geçýän pýezoelektrik deformasiýalary tarapyndan berilýän, üýtgeýän elektrik naprýaženiýasynyň generatorydyr. Kwars plastinkasynyň görnüşine we ölçeglerine baglylykda yrgyldylaryň ýygylgy ýüzlerçe kGs ýa-da onlarça MGs bolup biler. Kwars plastinkanyň maýyşgak deformasiýalary adaty sagatlardaky maýatnikiň yrgyldylaryna meňzeşlikde, kwars generatorynyň ýygylgyň hemişeligini 10^{-10} – 10^{-11} -e ýetýän otnositel durnuklylyk bilen üpjün edýär. Bu bolsa, mysal üçin 1MGs ýygylgyň 10^{-4} – 10^{-5} Gs takyklyk bilen saklanýandygyny görkezýär. Kwars sagadyň kömegi bilen, edil şular ýaly takyklykda haýsy hem bolsa bir wagt aralygyny ölçäp

bolar. Şeýlelikde, kwars sagadynyň ýöreýşiniň (işleýşiniň) bir gije-gündiziň dowamynda (ýagny 10^5 sekuntda) üýtgemesi 10^{-5} –

$$\mu = \sqrt{\mu_{\delta}^2 + \mu_{\alpha}^2}.$$

Eger 69-njy çyzgyda hususy hereketiň μ kiçiligi sebäpli, ýyldyzyň gije-gündiz paralleliniň $\mu_{\alpha} \cdot \cos \delta$ dugasyny, ýyldyzyň ýapgytlyk aýlawynyň μ_{δ} dugasyny we ýyldyzyň hususy hereketiniň μ dugasyny göni çyzyklar diýip hasaplasak, ýokarky formulany alarys.

§84. Fotografik astrometriýa

Bütün Älemiň, ilki bilen hem Galaktikanyň gurluşyny we ösüşini öwrenmek üçin, onuň düzümine girýän obýektleriň mümkin bolan köp sanynyň ýerleşen ýagdaýlaryny (koordinatalaryny we uzaklyklaryny) we hereketlerini bilmek zerurdyr.

Astrometriýanyň wizual usullary has ýagty asman jisimleriniň koordinatalaryny, hususy hereketlerini we ýakyn asman jisimleriniň uzaklyklaryny kesgitlemäge mümkinçilik berýär (§59 seret). Gowşak we uzakda ýerleşen obýektler üçin bu maglumatlary almak XIX asyryň ortalaryna çenli mümkin bolmandyr. Fotografiýanyň astronomiýada peýdalanylmagy onuň hemme bölümlerinde diýen ýaly, şeýle-de astrometriýada hem fotografik usullaryň ösmegine getirendir.

Gözegçilikleriň fotografik usullarynyň astrometriýa üçin aşakdaky gymmatlyklary bardyr:

1) Wizual gözegçiliklerde alyp bolmaýan, has gowşak obýektleri öwrenmäge mümkinçilik berýär;

2) Bir astronegatiwde bir wagtda köp sanly ýyldyzlaryň (birnäçe müň sany) we beýleki asman obýektleriniň, şol sanda aýratyn gyzyklanma döredýän galaktikadan daşary dumanlyklaryň şekillerini almaga mümkinçilik berýär;

3) Fotografik plastinkada, kesgitli wagt pursatynda asmanyň belli çäklerinde asman obýektleriniň özara ýerleşişleri surata düşürilýär we ony geljekde barlaglar üçin ulanmak mümkindir.

Gözegçilikleriň fotografik usullary astrometriýada esasan hem

asman jisimleriniň otnositel koordinatalaryny, hususy hereketlerini we otnositel parallakslaryny kesgitlemek üçin ulanylýar.

Otnositel ekwatorial koordinatalary kesgitlemek üçin, asmanyň aýry-aýry bölekleri surata düşürilende alynan astronegatiwler biri-biriniň üstüni ýapýan hatarlar emele getirer ýaly, ýagny şol bir asman obýektiniň koordinatasyny iki plastinka (surat) boýunça kesgitläp bolar ýaly şert ýerine ýetirilmelidir. Ondan başga-da her plastinkada göni ýokary göterilişi we ýapgytlygy belli bolan, 10-15 sany daýanç ýyldyzyň şekili bolmalydyr. Has takyk abzallaryň kömegi bilen daýanç ýyldyzlaryň we kesgitlenýän obýektleriň özara uzaklyklaryny ölçäp, ilki bilen käbir erkin sistemada (adatça göniburçly) olaryň koordinatalary tapylýar, soňra bolsa α we δ koordinatalary belli bolan daýanç ýyldyzlaryň kömegi bilen obýektleriň sferik koordinatalary hasaplanýar.

Asman jisimleriniň hususy hereketini kesgitlemek üçin, asmanyň şol bir meýdançasynyň surata düşürilen wagt aralyklary 20-30 ýyldan golaý bolmadyk, azyndan iki astronegatiwiniň bolmagy zerurdyr. Ikinji plastinka alynanda, mümkin boldugyça birinji plastinka alynandaky şertleri saklamalydyr. Ýörite ölçeyji gurallar şol bir obýektiň iki plastinkada şekiliniň göniburçly koordinatalarynyň tapawudyny ölçemäge mümkinçilik berýär. Soňra daýanç ýyldyzlaryň hususy hereketleriniň kabul edilen sistemasynda öwrenilýän obýektiň hususy hereketi hasaplanýar.

Otnositel parallakslary kesgitlemek üçin, asmanyň şol bir meýdançasynyň, ýarym ýyl wagt tapawutlary bolan üç astronegatiwi gerekdir. Kesgitlenýän otnositel parallaks hakyky, absolýut parallaksdan kiçi bolýar, sebäbi ol ýakyndaky we uzakdaky ýyldyzyň parallakslarynyň tapawudydyr. Muňa garamazdan, parallakslary kesgitlemek diňe fotografik usul bilen ýerine ýetirilýär. Geçirilýän işler ýyldyzlaryň absolýut koordinatalarynyň üýtgemesini kesgitländen, olaryň özara ýerleşişleriniň üýtgemelerini ýeňil we has takyk ölçäp bolýandygyny görkezýär. Astrometrik maksatlar üçin fotosuratlar astrograf diýilýän teleskoplaryň kömegi bilen alynýar.

Hronometrler (göteriýän, göçürilýän sagat) esasan hem ekspedisiýalarda we deňizlerde ýüzünde ulanylýar (82-nji çyzgy). Hronometriň gurluşy jübi sagatlarynyň gurluşyna meňzeşdir. Jübi sagatlaryndan hronometrler uly ölçegleri we mehanizminiň uly takyklygy bilen tapawutlanýarlar. Hronometriň siferblatynyň ölçegleri 10sm töweregidir. Onuň sagat, minut we sekunt dilleri bardyr. Hronometriň mehanizmi onuň sekunt dili her ýarym sekuntan, birnäçe metr uzaklykdan eşidilýän urgy bilen böküp üýtgär ýaly gurnalandyr.

Hronometrleriň takyklygy maýatnikli sagatlaryň takyklygyndan pesdir, ýöne olaryň sagatlardan artykmaçlygy, işleýşini bozman bir ýerden başga ýere göçürip bolýanlygydyr. Onuň üçin hronometr kardanly asmada (özara perpendikulýar okly iki asma) gapyrjakda ýerleşdirilýär we gapyrjagyň islendik gyşarmalarynda htonometriň gorizental ýagdaýyny saklamagyny üpjün edýär.

Sagatlaryň we hronometrleriň hili ýöreyşiniň deňölçegliligi we onuň hemişeligi bilen häsiýetlendirilýär. Mysal üçin, Fedçenkowyň maýatnikli sagadynyň ýöreyşiniň gije-gündiziň dowamynda üýtgemesi $\pm 0^s,0003$ -den, Şortyň sagady üçin bolsa $\pm 0^s,001 \div 0^s,002$ -den uly däl. Gowy hronometriň ýöreyşiniň gije-gündiziň dowamynda üýtgetmesi adatça $\pm 0^s,3$ -den uly däl.

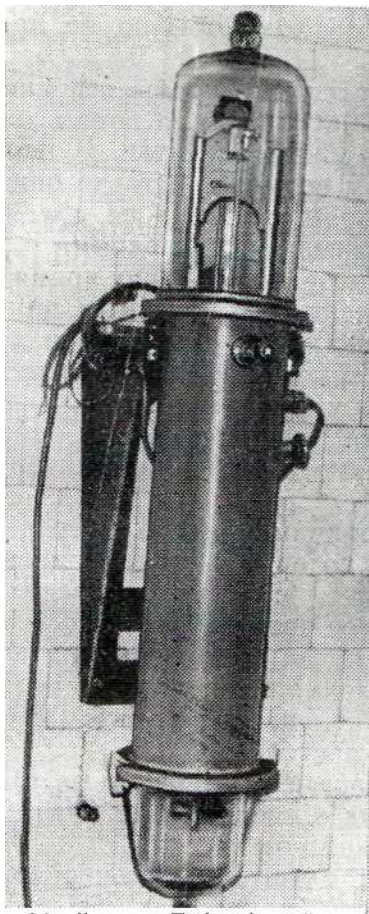
Sagatlar, ýa-da hronometrler siferblatlarynyň dilleri bir ýyldyz gije-gündiziniň dowamynda ýa-da orta gün gije-gündiziniň dowamynda takyk $24^h00^m00^s$ hasaplar ýaly sazlanýarlar. Birinji ýagdaýda sagat ýyldyz wagty boýunça ýörär we şonda olara ýyldyz sagatlary, ikinji ýagdaýda bolsa orta Gün wagty boýunça ýörärler we olara orta Gün sagatlary diýilýär.

Gözegçilikler döwründe wagt pursatlaryny has takyk bellemek üçin sagatlar we hronometrler bellige alýan guralyň elektrik zynjyrynda togy utgaşdyrýan ýa-da ýazdyrýan, ýörite kontaktly enjam bilen üpjün edilýär. Bu enjamlar ol ýa-da beýleki hadysalar gözegçilik edilende sagadyň ýa-da hronometriň görkezýän wagtyny has takyk bellemäge (enjamyň özi ýazýar, surata düşürýär) mümkinçilik berýär.

Radioteknikanyň we elektronikanyň ösmegi kesgitli şertlerde durnuklylygy maýatnikli sagatlaryň durnuklylygyndan ep-esli

temperaturasyny saklaýan (üýtgetmeýän) jaýda ýerleşdirilýär. Elektrik baglanyşygyň kömegi bilen erkin maýatnik adaty şertlerde ýerleşdirilen, sagat mehanizmi bilen baglanyşykda bolan, ikinji maýatnikiň yrgyldylaryny dolandyryýar.

Konstruktor Fedçenkonyň
maýatnikli sagady özara diňe
elektrik zynjyry bilen



81-nji çyzgy. Fedçenkonyň
maýatnikli sagady.

baglanyşykly bolan bir erkin maýatnikden we sagat mehanizminden ybaratdyr (81-nji çyzgy). Erkin maýatnik mis silindrde ýerzeminde ýa-da temperaturasyny saklaýan jaýda ýerleşdirilýär, sagat mehanizmi bolsa adaty şertlerde ýerleşdirilip bilinýär.



82-nji çyzgy. Hronometr.

§85. Astronomiýa kataloglary we ýyldyz kartalary

Gözegçililerden gös-göni alynan we refraksiýanyň täsiri düzedilen (§26 seret), ýagtyltgyjyň ekwatorial koordinatalaryna görünýän koordinatalary diýilýär. Eger görünýän koordinatalardan ýagtylygyň aberrasiýasynyň täsirini aýyrsak (§62 seret), onda hakyky koordinatalary alarys. Hakyky koordinatalardan nutasiýanyň täsirini (§65 seret) aýyrsak, onda gözegçilik edilýän pursat üçin ýagtyltgyjyň orta ekwatorial koordinatalaryny alarys. Eger presessiýanyň täsirini hasaba alsak, onda ýagtyltgyjyň orta ekwatorial koordinatasyny islendik wagt pursaty üçin hasaplap bolýar.

Ýyldyzlaryň orta ekwatorial koordinatalary haýsy-hem bolsa bir ýylyň başlangyjyna degişli edilýär, olaryň sanawy düzülýär we oňa ýyldyzlaryň ýerleşişiniň katalogy ýa-da ýyldyz katalogy diýilýär.

Ýyldyzlaryň orta koordinatalary degişli edilen ýylyň başyna katalogyň gije-gündiz deňleşmesi diýilýär. Ýyldyz kataloglary absolýut (absolýut gözegçiliklerden alynan) we otnositel (differensial usul boýunça alynan) görnüşlere bölünýärler. Absolýut we otnositel kataloglarda ekwatorial koordinatalardan başga-da, hökman her ýyldyzyň gözegçilikleriniň orta senesi (gözegçiligiň döwri) görkezilýär.

Dürli döwürlerde alynan absolýut we otnositel kataloglaryň esasynda ýyldyzlaryň ýerleşişleriniň fundamental kataloglary düzülýär. Bu kataloglarda ekwatorial koordinatalardan başga-da, her ýyldyz üçin hususy hereketi μ_α , μ_δ we ýyldyzyň başga häsiýetnamalary, şeýle hem presession ululyklary berilýär. Fundamental kataloglar astronomiýada fundamental hasaplaýyş sistemasydyr.

Ýyldyzlaryň ýerleşişleriniň takyk kataloglaryndan başga, ýyldyzlaryň takmynan koordinatalaryny özünde saklaýan, “Asmana syn” diýilýän kataloglar düzülýär. Bu kataloglaryň esasy maksady gözegçiliklerde we ýyldyzly asmanyň fotosuratlary öwrenilende katalogda getirilen ýyldyzlary tapmagy we tanamagy ýeňilleşdirmekdir. Bu kataloglar ýyldyz kartalary görnüşde hem

çap edilýär.

Taryhy maglumatlara görä, ilkinji ýyldyz kartasyny we katalogyny Gipparh döredipdir. Onuň katalogyny Ptolemeý özüniň “Almagest” kitabynyň üsti bilen bize ýetiripdir. Onda 850 ýyldyzyň asman sferasyndaky ýerleşen ýagdaýlary berilipdir. Ulugbeg köp ýyllaryň dowamynda asman jisimlerine eden gözegçilikleriniň esasynda 1019 ýyldyzyň katalogyny döredipdir. Onuň katalogynda ozal asla hasaba alynmadyk 700 ýyldyzyň koordinatalary berilipdir.

Has giňişleýin fundamental katalog 1937-nji ýylda çap edilen, düzüminde 33342 ýyldyzyň ýerleşişlerini we hususy hereketlerini saklaýan, Bossyň “Umumy katalogydyr” (gysgaça GC). 1532 ýyldyzyň has takyk koordinatalary we hususy hereketleri Astronomiýa jemgyýetiniň dördünji fundamental katalogynda (gysgaça FK-4) getirilýär. Astronomik ýyllyk neşirlerde getirilýän maglumatlaryň hemmesi şu katalogyň esasynda hasaplanylýar.

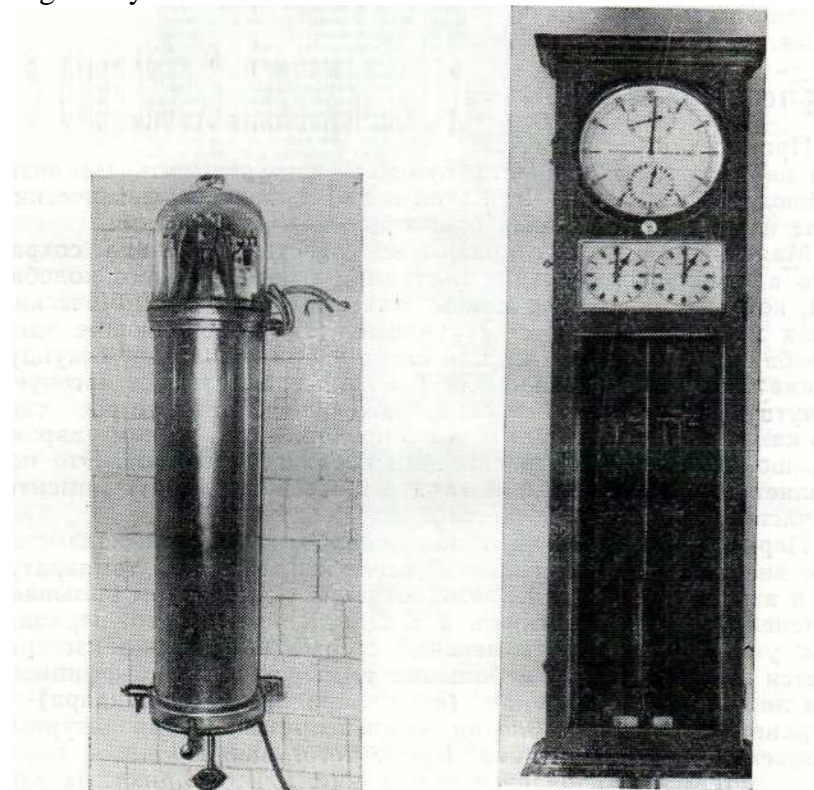
1859-1887-nji ýyllarda Argelanderiň ýolbaşçylygynda döredilen “Bonner Durchmuster”, ýagny Germaniýanyň “Bonndan ýyldyzlara syn” atly ýyldyz kartasy we katalogy (gysgaça BD), ýagtylanyjylygy 10-11 ýyldyz ululygyna ýetýän, demirgazyk polýusdan tä asman sferasynyň günorta ýarymynyň -23^0 ýapgytlygy arasynda ýerleşýän 324000 ýyldyzyň ýakynlaşan koordinatalaryny saklaýar. Kordowa syny (gysgaça CD ýa-da CoD) we Kap fotosurat syny (CPD) asmanyň günorta ýarymşary üçin BD dowamydyr.

Ýyldyzlaryň kataloglaryndan başga-da, beýleki asman jisimleriniň kataloglary hem bardyr. Mysal üçin, Messýe katalogy (1784-nji ýyl) 108 sany dumanlyklar we ýyldyz üýşmekleri barada maglumatlary özünde saklaýandyr. Häzirki wagtda giňden ulanylýan “Dumanlyklaryň we ýyldyz üýşmekleriniň täze umumy katalogy” Dreýer tarapyndan düzülendir we 1888-nji ýylda çap edilendir (gysgaça NGC). Bu katalog 7840 obýekt barada, onuň iki goşmaçasý bolsa (IC we ICII) 5386 obýekt barada maglumatlary saklaýandyr. Şeýle hem özünde ýyldyzlaryň parallaksalary, şöhle tizlikleri, ýyldyz ululyklary we spektral häsiýetnamalary barada maglumatlary saklaýan kataloglar bardyr.

jaýda ýerleşdirilýär ýa-da temperaturasynyň gije-gündizlik üýtgemesi $0^0,5$ -dan uly bolmadyk, çuňlugy 10-20 m bolan ýerzeminde ýerleşdirilýär.

Atmosfera basyşynyň üýtgemeleriniň, ýagny maýatnigiň ýerleşen gurşawynyň dykzlygynyň üýtgemeleriniň täsirini aýyrmak üçin, maýatnigi içinde hemişelik pes basyş (20 mm simap sütüni) saklanýan, jebis mis silindrde ýerleşdirýärler.

Şortyň sagady we Fedçenkonyň sagady has kämil maýatnikli sagatlardyr.



80-nji çyzgy. Şortyň sagady. Çepde-erkin maýatnik, sagda-ikinji maýatnik.

IIñlis inženeri Şortyň sagady (80-nji çyzgy) iki maýatnikden- bir biri bilen sinhronlaşdyrylan erkin we ikinji maýatniklerden ybaratdyr. Erkin maýatnigiň sagadyň mehanizmi bilen göni baglanyşygy ýokdur we ol jebis mis silindrde ýerzeminde ýa-da

awtomatiki usulda ýazylýan, wagt bellikler boýunça ýyldyzyň kulnasiýa wagty we şol pursatdaky zenit aralygy hasaplanylýar.

Ýyldyzyň ýapgytlygyny we göni ýokary göterilişini bilip, bu maglumatlar boýunça gözegçilik edilyän ýeriň geografik koordinatalaryny we takyk wagty kesgitleýärler.

§92. Astronomik sagatlar we hronometrler

Hemme astronomik gözegçiliklerde dürli takyklyk bilen hadysalara gözegçilik edilyän wagt pursatlaryny bellemek we ýazmak zerurdyr. Bu maksatlar üçin dürli görnüşli çylşyrymlykdaky gurluşlary bolan astronomik sagatlar we hronometrler ulanylýar.

Maýatnikli sagat, maýatnigiň ideal şertlerde öz yrgyldylarynyň maýatnigiň uzynlygyna bagly bolan, periodyny hemişelik saklama häsiýetine esaslanandyr. Astronomik sagatlarda sekuntlyk maýatnikleri, ýagny bir sekuntda bir yrgyldy (sagdan çepe, ýa-da çepden saga) amala aşyryan bolýarlar. Şular ýaly maýatnigiň uzynlygy 1 metr töweregidir. Sagadyň sagady, minudy we sekundy görkezýän dilleri bardyr. Sagadyň mehanizmi, maýatnigiň her yrgyldysy birnäçe metrden gowy eşidilýän, takyk urgy bilen bolup geçer ýaly gurulandyr. Bu bolsa sagada seretmezden, sekuntlary sanamaga we sagat boýunça, sekundyň ondan bir üleşleriniň takyklygynda, wagt pursatlaryny bellemäge mümkinçilik berýär.

Maýatnigiň yrgyldylarynyň periody daşky şertleriň, esasan hem temperaturanyň we atmosfera basyşynyň üýtgemelerine örän duýgurdyr. Temperaturanyň üýtgemesi maýatnigiň uzynlygynyň üýtgemesine getirýär, diýmek maýatnigiň yrgyldylarynyň periody hem üýtgar. Bu üýtgemeleri azaltmak üçin maýatnigiň sterženini, çyzykly giňelmesiniň temperatura baglylyk koeffisiýenti kiçi bolan materiallardan (inwardan ýa-da superinwardan) ýasalýar we maýatnigiň uzynlygynyň temperatura baglylykda üýtgemesiniň öwezini dolýan gurluşlar bilen üpjün edilýär.

Ondan başgada sagadyň maýatnigi temperaturasyny saklaýan

§86. Burç ölçenýän gurallar. Astronomik turba

Astronomik meseleleri çözmegiň esaslaryndan gözegçilikler wagtynda burçlary gorizonta we wertikal tekizliklerde ölçemek, wagt pursatlaryny bellemek zerurlygy gelip çykýar.

Burçlary ölçemek dürli çylşyrymlykly gurluşlary bolan, burç ölçenýän gurallaryň kömegi bilen ölçenýär. Häzirki zaman burç ölçenýän astronomik gurallar örän çylşyrymly, prezezion enjamlardyr. Bu ýerde burç ölçenýän gurallaryň köp dürli tehniki gurluşlaryny jikme-jik seretme zerurlygy ýokdur. Şonuň üçin, burç ölçenýän gurallaryň iň esaslarynyň gurluşyna we işleýşine gysgaça seredip geçiris.

Burç ölçenýän gurallaryň esasy bölekleri – takyk bölünen tegeleklerden we wiziriň wezipesini ýerine ýetirýän, astronomik turbadan ybaratdyr.

Astronomik turba tubusdan we onuň uçlarynda ýerleşdirilen iki goşa güberçek ýygnaýjy linzalardan ybaratdyr. Linzalaryň birine, obýekte gönükdirilenine obýektiv diýilýär. Linzalaryň beýlekisine, gözegçiniň gözüne gönükdirilenine bolsa okulýar diýilýär. Obýektiwiň we okulýaryň merkezlerini birleşdirýän gönä turbanyň optiki oky diýilýär.

Obýektiv asman ýagtyltgyçlarynyň şekilini almak üçin hyzmat edýär. Optikadan belli bolşy ýaly, güberçek linzalar uzakda ýerleşen jisimleriň hakyky, kiçeldilen we tersligine öwürülen şekilini berýärler. Şeýle hem asman ýagtyltgyçlarynyň örän uzakda ýerleşýändikleri sebäpli, olaryň şekilleri mydama obýektiwiň fokusyndan geçýän we onuň optiki okuna perpendikulýar bolan, obýektiwiň fokal tekizliginde ýerleşýärler. Astronomlar gysgalyk üçin ýagtyltgyjyň şekili obýektiwiň fokusynda alynýar diýýärler. Bu şekile okulýardan seredilýär we okulýar ulaldygy aýna (lupa) ýaly täsir edýär. Şekil ýiti bolar ýaly okulýaryň fokusy obýektiwiň fokusy bilen gabat gelmelidir.

Turbanyň ulaldyşy n obýektiwiň fokus aralygy F we okulýaryň fokus aralygy f boýunça hasaplanylýar:

$$n = \frac{F}{f} .$$

Astronomik turbada obýektiwleriň fokus aralyklary adatça birnäçe desimetrden iki metre çenli çäklerde, seýrek ýagdaýlarda bu ölçeglerden uly bolýar. Okulýaryň fokus aralygy bolsa 0,5 sm-den 5-6 sm-e çenli bolýar.

Burç ölçenýän gurallaryň uly astronomik turbalary mydama onuň ulaldyşyny 100-den 300-e çenli aralykda alyp bolar ýaly, dürli fokus aralyklary bolan, birnäçe okulýar bilen üpjün edilýär.

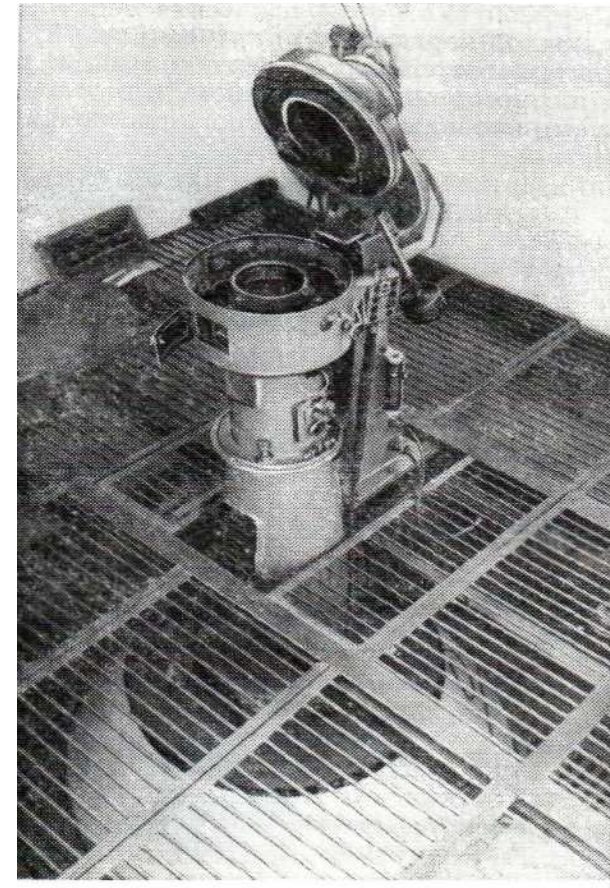
Burç ölçenýän gurallaryň astronomik turbalarynda hökman obýektiwiň fokal tekizliginde ýerleşdirilen sapajyklaryň atanagy bolmalydyr. Obýektiwiň merkezini sapajyklaryň kesişýän atanagynyň merkezi bilen birleşdirýän göni çyzyga wizir çyzygy diýilýär. Eger ýagtylgyjyň haýsy hem bolsa bir nokadynyň şekili sapajyklaryň atanagynda ýerleşse, onda wizir çyzygynyň ugry, ýagtylgyjyň şol nokadyndan gözegçä gelýän ýagtylyk şöhesiniň ugry bilen gabat gelýändir.

Giňişlikde ugry bellemekde ýerine ýetirilýän wajyp wezipesinden başgada, astronomik turba gözegçiniň gözüne düşýän ýagtylygyň mukdaryny köpeldýär we ýöne göz bilen görüp bolmaýan, gowşak ýyldyzlary görmäge mümkinçilik berýär. Hakykatdan-da, turbanyň obýektiwiniň diametri mydama görejiň diametrinden uludyr we gözegçi turba seredende onuň gözüne her ýagtylanýan nokatdan düşýän ýagtylyk turbasyz seredendäkiden köpdür.

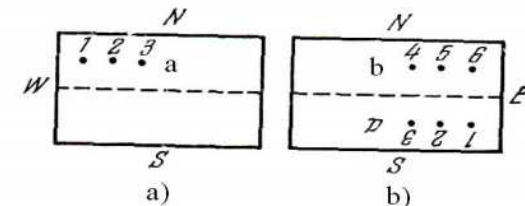
§87. Uniwersal gural

Ýeriň üstüniň islendik nokadynda ýagtylgyjyň gorizontal koordinatalaryny ölçemäge mümkinçilik berýän, burç ölçenýän gurallaryň iň esasalarynyň biri uniwersal guraldyr (70-nji çyzgy). Ol uly bolmadyk, özara perpendikulýar bolan iki sany – wertikal we gorizontal oklaryň daşynda öwürlip bilýän, astronomik turbadan ybaratdyr. Oklary matematiki gözýetimiň tekizligine we wertikal tekizlige sazlamak dereje boýunça we sazlaýjy wintleriň kömegi bilen ýerine ýetirilýär.

Turbanyň wertikal we gorizontal oklaryň daşynda öwürülen



78-nji çyzgy. Fotografik zenit turba.



79-njy çyzgy. Fotografik zenit turbanyň işleýişini düşündirýän çyzgy.

a we *b* nokatlaryň aralygyndaky we ýyldyzyň şekilleriniň aralygyndaky uzaklyklary ölçemeler we şu fotoplastinka

geografik giňligini we takyk ýerli wagty hasaplamaga mümkinçilik berýärler.

Geçirilýän gözegçilikleriň takyklygyny ýokarlandyrmak üçin astrolýabiýanyň ýörite prizmany (Wollastonyň prizmany) bardyr. Mikrometrik wintiň kömegi bilen bu prizmany süýşürüp, ýyldyzyň iki şekilini biri-birinden şol bir uzaklykda saklap bolýar. Mikrometriň barabanynyň kontaktlaryndan bellenen wagt pursaty ýyldyzyň h_0 almukantaraty geçme pursatyny takyk kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Dürli azimutlarda gözegçilikleri geçirmek üçin astrolýabiýa wertikal okuň daşynda aýlanýan bolup biler.

Fotografik zenit turba (FZT) hem gözegçilik edilýän ýeriň geografik giňligini we takyk wagty kesgitlemek üçin ulanylýar. Fotografik zenit turbanyň gurluşy we onda gözegçilikleriň geçirilişi öň seredilen gurallaryň gurluşyndan we olarda gözegçilikleriň geçirilişinden düýpgöter tapawutlydyr. Fotografik zenit turba optiki oky takyk wertikal ýerleşen, hereket etmeýän wertikal turbadan we obýektiwiň aşagynda, onuň fokus aralygynyň ýarysyndan uzagrakda ýerleşdirilen simap gözýetiminden ybaratdyr (78-nji çyzgy)

Zenide ýakyn ýerleşen ýyldyzlardan gelýän şöhleler obýektiwden geçip we simabyň üstünden serpigip, ýokaryk gidýärler we obýektiwden birazrak aşakda ýyldyzlaryň şekillerini döredýärler. Bu ýerde optiki oka perpendikulýar edip, sagat mehanizminiň kömegi bilen asman meridianynyň tekizligine perpendikulýar ugurda endigan süýşýän, fotoplastinka ýerleşdirilýär.

Fotografik zenit turbada gözegçilikler şu yzygiderlikde geçirilýär: saýlanan ýyldyzyň kulminasiýa pursatynyň öň ýanynda fotoplastinkanyň önüni açýarlar we ony sagat mehanizminiň kömegi bilen ýyldyzyň şekiliniň tizligi bilen hereketlendirip, kä wagt bolsa az wagtyk duruzyp, ýyldyzyň meridiany kesip geçmezinden öň birnäçe şekilini alýarlar (79-njy a çyzgy, 1,2,3 nokatlar). Kulminasiýa pursatynyň golaýynda obýektiwi fotoplastinka bilen bilelikde wertikal okuň daşynda 180^0 -a öwürýärler we ýyldyz meridiandan geçenden soň ýyldyzyň birnäçe şekili alynýar (79-njy b çyzgy, 4,5,6 nokatlar).

burçy iki tegelek, ýagny wertikal we gorizontallimber boýunça hasaplanýar. Wertikal tegelek gorizontallimber oka oturdylan we wertikal tekizlikde burçlary hasaplamak üçin hyzmat edýär. Gorizontallimber tegelek bolsa wertikal oka oturdylan we gorizontallimber tekizlikde burçlary hasaplamak üçin hyzmat edýär.

Tegelekler (aýlawlar) çyzyklar çyzylyp graduslara, her gradus bolsa 2,3,6 ýa-da 12 bölege, ýagny her iki goňşy çyzyklaryň aralygy degişlilikde $30'$, $20'$, $10'$ ýa-da $5'$ deň bolan bölekler bölünýär. Adatça 10 graduslyk, kähalatarda bolsa 5 graduslyk çyzyklar sifrler bilen bellýär.

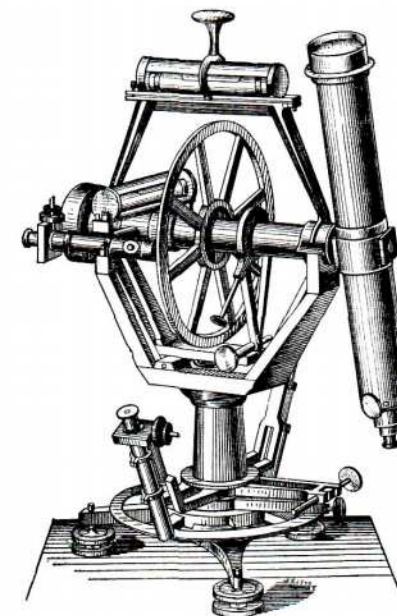
Her limbiň görkezýän burç ululygy, limbiň bitin böleklerini sanamak üçin niýetlenen we nol çyzygy çyzylan, konsentrik tegelegiň ýa-da tegelegiň böleginiň kömegi bilen hasaplanýlar.

Limbiň bitin

bölekleriniň ülüşlerini hasaplamak üçin, burçlary $30''$, $20''$, $10''$ ýa-da $5''$ takyklyk bilen ölçemäge mümkinçilik berýän, wernýer ýa-da nonius ulanylýar.

Tegelekleriň çyzyklar bilen bölünen bölekleriniň örän ownuk bolanlygy sebäpli, hemme burç hasaplamalarynda görkezmeleri takyk almak üçin lupa ýa-da mikroskop peýdalanylýar.

Eger limbiň merkezi aýlanma okunyň merkezi bilen gabat gelmese, onda wernýeriň biri boýunça hasaplamalar ýalňyş bolar. Hasaplamalardaky bu ýalňyşlyga eksentrisitetiň ýalňyşy diýilýär. Bu ýalňyşlygy aýyrmak üçin limbiň görkezmeleri tegelegiň diametral garşylykly iki nokadynda alynýar we olaryň orta arifmetik bahasy alynýar. Şol sebäpli hemme burç ölçýän



70-nji çyzgy. Uniwersal gural.

gurallaryň her limbi iki sany wernýer bilen enjamlaşdyrylýar.

Ideal guralda wertikal we gorizontalklar özara perpendikulýar bolmaly, wizir çyzygy gorizontalka perpendikulýar, aýlanma oklarynyň merkezleri bolsa bölünen tegelekleriň takyk merkezlerinden geçmelidir. Ýöne ideal gural bolmaýar. Şonuň üçin, amaly astronomiýanyň wajyp meseleleriniň biri gurallaryň mümkin bolan ýalňyşlyklaryny öwrenip, olaryň ölçenilýän ululyga täsirini hasaba almak ýa-da gözegçiliklerden alynýan netijelerden aýyryan usullary işläp düzmekdir. Mundan beýläk gurallar ýalňyşlyk girizmeýär, ýalňyşsyz işleýär ýa-da ýalňyşlyklar hasaba alynan diýip kabul edýäris.

Uniwersal gurallar uly bolmadyk ölçeglerde ýasalýarlar. Bölünen tegelekleriň diametrleri 10-dan 30 sm aralykda, turbanyň fokus aralygy bolsa 10-dan 50 sm aralygynda bolýar.

Eger uniwersal guralyň wertikal tegelegi gorizontalka tegelege garanyňda has takyk bölünen bolsa, onda olar ýaly gurala wertikal tegelek diýilýär. Eger gorizontalka tegelek wertikaldan takyk bolsa, onda oňa teodolit diýilýär. Teodolit esasan hem geodezik işlerde gorizontalka burçlary ölçemekde ulanylýar.

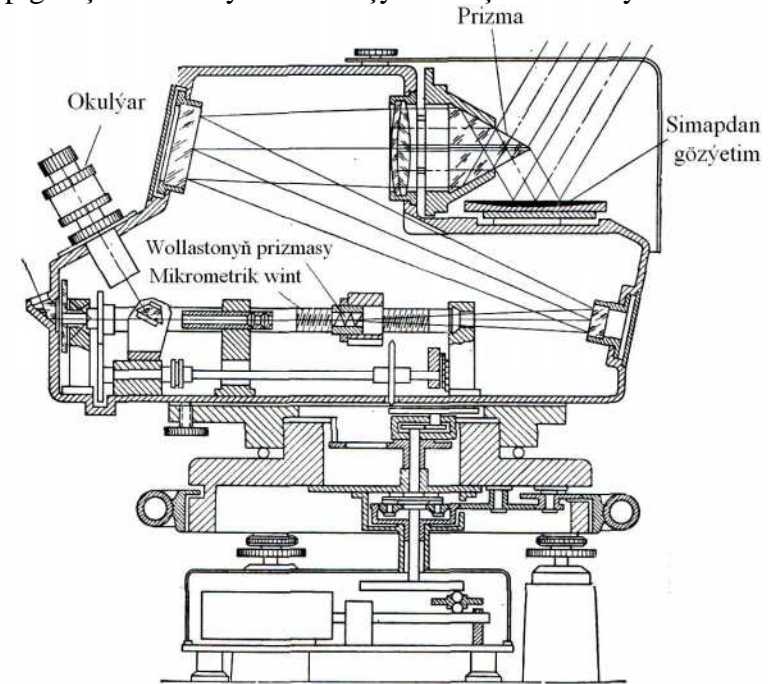
Uniwersal gural göçme, meýdan ýagdaýlarynda esasan hem gözegçilik geçirilýän ýeriň geografik koordinatalaryny (λ we φ) we ýerdäki jisimleriň azimutlaryny kesgitlemek üçin ulanylýar.

Eger uniwersal gural ýalňyşsyz bolsa we derejeleriň kömegi bilen gorizontalka oky takyk matematiki gözýetimiň tekizliginde ýerleşdirilen bolsa, onda turbany bu okuň daşynda aýlanymyza turbanyň wizir çyzygy wertikal tekizlikde öwürüler.

Turba zenite ugrukdyrylanda wertikal tegelekden hasaplanan ululygyny Z_0 bilen belläliň. Bu hasaplama tegelegiň nol ýeri ýa-da zenitiň ýeri diýilýär. Zenitiň ýerini kesgitlemek üçin wertikal tegelek sagyndaka TS (ýa-da çepindekä $TÇ$) turbany gözýetimden käbir beýiklikde ýerleşen, hereketsiz, uzakdaky jisime ugrukdyrmaly. Wertikal tegelegiň görkezmesini belläp, turbany wertikal okuň daşynda 180° -a öwürmeli, soňra gorizontalka okuň daşynda öwürip, ýene-de şol öňki jisime ugrukdyrmaly, wertikal tegelegiň $TÇ$ (ýa-da TS) görkezmesini bellemeli.

Görkezmeleriň tapawudy $TS-TÇ$ (ýa-da $TÇ-TS$, haýsy ugurda

ýagtylyk deňtaraply üçburçly prizmanyň ýokarky gapdalyna (granyna) we tekiz gapdaky simabyň üstüne (“simapdan gözýetim”) düşýär. Prizmanyň ýokarky granyndan geçip we onuň aşaky granyndan serpigen, ýyldyza gelýän ýagtylyk şöhleleri obýektiwe düşýärler, ondan geçip we iki zerkalodan serpigip, obýektiwiň fokal tekizliginde, ýyldyzyň gözýetimden beýikligi ulalanda, ýokarlygyna hereket edýän ýyldyzyň şekilini berýärler. Tekiz gapdaky simabyň üstünden serpigen şöhleler prizmanyň aşaky granyna düşýär, ondan geçip prizmanyň ýokarky granyndan serpigen şöhleler obýektiwe düşýär. Bu şöhleler obýektiwiň fokal



77-nji çyzgy. Prizmalı astrolýabiýa.

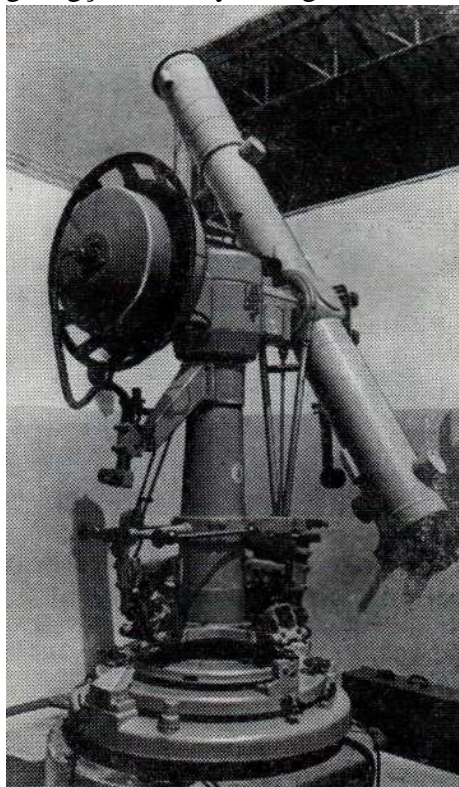
tekizliginde ýyldyzyň beýikligi ulalanda aşaklygyna hereket edýän ýyldyzyň ikinji şekilini berýär. Prizmalı astrolýabiýada geçirilýän gözegçilikler şu iki şekiliň biri-birine gabat gelen wagt pursatyny bellemekden ybaratdyr. Şekilleriň gabat gelmesi bolsa ýyldyz h_0 almukantarata ýetende bolup geçer. Bellenilen wagt pursaty we ululygy belli bolan h_0 beýiklik gözegçilik edilýän ýeriň

Turbany ýyldyza ugrukdyrmak üçin fotoelektrik passaž guraly goşmaça turba-gözleýji bilen üpjün edilýär.

Fotoelektrik gözegçilikleriň wizual gözegçiliklerden düýpli artykmaçlygy bardyr, sebäbi bu gözegçilikler gözegçiniň girizýän ýalňyşlyklaryndan azatdyr.

§91. Zenit teleskop, prizmaly astrolýabiýa, fotografik zenit turba

Häzirki zaman observatoriýalarynda, geçen paragraflarda ýazgylary getirilen esasy gurallardan başgada, käbir gözegçiliklerde ýörite gurallar hem ulanylýar. Mysal üçin, zenit-teleskop (76-njy çyzgy) zenidiň golaýynda ýyldyzlaryň uly bolmadyk zenit aralyklaryny takyk ölçemek üçin ulanylýar. Zenit-teleskopda yzygiderli gözegçilikler esasan hem gözegçilik edilýän ýeriň takyk geografik giňligini kesgitlemek üçin geçirilýär. Bu maglumatlar boýunça Ýeriň polýuslarynyň hereketi öwrenilýär (§74 seret).



76-njy çyzgy. Zenit-teleskop.

Prizmaly astrolýabiýa ýyldyzlara diňe käbir hemişelik h_0 beýikliklerde, adatça 60° -a ýakyn beýikliklerde gözegçilik etmek üçin niýetlenendir. Prizmaly astrolýabiýanyň gurluşynyň çyzgysy 77-nji çyzgyda getirilen. Ýyldyzlardan gelýän

tegelegiň belgilenine baglylykda) jisimiň ikeldilen zenit aralygyna (71-nji çyzgy), ýagny $2z$ deňdir. Onda:

$$z = \pm \left(\frac{TS - TC}{2} \right), \quad (5.16)$$

tegelekde zenitiň ýeri

$$Z_0 = \left(\frac{TS - TC}{2} \right). \quad (5.17)$$

Bu iki formuladan alarys:

$$z = \pm (Z_0 - T\check{C}) \quad (5.18)$$

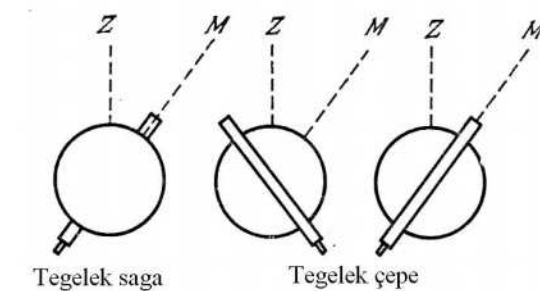
$$\text{ýa-da} \quad z = \pm (TS - Z_0) \quad (5.19)$$

Zenit aralyklary üznüksiz üýtgeýän ýagtyltgyçlara gözegçilik edilende, (5.16) formulany ulanyp bolmaýar, sebäbi TS we $T\check{C}$ hasaplamalar dürli wagt pursatlarynda alynýar. Ýagtyltgyçlaryň zenit aralyklary (5.18) ýa-da (5.19) formulalar boýunça diňe Z_0 öňünden ýerdäki jisim boýunça kesgitlenen bolsa hasaplanylýar.

Wertikal tegelegi okunyň daşynda aýlap, Z_0 nula ýakyn bolar ýaly ýagdaýyny tapyp bolýar. Soňra islendik jisimiň zenit aralygyny ölçesek, onda onuň ululygy wertikal tegelegiň görkezýän burç ululygyna deň bolar. Ýöne bu ölçegleri $1''$ -a çenli takyklyk bilen geçirip bolýan däl. Has ýokary takyklyk bilen geçirilýän ölçeglerde ýokarda beýan edilen, ölçeglerden öň zenit ýeriniň Z_0 takyk kesgitlemek usuly ulanylýar.

Turbany haýsy hem bolsa bir jisime ugrukdyranymyzda gorizontal tegelegiň görkezmesi jisimiň beýiklik aýlawynyň

ýerleşen ýagdaýyna deň bolar. Turbany ikinji jisime ugrukdyryp we gorizontal tegelegiň görkezmesini hasaplap, ikinji jisimiň beýiklik aýlawynyň ýerleşiş ýagdaýyny alarys. Şol sebäpli, gorizontal tegelegiň



71-nji çyzgy Zenitiň ýerini kesgitlemek.

iki görkezmeleriniň tapawudy, bu iki jisimiň azimutlarynyň

tapawudyna deň bolar. Islendik jisimiň azimutyny kesgitlemek üçin turba asman meridianynyň tekizliginde ýerleşende gorizonta tegelegiň görkezmesini bilmek hökmanydyr.

§88. Sekstant

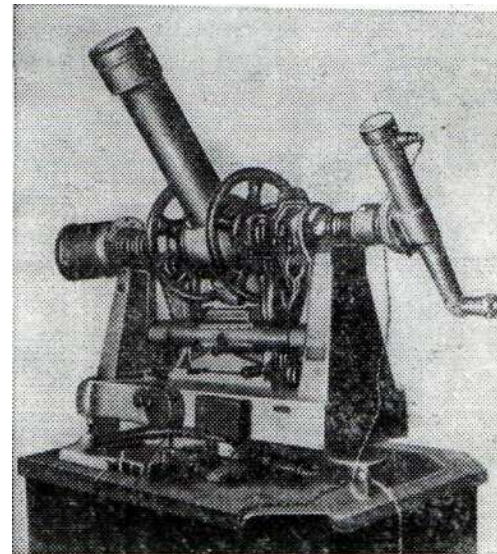
Gözegçilikler deňizde (gämide) ýa-da howada (uçarda) geçirilende göterilýän burç ölçenýän gural-sekstant ulanylýar. Ony berk ornaşdyрма (gaty üstde goýmak) zerurlygy ýokdur, ölçegler geçirilende guraly gözegçi elinde saklaýar. Bu guralyň düýpli tapawudy, aralaryndaky burç ölçenýän jisimleri wizirlemek (nyşana almak) aýry-aýrylykda däl-de bir wagtyň özünde amala aşyrylýar, ýagny gözegçilik edilýän nokatlaryň ikisiniň hem şekilleri turbanyň görüş meýdanynyň çäklerinde gabat getirilýär.

Sekstant (72-nji çyzgy) şu böleklerden, ýagny 60^0 -dan ulurak töweregiň böleginden ybarat bolan LL' limbli metallik ramadan; limbiň merkezinden geçýän we oňa perpendikulýar bolan okuň daşynda aýlanyp bilýän a alidadadan; alidada limbiň tekizligine perpendikulýar berkidilen we onuň bilen hereket edýän A zerkalodan; rama berkidilen T görüş turbadan; T turbanyň optiki okunyň dowamynda rama, limbiň tekizligine perpendikulýar berkidilen, hereketsiz B zerkalodan ybaratdyr. Hereketsiz B zerkalonyň beýikliginiň ýarysyndan aşagy serpikdiriji zerkalo, ýokaryky ýarysy bolsa durudyr. B zerkalo we T turba, hereketli A zerkalonyň merkezinden gelýän ýagtylyk B zerkalodan serpigip, turbanyň oky boýunça gider ýaly edip ugrukdyrylandyrlar.

Iki obýektiň aralygyndaky burçy sekstantyň kömegi bilen ölçemegiň esaslary aşakdakylardan ybaratdyr (73-nji çyzgy). M_1 obýektiden gelýän şöhle A we B zerkalolardan serpigip, BT ugur boýunça gözegçiniň gözüne düşýär. Bu ugur M_1 şöhläniň ilkibaşdaky ugry bilen θ burç emele getirýär. M_2 obýektiden gelýän şöhle B zerkalonyň dury bölegilinden geçip, gözegçiniň gözüne şol BT ugur boýunça düşer.

Diýmek, M_1 we M_2 şöhläleriň aralygyndaky burç hem θ burça deňdir. Bu burç A we B zerkalolaryň aralygyndaky ω burçdan iki

ujuny gündogar daýanja, gündogar daýançada duran ujuny bolsa günbatar daýanja geçirip bolýanlygydyr. Bular ýaly öwürme guralyň ýalňyşlygyny aýyrmak üçin zerurdyr.



75-nji çyzgy. Fotoelektrik passaž guraly.

Meridianda goýulan, göterilýän passaž guraly esasan hem ýyldyzlar boýunça takyk wagty kesgitlemek üçin ulanylýar. Gözegçilikler döwründe ýyldyzyň takyk meridianda ýerleşen, turbanyň merkezi sapagyny kesip geçme pursatyny bellemek bilen çäklenmän, ondan öň we soň ýerleşen sapajyklary kesme pursatlary hem bellenilýär. Soňra gapdaldaky sapajyklaryň merkezi sapajykdan belli bolan uzaklyklary

boýunça, bellenen wagt pursatlarynyň hemmesi ýyldyzyň merkezi sapajygy kesip geçme pursatyna getirilýär. Alynan wagt pursatlarynyň ululyklarynyň orta arifmetiki bahasy hasaplanýar we şeýlelikde ýyldyzyň kulminasiýa pursatynyň has takyk bahasy kesgitleňýär.

Fotoelektrik passaž guralynda obýektiwiň fokal tekizliginde sapajyklaryň torunyň ýerine parallel dury ýşlaryň hatary bolan, dury däl plastina görnüşli wizir gözenegi goýulýar. Wizir gözenegi ýyldyzyň şekili görüş meýdanýnda onuň ýşlaryna perpendikulýar ugurda hereket eder ýaly ýerleşdirilýär, ýşlaryň arka ýüzünde bolsa fotoköpeldiji ýerleşdirilýär (§105 seret). Ýyldyz hereket edende ondan gelýän ýagtylyk ýşlardan yzygiderlikde geçip, fotoköpeldijä düşýär. Ýagtylygyň täsiri netijesinde fotoköpeldijiniň anod zynjyrynda fototok ýüze çykýar. Onuň ýüze çykma pursatlary ýörite enjamlaryň kömegi bilen hasaba alynýar.

Meridian tegelegiň turbasynyň diňe asman meridianynyň tekizligi boýunça aýlanyp bilýänligi sebäpli, islendik ýagtyltgyja asman meridianyny kesip geçme-kulminasiýa pursatynyň golaýynda gözegçilik etmek mümkindir. Şonda sapajyklaryň atanagy turbanyň fokal tekizliginde, ýyldyzyň şekili gorizont sapajyk boýunça hereket eder ýaly, sazlanyp goýulýandyr. Tegelegiň görkezijisiniň hasaplamasy ýagtyltgyjyň δ ýapgytlygyny ýa-da ýagtyltgyjyň ýapgytlygyny hasaplamaga mümkinçilik berýän, kulminasiýa pursatyndaky z zenit aralygyny berer.

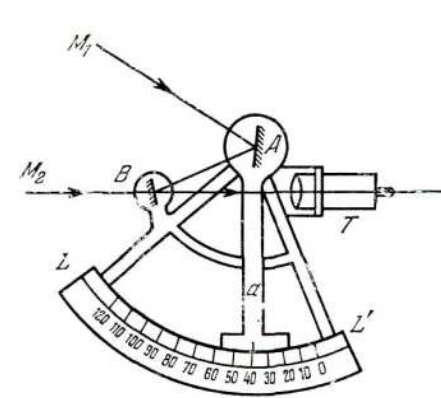
Ýagtyltgyjyň göni ýokary göterilişini hasaplamak üçin, gözegçi ýagtyltgyjyň atanagyň wertikal sapajygyny kesip geçme-kulminasiýa pursatyny sagat boýunça bellemeli. Sebäbi wertikal sapajyk takyk asman meridianynyň tekizliginde ýerleşen bolmalydyr. Bu wagat pursaty boýunça soňra ýagtyltgyjyň göni ýokary göterilişi hasaplanylýar (§82 seret).

§90. Passaž guraly

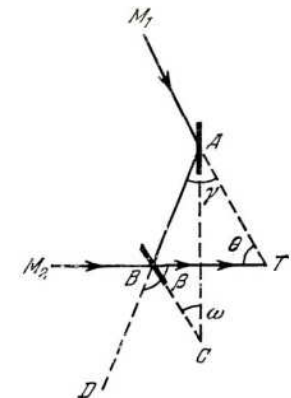
Stasionar passaž guralynyň gurluşy edil meridian tegeleginiň gurluşyna meňzeşdir, ýöne çyzyklar bilen takyk bölünen tegelegiň ýerine gorizont oka, turbany gözyetimden gerekli bolan beýiklige takmynan ugrukdyrmak üçin niýetlenen, uly bolmadyk tegelek-gözleýji oturdylandyr. Bu gural diňe ýagtyltgyçlaryň asman meridianyndan geçme pursatlaryna gözegçilik etmek üçin peýdalanylýar. Soňra bu maglumatlar boýunça ýagtyltgyçlaryň göni ýokary göterilişleri hasaplanylýar.

Ýagtyltgyçlaryň asman meridianyndan geçme pursatlaryna gözegçiliklerden alynýan takyk wagty kesgitlemek üçin uly bolmadyk göterilýän passaž guraly ulanylýar (75-nji çyzgy). Ölçeglerinden başgada onuň gurluşynda stasionar passaž guralyndan käbir tapawutlyklary bardyr. Olaryň iň esasysy, ýörite gurluşyň kömegi bilen, şol bir ýagtyltgyja gözegçilik edilýän wagty, çalt we ýeňillik bilen gorizont oky turba bilen bilelikde öwürip bolýanlygydyr, ýagny okuň günbatar daýançada duran

esse uludyr, sebäbi



72-nji çyzgy. Sekstantyň çyzgysy.



73-nji çyzgy. Sekstantda şöhleleriň yollary.

$$\theta = \beta - \gamma = 2\left(\frac{\beta}{2} - \frac{\gamma}{2}\right) = 2\omega.$$

Şeýlelikde, haçanda iki obýektiň şekilleri turbanyň görüş meýdanynyň çäklerinde gabat gelenlerinde, şol obýektleriň arasyndaky θ burç, sekstantyň limbi boýunça hasaplap bolýan, zerkalalaryň arasyndaky ω burçuň ikeldilen ululygyna deňdir. Ýöne her sapar bu burçuň ululygyny ikä köpeldip durmaz ýaly, limbiň çyzyklary ω burçuň ikeldilen ululygyny, ýagny obýektleriň arasyndaky ölçenilýän θ burçy görkezere ýaly sanlar bilen bellenendir. Töweregiň 60°-lyk dugasynda biri-birinden 1° tapawutlanýan goňşy çyzyklar 0°, 2°, 4°, 6° we ş. m. sanlar bilen 120°-a çenli belgilenendir.

Gäminiň üstünden ýagtyltgyjyň beýikligi ölçenilende, gözegçi görüňän gözyetimiň çyzygyny, hereketsiz B zerkalonyň dury böleginden geçenden soň, turbanyň görüş meýdanynyň çäginin ortasynda görüner ýaly edip sekstanty saklamaly. A zerkalo berkidilen a alidadany ilki bilen görüş meýdanynyň çäklerinde ýagtyltgyjyň şekili düşer ýary, soňra ýagtyltgyjyň şekili gözyetimiň çyzygy bilen gabat geler ýaly öwürmeli. Şol pursat sagat boýunça wagty bellemeli we limbiň görkezmesini hasaplamaly. Netijede, ýagtyltgyjyň görüňän gözyetimden

beýikligi alynýar. Ýagtyltgyjyň hakyky, matematiki gözýetime görä beýikligini almak üçin, gözýetimiň pese düşmesi diýilýäni hasaba almak zerurdyr.

Awiasiýa sekstantynda gözýetimiň ýerine, guralyň içinde ýerleşdirilen, dereje ulanylýar. Gözegçiliklerde ýagtyltgyjyň şekili derejäniň (köpürjiginiň) düwmejiginiň şekili bilen gabat getirilýär.

Sekstant bilen geçirilýän gözegçilikleriň takyklygy uniwersal guralyňkydan pesdir, ýöne amaly maksatlar üçin ýeterlik takyklykda, ýeňil we çalt geografik koordinatalary kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Kosmos gämilerinde ugur kesgitlemek üçin ýörite gurluşy bolan sekstantlar ulanylýar.

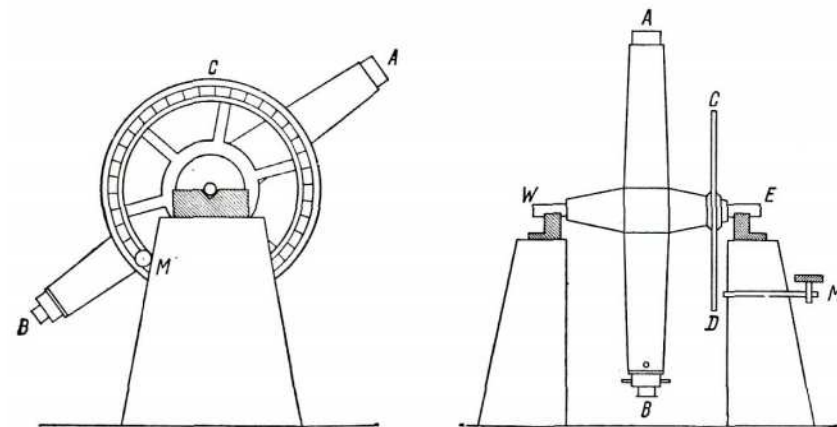
§89. Meridian tegelek

Meridian tegelek (74-nji çyzgy), diňe gorizontal EW okuň daşyndan aýlanyp bilýän, AB astronomik turbadan ybaratdyr. Gorizontal EW ok kerpiçden ýa-da daşdan örülen sütünlerde, ýörite gönüburçly ýarçyk görnüşli ýasalan orunlarda ýerleşendir. Meridian tegelegiň gorizontal oky takyk gündogardan günbatara ugrukdyrylan bolmalydyr. Şonda turba takyk asman meridianynyň tekizliginde ýerleşer we aýlanar.

Gorizontal EW oka, AB turba bilen bilelikde aýlanar ýaly, CD tegelek (ýa-da iki sany tegelek) berk oturdylan. Tegelekde ýokary takyklyk bilen her $2'$ -dan ýa-da $4'$ -dan çyzyklar çyzylan. Tegelegiň görkezmesini hasaplamak sütünde berkidilen, hereket etmeýän M görkeziji boýunça alynýar. Tegelegiň görkezmesini hasaplamagyň takyklygyny ýokarlandyrmak üçin, hereket etmeýän M görkezijiň ýanynda göýulan ölçeyji enjam – mikrometri bolan mikroskop ulanylýar.

Mikroskop-mikrometr görkezijiniň tegeleginiň iň ýakyn çyzyjagyna çenli aralygy $0'',1$ -e çenli takyklyk bilen ölçemäge mümkinçilik berýär. Has takyk ölçeglerde mikroskop-mikrometrleriň 2 ýa-da 4-si ulanylýar we olar tegelegiň diametral garşylykly nokatlarynda ýerleşdirilýär. Meridian tegelegiň turbasy

zenite ugrukdyrylanda, görkezijileriň biri tegelegiň nolunjy çyzygynyň garşy gabadynda bolmagy zerurdyr. Onda bu görkeziji boýunça hasaplama, turba islendik ýagtyltgyja ugrukdyrylanda, tegelegiň çyzyklarynyň haýsy ugur boýunça sanlar bilen bellenenligine baglylykda, gös-göni bu ýagtyltgyjyň zenit aralygyny ýa-da 360^0 -a çenli zenit aralygyna goşmaçany berer.



74-nji çyzgy. Meridian tegelek.

Eger görkezijiniň garşy gabadynda meridian tegelegiň nolunjy çyzygy duran ýagdaýynda, turba hem asman ekwatorynyň ýokarky nokadyna ugrukdyrylan bolsa, onda turba ýagtyltgyja ugrukdyrylanda görkeziji boýunça hasaplanan ululyk, gös-göni ýagtyltgyjyň ýapgytlygyny ýa-da 360^0 -a çenli goşmaçany berer.

Tegelegiň we görkezijiniň ýerleşişleriniň birinji we ikinji ýagdaýlary tegelegi gorizontal okuň daşynda öwürmek arkaly alynýar. Eger haýsy bir sebäplere görä ýokarky şerti ýerine ýetirip bolmasa, onda ýörite gözegçiliklerden tegelekde zenitiň ýeri Z_0 ýa-da ekwatoryň ýeri Q_0 kesgitlenilýär.

Meridian tegelekleriň ölçegleri dürlidir. Çyzyjaklar bilen böleklere bölünip, bellik edilen tegelekleriň diametrleri 0.5-den 1 metre çenli, turbanyň uzynkygy 1.5-den 3 metre çenli, turbanyň obýektiwiniň diametri bolsa 10-dan 20 santimetre çenli bolup bilýär. Meridian tegelek esasan hem ýagtyltgyçlaryň ekwatorial koordinatalaryny (α we δ) kesgitlemek üçin ulanylýar.

Ýönekeý ýagdaýda, gözegçi magnit meýdanynyň güýç çyzyklarynyň ugruna seredende, spektral çyzykikä bölünýär, keseligine seredende bolsa üçe bölünýär. Bu çyzyklaryň her birinde şöhlenenme özboluşly polýarlanandyr. Bu hadysa *Zeyeman effekti* diýilýär. Düzüjilere bölünen spektral çyzyklaryň arasyndaky uzaklyk magnit meýdanynyň güýjenmesine proporsionaldyr. Bu bolsa spektroskopik gözegçilikleriň esasynda kosmos magnit meýdanlaryny ölçemeklige mümkinçilik berýär. 89-njy çyzygyda Gün meneginiň spektri getirilen. Spektrografyň yşynyň ýagdaýy sagdaky çyzygyda gara çyzyk bilen görkezilen. Çepdäki çyzygyda wertikal zolak, menegiň magnit meýdanynyň täsiri netijesinde merkezi böleginde giňelýän, Günüň siňdirme çyzygydyr. Çyzygydan güýjenmesi 1000 ersted töweregi bolan güýçli magnit meýdanynyň bardygy görünýär.

§99. Spektral çyzyklaryň Dopler hadysasyna görä süýşmesi

Eger şöhlenendirýän jisim bilen gözegçiniň aralygy üýtgeýän bolsa, onda olaryň otnositel hereketiniň tizliginiň görüş şöhlesiniň ugry boýunça, şöhle tizligi diýilýän düzüjisi bardyr. Çyzykly spektrler boýunça şöhle tizlikleri *Dopleriň hadysasynyň* esasynda ölçenilip biliner. Şöhlenenme çeşmesiniň uzaklygyna garamazdan, spektral çyzyklaryň süýşmesiniň ululygynyň şöhle tizligine proporsional bolmagyna Dopler hadysasy diýilýär. Şunlukda, eger aralyk ulalýan bolsa (şöhle tizligi položitel), çyzyklaryň süýşmesi gyzyly tarapa bolýar, tersligine, aralyk kiçelýän bolsa (şöhle tizligi otrisatel), spektrleriň süýşmesi gök tarapa bolýar.

Bu hadysany şu ýönekeý pikir ýöretmeleriň esasynda düşündirmek bolýar. Obýektiden ýagtylyk şöhlesini kabul edýän gözegçini göz önüne getireliň. Bu şöhle öňbaşdak, aýry üznüksiz elektromagnit yrgyldylary bolsun. Goý, 1 sekundyň dowamynda çeşme her biriniň tolkun uzynlygy λ bolan ν tolkun şöhlelendirsin. Bu ýerde ν ýygylýk bolany üçin, $\nu = c/\lambda$. Çeşmä görä hereket etmeýän gözegçi şol bir sekundyň dowamynda şonça, ýagny ν tolkunly kabul eder. Indi, goý gözegçi ýa-da çeşme v_r otnositel

(oranžewyý) (5850-6200 Å) we gyzyly (6200-7600 Å) reňkleri ýerleşýändirler. Görkezilen çäkler şertlidir we hakykatda reňkler bir-birine endigan geçýändir.

2-nji tablisa
Astrofizikada öwrenilýän elektromagnit tolkunlary

Tolkunlaryň görnüşi	Tolkun uzynlyklary	Ýeriň atmosferasyn dan geçişi	Barlaglaryň usullary	Kabul edijiler
Gamma şöhleleri	$<0,1\text{Å}$	Howanyň N,O,N ₂ , O ₂ ,O ₃ we beýleki molekulalary tarapyndan güýçli siňdirilmesi	Esasan atmosfera dan daşary (kosmos raketalary, emeli hemralar)	Fotonlaryň hasapçylary, ionizasiýa kemeralary, fotoemulsiýa lýuminofor.
Rentgen şöhleleri	$0,1\text{Å}-100\text{Å}$	Howanyň N,O,N ₂ , O ₂ ,O ₃ we beýleki molekulalary tarapyndan güýçli siňdirilmesi	Esasan atmosfera dan daşary (kosmos raketalary, emeli hemralar)	Fotonlaryň hasapçylary, ionizasiýa kemeralary, fotoemulsiýa lýuminofor
Uzak ultramelewşe şöhleleri	$100\text{Å} - 3100\text{Å}$	Howanyň molekulalary tarapyndan siňdirilmesi	Atmosfera dan daşary	Fotoelektron köpeldijiler, fotoemulsiýa .
Ýakyn ultramelewşe şöhleleri	$3100\text{Å}-3900\text{Å}$	Gowşak siňdirilme	Ýeriň üstünden	
Göze görünýän şöhleler	$3900\text{Å}-7600\text{Å}$	Gowşak siňdirilme	Ýeriň üstünden	Göz, fotoemulsiýa fotokatodlar

Infragyzył şöhleler	0,76mk-15mk	Siňdirmäniň ýygy zolaklary H ₂ O, CO ₂ we başgalar	Ýeriň üstünden bölekleyin	Bolometrler, termoparalar fotogarşylyklar, ýörite fotokatodlar we fotoemulsiýalar.
	15mk-1mm	Güýçli molukulýar siňdirme	Aerostatlardan	
Radiotolkunlar	1mm-den uzyn	1mm, 4.5mm, 8mm we 1sm-den 20m çenli geçýär	Ýeriň üstünden	Radioteleskoplar

Spektriň göze görüňän zolagyndaky şöhlenenme astronomiýada uly ähmiýete eýedir, sebäbi olary Ýeriň atmosferasy siňdirmän diýen ýaly gowy geçirýändir. Spektriň beýleki ýerlerinde siňdirilme güýçli täsirini ýetirýär, kosmos şöhlenenmesi Ýeriň atmosferasynyň diňe käbir derejesine çenli geçýär (84-nji çyzgy). Ýeriň atmosferasy ultramelewşe, rentgen we gamma şöhleleri ýerleşen, spektriň gysga tolkunly bölegini has güýçli siňdirýändir. Olaryň hemmesine ýakyn ultramelewşeden (3100-3900Å) başga, diňe ýörite enjamlaşdyrylan raketalardan we emeli hemralardan gözegçilik edip bolýar.

Spektriň göze görüňän zolagyndan uzyn tolkunlar tarapynda infragyzył şöhleler we radiotolkunlar ýerleşendir. Infragyzył şöhleleriň uly bölegi, takmynan 1 mikron tolkun uzynlygyndan başlap, howanyň molekulalary tarapyndan, esasan hem suw buglarynyň we kömürturşy gazyň molekulalary tarapyndan siňdirilýär.

Şöhlenenmä Ýerden gözegçilik diňe käbir dar zolaklarda, molekulýar siňdirme zolaklarynyň aralygynda ýerleşen görüş “äpişgelerinde” mümkindir. Spektriň galan böleklerindäki şöhlenenmelere uly bolmadyk beýikliklerden gözegçilik edip bolýar, aerostatlaryň we şar-zondlaryň kömegi bilen, beýik dag gerşlerinde ýerleşen käbir obserwatoriýalarda öwrenip bolýar.

minimumy bolmalydyr. Polýarlanmanyň maksimumy we minimumy ugurlardaky intensiwlikleriniň tapawudynyň, olaryň jemine bolan gatnaşygyna polýarlanmanyň derejesi diýilýär:

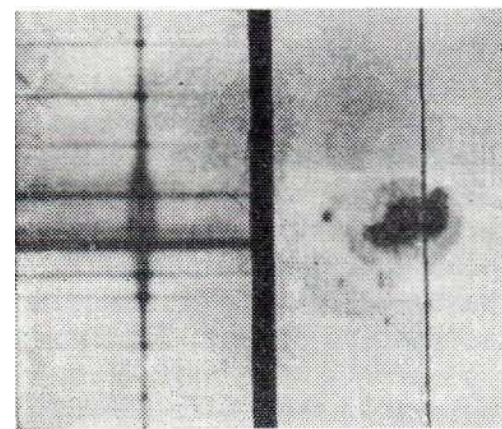
$$p = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}. \quad (6.39)$$

Ýönekeý ýagdaýda, polýarlanma käbir üstlerden, esasn hem düşme we serpikme burçlarynyň kesgitli bahalarynda, serpikmede ýüze çykýar (döreyär). Mysal üçin, adaty aýna plastinkadan 58° burçdan serpigen ýagtylyk, doly diýen ýaly polýarlanandyr, özi hem polýarlanma tekizligi aýna plastinkanyň tekizligine perpendikulýardyr. Serpigen ýagtylygyň bu häsiýeti serpikdirýän üstleriň, mysal üçin planetalaryň tebigaty öwrenilende ulanylýar.

Ýagtylyk köp sanly aýry-aýry böleklerden dagynyk (pytraňny) serpigende hem polýarlanyp biler. Esasan hem erkin elektronlarda dagynyk serpikme ýagdaýy wajypdyr. Başlangyç ugur bilen laýyk 90° burç emele getirýän ugurda, erkin elektronlarda dagynyk serpigen ýagtylyk бүтewiligine (100%) polýarlanandyr. Ondan başgada, owunjak tozanjyklarda, şeýle hem aýry-aýry molekulalarda dagynyk serpikmelerde polýarlanma ýüze çykýandyr. Günün ýagtylygy howanyň molekulalarynda dagynyk serpigip, asmana mawy reňk berýär we bölekleyin polýarlanýar.

Spektral çyzyklary magnit neýdanynda.

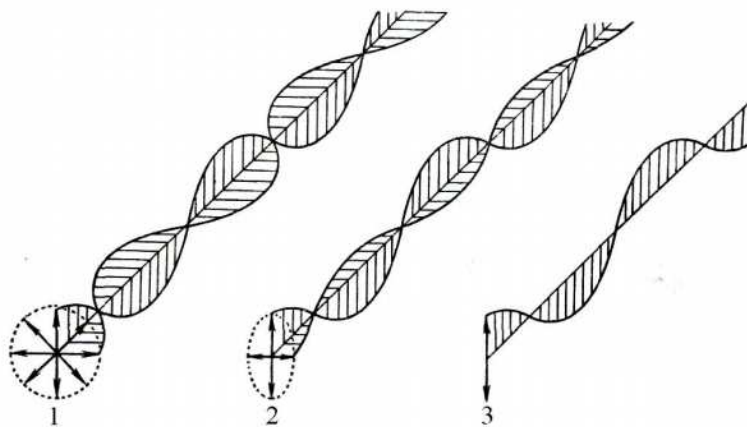
Magnit meýdanynda ýerleşen atom tarapyndan şöhlelendirilýän spektr, ýakyn ýerleşen birnäçe düzüjilere-komponentlere bölünär.



89-njy çyzgy. Gün meneginiň spektrinde Zeýeman effekti.

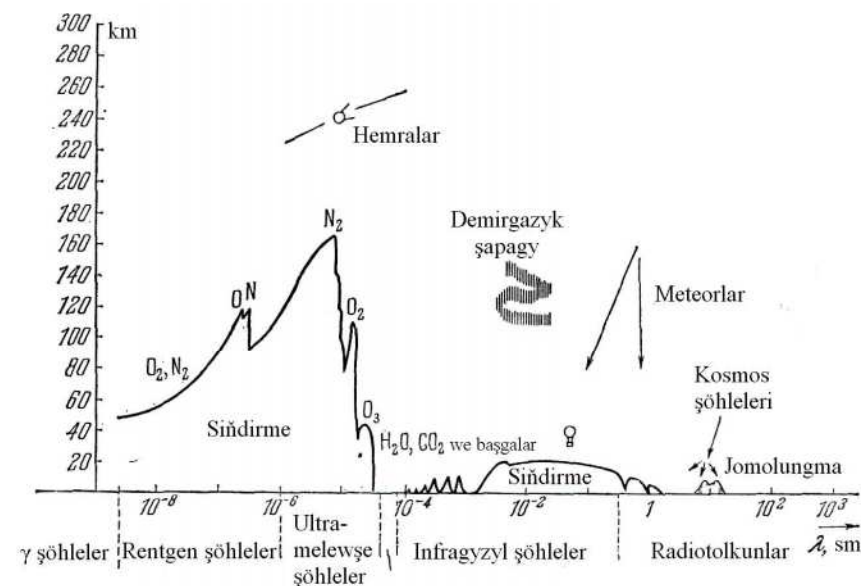
Şöhlemenäniň polýarlanmasy.

Her bir aýry elementar prosessiň netijesinde döreýän elektromagnit şöhlemenmesi, üýtgeýän elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň wektory ýatan, kesgitli tekizlik bilen häsiýetlendirilýär (ýaýrama tekizligi). Oňa perpendikulýar bolan, üýtgeýän magnit meýdanynyň wektoryny saklaýan tekizlige polýarlanma tekizligi diýilýär. Köplenç gözegçilik edilýän şöhlemenme polýarlanmadykdyr, sebäbi ol ähli mümkin bolan ugurlarda polýarlanan, örän köp sanly atomlaryň birwagtda şöhlemenmeleriniň goşulmaklary netijesinde döreýändir. Bular ýaly polýarlanmadyk ýagtylyga tebigy diýilýär (88-nji çyzgy).



88-nji çyzgy. 1-polýarlanmadyk, tebigy, 2-bölekleyin we 3-doly polýarlanan ýagtylyk.

Ýagtylygy ýörite polýarizatordan (mysal üçin kwarsyň, şpatyň kristallary) ýa-da käbir kristallik maddalaryň emulsiýalary çalyňan polýaroid plenkalardan geçirip, berlen şöhlemenmeden polýarizatoryň ýa-da polýaroid plenkalaryň esasy tekizligi boýunça polýarlanan bölegini alyp bolýar. Bu tekizligi öwürip, dürli ugurlarda polýarlanan şöhlemenäniň intensiwligini ölçeyärler. Eger intensiwlik ähli ugurlar boýunça birdeň bolsa, onda ýagtylyk polýarlanan däldir. Eger haýsy hem bolsa bir ugurda polýarlanmanyň maksimumy gözegçilik edilýän bolsa, onda oňa perpendikulýar tekizlikde hökman polýarlanmanyň



84-nji çyzgy. Elektromagnit şöhlemenmesiniň spektriniň Ýer atmosferasyndan geçişi.

Ýeriň atmosferasy takmynan 1sm-den 20m-e çenli uzynlykly radiotolkunlar üçin durudyr. 1sm-den gysga tolkunlar (takmynan 1mm, 4.5mm we 8mm uzynlykly tolkunlardan başga) Ýeriň atmosferasynyň aşaky gatlaklary tarapyndan doly siňdirilýär, onlarça metrden uzyn tolkunlar bolsa atmosferanyň has ýokarky gatlaklary- ionosferadan serpikýärler we onda siňdirilýärler.

§95. Astrofotometriýa barada düşüňje

Jisimiň şöhlelendirilýän ýagtylyk energiýasynyň mukdary onuň wajyp häsiýetnamalarynyň biridir. Bu ululygy ölçemegiň iki esasy, ýagny berlen jisimden ölçeyji enjama çenli gelip ýeten ýagtylyk energiýasynyň mukdaryny gös-göni kesgitlemek ýa-da öwrenilýän asman jisiminiň şöhlemenmesini, şöhlenenijilik ukyby oň kesgitli bolan başga bir jisim bilen deňşirmek arkaly kesgitlemek usuly bardyr.

Kuwwatlary deň bolan ýagtylyk çeşmeleri hem öz şöhlelenmeleriniň spektral düzümi boýunça biri-birinden düýpli tapawutlanyp bilerler. Mysal üçin, Gün sary-ýaşyl şöhleleri beýleki şöhlelerden köp şöhlendirýär, käbir ýyldyzlar bolsa esasan hem mawy we gök şöhleleri şöhlendirýärler. Başga bir tarapdan bolsa, şeýle bir obýektler bar (mysal üçin radiogalaktykalar), olaryň radiotolkunlary şöhlendiriji spektriň beýleki çäklerindäkilerden birnäçe esse güýçlidir. Bu ýerden görnüşi ýaly, iki jisimiň şöhlelenmesini diňe şol bir spektral çäklerde deňeşdirmegiň manysy bardyr.

Ýagtylyga duýgur enjama (şöhlelenmäni kabul ediji), düzgün boýunça, dürli tolkun uzynlykly şöhleler dürliçe täsir edýändir. Şonuň üçin, ýagtylyk mukdaryny ölçemeleriň netijeleri kabul ediji enjamyň haýsy şöhlelere has duýgurdygyna, ýagny onuň spektral duýgurlygyna baglydyr. Adatça berlen enjamyň duýýan spektriniň çäklerini tolkun uzynlyklarynda görkezmek bolýar (spektral duýgurlygynyň çäkleri). Bu spektriň giňligi berlen enjamyň göýberýän zolagy diýilýär.

Ýagtylyk energiýasynyň kuwwaty, fotometriýanyň esasy düşüňjeleriniň biri bolan, şöhlelenmäniň akymy (ýagtylyk akymy) bilen häsiýetlendirilýär. Şöhlelenmäniň akymy diýip, berlen meýdançadan (mysal üçin, teleskopyň girişinde, obýektiwinde) wagt birliğinde geçýän şöhle energiýasynyň mukdaryna aýdylýar.

Meýdany 1sm^2 bolan käbir üste düşýän ýagtylyk akymyna bu üstüň ýagtylandyrylyşy diýilýär. Eger Φ ýagtylyk akymy S meýdany deňölçegli ýagtylandyrylan bolsa, onda ýagtylandyrylyş

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (6.3)$$

Astrofizikada ýagtylandyrylyş wajyp düşüňjeleriň biridir, sebäbi diňe şu ululygy gözegçiliklerde ölçäp bolýandyr.

Hakykatdan hem, ýagtylyga duýgur enjam, berlen gural üçin meýdany kesgitli we hemişelik bolan, enjamyň girişindäki yşdan (mysal üçin, fotoelementiň ýagtylyk äpişgesi) düşen, ýagtylyk energiýasynyň mukdarynyň täsirini duýýar. Şonuň üçin, enjamyň görkezýän hasaplamalary, öwrenilýän obýektiň, şöhlelenmäniň galan hemme çeşmeleriniň täsiri aýrylan ýagdaýynda, gözegçilik

tolkun uzynlykda şöhlelenmesini öwrenipdik. Beýleki çyzyklar, adatça has ýiti çyzyklar, spektriň görüňän çäklerinde ýerleşendirler (mysal üçin, Gün täjindäki emission çyzyklar, dumanlyklaryň spektrindäki nebulýar çyzyklar, Ýeriň atmosferasynyň ýokarky gatlaklarynda oýandyrylyan awroral çyzyklar).

Bu spektral çyzyklary Ýerdäki tejribehanalarda gaýtalamak boýunça geçirilen ymykly synanyşyklar, başda näbelli, gipotetik elementler-„koroniy“, „nebuliy“ we ş.m. bolmaly diýip, göz önüne getirilipdir. Bilşimiz ýaly, bular ýaly göz önüne getirme diňe geliý üçin dogrudyr. Galan ýagdaýlaryň ählisinde, näbelli çyzyklary ön belli bolan, ýöne aýratyn, özboluşly oýandyрма şertlerindäki himiki elementleriň spektrlerine deňdigini görkezmek başardandyr. Mysal üçin, koronal çyzyklar demiriň, nikeliň, argonyň, kalsiýniň we beýleki elementleriň 10-15 elektronlary „goparylan“, köp sapar ionlaşan atomlary tarapyndan şöhlendirilýändir. Nebulýar we awroral çyzyklar bolsa bir sapar we iki sapar ionlaşan, kisloroda degişli bolup çykdy. Gadagan çyzyklaryň ýüze çykması gazlaryň ýokary derejede seýreklenendiginiň subutnamasydyr. Edil 21 sm tolkun uzynlygyndaky ýaly, gadagan çyzygy şöhlelenmek üçin, atom oýandyrylan ýagdaýda ýeterlik uzak bolmalydyr. Bu wagt, optiki çäklerde ýerleşen gadagan çyzyklar üçin 21 sm çyzyklardaky ýaly uly bolmasa-da, sekundyň ondan bir ülüşlerine ýa-da bitin sekunda ýetýär. Bu bolsa adaty spektral çyzyklaryňkydan ýüz millionlarça esse uludyr. Öz-özünden (spontan) şöhlelenmäniň bolup geçmegi üçin, atom şol wagtyň dowamynda özüniň oýandyрма energiýasyny „ýitirmezlik üçin“, başga bölejikler bilen çakyşmaly däl. Diýmek, gadagan çyzyklary şöhlendirýän, seýreklandirilýän gazda bölejikleriň yzygider çakyşmalarynyň aralygyndaky wagt sekunt töweregi bolmalydyr. (6.17) formulada $\sigma=10^{-16}\text{ sm}^2$ we $v^*=10^8\text{ sm/s}$, Gün täjindäki şertlere laýyk diýip hasaplap, bölejikleriň konsentrasiýasynyň 10^8 bölejik/sm^3 -dan uly bolmaly daldigini alarys. Gaz dumanlyklarynda bölejikleriň konsentrasiýasy köp esse kiçidir.

seretmek mümkündür. Eger-de bu ok ýadronyň magnit momentiniň ugry bilen ugurdaş bolsa, onda esasy ýagdaýda ýerleşen wodorod atomy oýandyrylan bolýar. Emma bu aýratyn özboluşly oýandyrylan dereje, metastabil diýip atlandyrylýar we atomyň mikrosekundyň ýüzden bir ülüşleriniň dowamynda bolup bilýän adaty oýandyrylan ýagdaýyndan tapawutlylykda, bu oýandyrylan ýagdaýda atom örän uzak, 11 million ýyl töweregi wagtyň dowamynda bolup bilýär. Eger şu wagtyň dowamynda elektronyň spini spontan (öz-özünden) ugruny garşylykly tarapa üýtgetse (elektron tersligine „dünđerilse”), atom pes energetik ýagdaýa geçer we 21sm tolkun uzynlykly radioşöhlenenmä degişli bolan, $6 \cdot 10^{-6} eW$ energiýaly kwanty şöhlelendirer. Bu çyzyk wodorodyň wajyp çyzyklarynyň biridir we onuň bolmagy kosmos giňişliginiň iň sowuk çäklerindäki maddany öwrenmäge mümkinçilik berýär.

Käbir jisimleriň, esasan hem gyzgyn ýyldyzlaryň spektrinde geliýniň çyzyklaryna gözegçilik edilýär. Ionlaşan geliýniň spektri wodorodyň çyzyklaryna örän meňzeşdir we has gyzgyn ýyldyzlaryň spektrinde gözegçilik edilýär. Neýtral geliýniň çyzyklaryna ýygy-ýygydan gabat gelinýär. Geliý Ýeriň üstünde tapylmazýandan öň, onuň spektral çyzyklarynyň, spektriň görünýän çägendäki iň intensiwi (sary çyzygy, $\lambda=5876\text{\AA}$), Günüň spektrinde ýüze çykarylandyr, bu bolsa himiki elementiň ady bilen baglanyşyklydyr (gelios grek sözi, türkmençe Gün diýmekdir).

D_3 bilen bellenilýän geliýniň çyzygynyň ýanynda, D_1 we D_2 bilen bellenilýän, tolkun uzynlyklary 5896\AA we 5890\AA bolan, ýyldyzlaryň we ýyldyzara gurşawyň spektrlerinde köp gözegçilik edilýän, iki intensiw çyzyklar ýerleşendir. Olar natriýniň rezonans çyzyklarydyr. Göze görünýän spektriň melewşe çäginiiň ýakynynda ýerleşen, ionlaşan kalsiýniň rezonans çyzyklary has hem intensiwdir. Olar H ($\lambda=3968\text{\AA}$) we K ($\lambda=3934\text{\AA}$) bilen bellenilýär. Asman jisimleriniň spektrlerinde şeýle hem beýleki atomlaryň we käbir ýönekeý molekulýar birleşmeleriň çyzyklaryna gabat gelinýär.

Käbir asman jisimleriniň spektrlerini häsiýetlendirýän aýratynlygy olarda *gadagan çyzyklaryň* bolmaklygydyr. Bular ýaly gadagan çyzyklaryň biri bolan, ýyldyzara wodorodyň 21 sm

geçirilýän ýerde döredýän ýagtylandyrylyşyna proporsionaldyr.

Belli bolşy ýaly, ýagtylandyrylyş çeşmeden uzaklygyň kwadratyna ters proporsionaldyr we şöhläniň düşme burçunyň kosinusyna bolsa göni proporsionaldyr. Emma bu kanun astrofizikada peýdalanylanda, şöhlenenýän jisim bilen gözegçiniň aralygyndaky giňişligi doldurýan gurşawyň optiki häsiýetnamalaryny hasaba almak zerurdyr. Mysal üçin, ýyldyzlaryň ýagtylygy ýyldyzara giňişligi doldurýan gaz-tozan gurşawda we Ýeriň atmosferasynda birazrak siňdirilýändir.

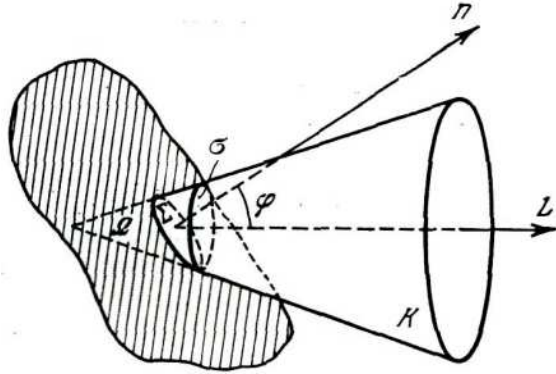
Şöhlenenmäniň çeşmesiniň daşyny gurşayan, ýapyk üstden wagt biriginde geçýän hemme energiýa onuň ýagtylanyjylygy diýilýär.

Şöhlenenmäniň akymy (şeýle hem ýagtylandyrylyş) şöhlenenmäni bütün spektrde (doly ýa-da integral akym) ýa-da onuň kesgitli böleginde häsiýetlendirip biler. Eger-de şol bölek (zolak) örän darajyk bolsa, onda şöhlenenme, şeýle hem şöhlenenmäniň akymy monohromatik diýilýär. Soňky ýagdaýda şöhlenenmäniň kuwwaty birlik ýygylyga (IGs) ýa-da birlik tolkun uzynlygyna (Ism) degişli edilen bolmalydyr. Şeýlelik bilen, integral ýagtylandyrylyşyň ölçeg birligi $erg/(sm^2 \cdot s)$ ýa-da Wt/m^2 , monohromatik üçin bolsa $erg/(sm^3 \cdot s)$ we erg/sm^2 , ýa-da $Wt/m^2 \cdot Gs$, degişlilikde tolkun uzynlyklarynyň we ýygylygyň şkalalarynda aňladylýar.

Ýagtylanýan üstüň berlen ugurda şöhlenenmesi ýitilik bilen häsiýetlendirilýär. Ýitilik diýip şöhlenenýän üst bilen galtaşýan we berlen ugra perpendikulýar bolan, şol ugurda birlik jisim (giňişlik) burçy bilen çäklenen birlik meýdandan geçýän şöhlenenmäniň akymyna aýdylýar. Bu kesgitlemäni giňişligiň islendik nokadyndaky şöhlenenme meýdanyna degişli edip bolar. Onda “ýitilik” sözüň ýerine “intensiwlilik” sözi ulanylýar.

Eger ýagtylanýan üstüň Σ elementi (85-nji çyzgy) L oky Σ elementiň n normaly bilen φ burç emele getirýän, jisim burçy Ω bolan K konusyň içinde Φ akymy şöhlelendirýän bolsa, onda edil şolar ýaly akym görüň şöhlesine perpendikulýar bolan $\sigma = \Sigma \cos \varphi$ meýdançadan hem geçer we onuň ýitiligi

$$B = \frac{\Phi}{\Omega \Sigma \cos \varphi}. \quad (6.4)$$



85-nji çyzgy. Şöhlelenýän üstüň ýitiligi.

Berlen ýerde käbir ýagtylanýan üst tarapyndan döredilýän ýagtylandyrylyşyň, onuň ölçegleriniň we ýitiliginiň arasynda wajyp gatnaşyk bardyr. Goý biz r uzaklykda ýerleşen, asman sferasyna σ meýdança proyektirlenýän Σ obýekti gözegçilik edýän bolalyň (86-njy çyzgy) we onuň ýitligi B deň bolsun. Ýitiligiň kesgitlemesine laýyklykda, σ üstüň 1sm^2 -y tarapyndan normalyň ugrunda, jisim burçy $\Omega=1$ bolan konusyň içinde döredýän ýagtylyk akymy san taýdan B deňdir. Şol konusyň içinde bütin obýektiň döredýän Φ akymyny B ýitiligi proyeksiýanyň σ meýdanyna köpeldip alarys, ýagny

$$\Phi = B\sigma.$$

Gözegçilik edilýän ýerde bu ähli $B\sigma$ akym $S=\Omega r$ üst boýunça paýlanar we jisim burçy $\Omega=1$ steradiana deň bolany üçin $S=r^2$ bolar. Şonuň üçin gözegçilik edilýän ýagtylandyrylyş

$$E = \frac{B\sigma}{S} = \frac{B\sigma}{r^2} \quad (6.5)$$

Ýöne $\sigma/r^2 = \omega$, ýagny asmanda obýektiň görüňýän jisim burçuna deňdir. Şonuň üçin

$$E = B\omega. \quad (6.6)$$

ionlaryň spektrleri özara meňzeşdirler. Mysal üçin, wodorodyň we ionlaşan geliýniň, natriýniň we ionlaşan kalsiýniň, neýtral kalsiýniň we magniýniň spektrleri meňzeşdirler.

Astronomik obýektleriň köpüsiniň spektrlerinde, hususanda ýyldyzlaryň ählisiniň diýen ýaly spektrlerinde wodorodyň intensiw çyzyklary gözegçilik edilýär. Onuň energetik derejeleriniň hasaby, atomyň minimal energiýasyna degişli bolan, esasy ýagdaýyndan ýöredilýär. Spektriň göze görüňýän çäklerinde Balmer seriýasynyň çyzyklary ýerleşendir, olar hemme energetik derejelerden ikinji energetik derejä geçişlerde döreyärler: gyzyk çyzyk H_α ($\lambda=6563\text{\AA}$); mawy H_β ($\lambda=4861\text{\AA}$) we iki melewşe H_γ ($\lambda=4340\text{\AA}$), H_δ ($\lambda=4102\text{\AA}$) bilen belenilýär. Bu seriýanyň beýleki çyzyklary, elektronlar ikinji energetik derejä rekombinirlänlerinde döreyän we $\lambda=3646\text{\AA}$ töwereginde başlanýan, Balmer kontinuumy bilen bileleikde spektriň ultramelewşe böleginde ýerleşendirler. Ähli elementler üçin adaty, atomyň esasy energetik derejesine geçişlerde döreyän, esasy seriýanyň çyzyklary has intensiw bolýandyr. Bu esasan hem elektronyň atomda mydama iň pes potensial energiýaly ýagdaýa ymtylanlygy bilen baglanyşyklydyr.

Wodorodyň esasy seriýasyna Laýman seriýasy diýilýär (L_α , L_β , ...) we ol uzak ultramelewşe çäklerde ýerleşendir (tolkun uzynlyklary 1216\AA , 1026\AA , 972\AA we ş.m.). Esasy seriýanyň birinji çyzygyna rezonans çyzygy diýilýär. 912\AA tolkun uzynlygyndan Laýman kontinuumy başlanýar. Ähli ýokarky energetik derejelerden üçünji we dördünji derejelere geçişler, spektriň infragyzyň çäginde ýerleşen, degişlilikde Paşen we Brekket seriýalaryny berýärler.

Halkalaýyn toga meňzeşlikde, proton (wodorod atomynyň ýadrosy) magnit momentine eýedir. Elektronyň hereket mukdarynyň momenti (spin) ýadronyň magnit momentine parallel ýa-da antiparallel ugrukdyrylan bolup biler. Bu iki ýagdaýlar birneme tapawutly energiýalara eýedirler. Wodorod atomynyň esasy ýagdaýy üçin energiýalaryň bu tapawudy $6 \cdot 10^{-6} \text{ eV}$ deňdir. Hereket mukdarynyň momentiniň wektoryny burç tizliginiň wektoryna meňzeşlikde, elektronyň aýlanma oky hökmünde

fonunda gitdigiçe az seljerilip başlaýar. Iň soňunda olar kontinuum bilen garyşýarlar we spektriň bütewi çäginin görnüşi Plankyň görnüşi meňzeş bolýar. Şol sebäpli, gazlaryň örän galyň gatlagynyň şöhlelenmesi, has köp derejede bolsa suwuk we gaty jisimleriniň şöhlelenmesi absolyut gara jisimiň deňagramly şöhlelenmesini ýada salýar.

Dykyz we gabaraly gaz emele gelmesiniň mysaly hökmünde ýyldyzlary görkezmek mümkindir. Ýöne olaryň şöhlelenmesiniň Plankyň şöhlelenmesini ýatladýandygyna garamazdan, olaryň spektrlerinde köp sanly garamtyl çyzyklar (siňdirmе spektri) gözegçilik edilýär. Plankyň formulasy boýunça bu çyzyklar bolmaly däl.

Spektral çyzyklarda atomlar şöhlelenmäni üznüksiz spektrdäkidən ep-esli güýçli siňdirýärlər. Şonuň üçin siňdirmе çyzyklarynda ýyldyzyň iň daşky gatnaklary görünýär. Bu çyzyklaryň olary gurşap alan üznüksiz spektrden garamtyl görünmegi, daşky gatnaklaryň maddasynyň şöhlelenijilik ukybynyň peselýändiginiň netijesidir.

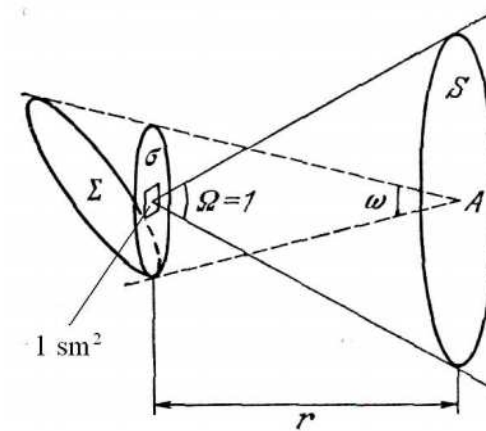
Astrofizikada, sereden spektrlerimiziň üç görnüşiň—çyzykly, üznüksiz we siňdirmе (absorbsion) spektrleriniň hemmesi öwrenilýändir. Üznüksiz spektrleri öwrenmek, şöhlendiriýän gazyň temperaturasy, dykzlygy we mukdary barada düşünje almaga mümkinçilik berýär.

Spektral çyzyklary belli himiki elementleriň spektrleri bilen deňeşdirmek, anyklamak, kosmos obýektlerinde bu himiki elementleriň barlygyny kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Aýry-aýry spektral çyzyklaryň has anyk öwrenilmegi temperatura, basyş, şöhlendiriýän ýa-da siňdirýän atomlaryň mukdary, gazdaky içki hereketler, magnit meýdanynyň ululygy we beýleki fiziki häsiýetleri barada maglumat berýär.

Astrofiziki şertlerde gözegçilik edilýän spektral çyzyklar.

Berlen himiki elementiň atomynda degişli bolan spektral çyzyklarynyň ýerleşişleri onuň ýadrosynyň zarýady we daşky, walent elektronlarynyň sany bilen kesgitlenýär. Şonuň üçin, D.I. Mendeleýewiň periodiki sistemasynda bir topardaky elementleriň spektrleri, şeýle hem walent elektronlarynyň sany deň bolan

Diýmek, gözegçilik edilýän ýerde käbir obýekt tarapyndan döredilýän maksimal ýagtylandyrylyş onuň orta ýitilginiň



86-njy çyzgy. Şöhlelenýän jisimiň döredýän ýagtylandyrylyşy.

obýektiň asmanda görünýän jisim burçuna köpeldilmegine deňdir. Bu netije teleskopyň we onuň fokusynda ýerleşdirilen şöhlelenmäni kabul edijiniň kömegi bilen dowamly (gabaraly) obýektleriň ýitilgini kesgitlemegiň ýönekeý usulyny berýär. Jisim burçy ω , teleskopyň fokal tekizliginde alynýan obýektiň

şekiliniň s meýdanynyň onuň F fokus aralygynyň kwadratyna bölünmegine deňdir (ýagny $\omega = s/F^2$), ýagtylandyrylyş E bolsa obýektiwden geçen şöhlelenmäniň akymynyň teleskopyň ysynyň (obýektiwiň) meýdanyna bolan gatnaşygyna deňdir.

Ýagtylgyçlaryň köpüsi (mysal üçin ýyldyzlar) bizden örän uzakdadyr we şol sebäpli güýçli gurallaryň kömegi bilen hem olaryň burç ölçeglerini kesgitlep bolmaýar. Bular ýaly obýektlere nokatlanç diýilýär. Nokatlanç obýektleriň burç ölçegleri haýsy hem bolsa bir ýörite usullar bilen kesgitlenýänçä, Ýerde döredýän ýagtylandyryşy olaryň şöhlelenmeleriniň kuwwatyny häsiýetlendirýän ýeke täk ululykdyr. Burç ölçeglerini göni ýollar bilen ölçäp bolmaýan obýektler, ýagny ýyldyzlar üçin ýitilgi hem kesgitlep bolýan däl. Diňe olardan gelyän şöhlelenmäniň akymyny ýa-da olaryň döredýän ýagtylandyrylyşyny gözegçilik edip bolýar. Astronomiýada bu ýagtylandyrylyşy ýörite logarifmik şkalada-ýyldyz ululyklarynda ölçemek kabul edilendir (bu ululyk ýyldyzlaryň ölçeglerini häsiýetlendirýän däl). Bir ýyldyz ululygy (1^m bilen bellenilýär) ýagtylandyrylyşlaryň 2.512...esse gatnaşygy kabul edilendir. Bu sanyň saýlanyp alynmagy, onuň

onluk logarifminiň takyk 0,4-e deň, 5^m ýyldyz ululygy bolsa 100 esse gatnaşyga deň bolýanlygydyr. Gowşak ýagtylandyryşy döredýän ýyldyzlaryň ýyldyz ululyklary uly bolmaly diýip kabul edilendir. Şeýlelik bilen, obýektleriň döredýän ýagtylandyryşy ...- $3^m, -2^m, -1^m, 0^m, 1^m, 2^m, 3^m, \dots$ maýdalawjysy 2,512 bolan, tükeniksiz kemelýän geometrik progressiýa emele getirýärler.

Ýyldyz ululyklarynyň bular ýaly şkalasyna, biziň eýýamymyzdan öň II asyrdan Gipparh tarapyndan girizilen, fotometrik sistema ýakyndyr. Gipparh guralysyz, ýöne göz bilen görüňýän ýyldyzlaryň hemmesini 6 topara (klasa) bölüp, iň “ýiti” ýyldyzlary birinji topara, iň gowşaklaryny bolsa soňky topara degişli edipdir.

Şeýlelikde, ýyldyz ululygy diýip, berlen obýekt tarapyndan ýagtylyk şöhlelerine perpendikulýar bolan meýdançada döredýän ýagtylandyryşyndan 2,512 esas boýunça alnan logarifmiň minus alamaty bilen alynan ululygyna aýdylýar. E_1 we E_2 ýagtylandyryşy döredýän iki ýyldyz üçin ýyldyz ululygynyň $m_1 - m_2$ tapawudy

$$m_1 - m_2 = -\log_{2,512} \frac{E_1}{E_2} \quad \text{we} \quad \frac{E_1}{E_2} = 2,512^{-(m_1 - m_2)}, \quad (6.7)$$

onluk logarifmlerde bolsa

$$\log \frac{E_1}{E_2} = -0,4(m_1 - m_2) \quad \text{we} \quad m_1 - m_2 = -2,5 \lg \frac{E_1}{E_2} \quad (6.8)$$

gatnaşyklary kanagatlandyryşy kesgitlemeden gelip çykýar. Eger ikinji ýyldyzyň döredýän ýagtylandyryşyny birlik diýip kabul etsek, onda onuň ýyldyz ululygy $m_2 = 0$ bolar. Adatça ýyldyz ululyklarynyň nol-nokady, döredýän ýagtylandyryşlary dürli usullar bilen takyk ölçenen ýyldyzlaryň köplüginin netijeleri boýunça şertli kabul edilýär. Ýyldyz ululygy 0^m bolan ýyldyz Ýeriň atmosferasynyň serhedinde $2,54 \cdot 10^{-6}$ lüks bolan ýagtylandyryşy döredýär we ol 1 kandellanyň (kd) 600 m uzaklykda döredýän ýagtylandyryşyna deňdir. Düzgüne laýyklykda, astronomiýada energiýanyň ölçeg birlikleri bilen aňladylan ululyklar bilen işlenilýär. Bu ölçeg birliklerine geçmek üçin, ýyldyz ululygy 0^m bolan ýyldyzyň bütin göze görüňýän spektrde 10^6 kwant/($sm^2 \cdot s$), ýaşyl reňke degişli çäkde bolsa 10^3

Kesgitleýji (6.29) aňlatmany göz önünde tutup, optiki ýuka gatlagyň şöhlelenmesiniň onuň optiki galyňlygyna proporsionaldygyny alarys:

$$I = \frac{\varepsilon}{\chi} \tau. \quad (6.37)$$

Eger gazyň gözegçä has golaý ýerleşen gatlaklary uzakdaky gatlaklarynyň şöhlelenmesini duýarlyk siňdirýän bolsalar, onda bu proporsionallyk bozulýar we şonda *öz-özünden siňdirmе* döreýär diýilýär. ε / χ gatnaşyk şöhlenenýän bütin gaz üçin birmeňzeş bolan ýagdaýynda, öz-özünden siňdirmäni hasaba almak bilen, çykýan şöhlelenme

$$I = \frac{\varepsilon}{\chi} (1 - e^{-\tau}) \quad (6.38)$$

deňdir.

(6.37) formulada τ optiki galyňlygyň has kiçi bahalary üçin (6.38) formulanyň hususy ýagdaýydyr. Has uly optiki çuňluklar üçin (6.38) aňlatma ε/χ gatnaşygyň çäk bahasyna ymtylýar. Gaz näçe dury däl boldugyça, şonça-da termodinamiki deňagramlylyk ýagdaýynda ýakyndygyny, ýagny Kirhgofyň kanunynyň ýerine ýetýändigini we ε/χ gatnaşygyň Plankyň funksiýasyna deň bolýandygyny ýatlasak, onda örän wajyp netije alarys. *Spektriň berlen çäginde gaz näçe dury däl boldugyça, degişli tolkun uzynlygynda onuň şöhlelenmesi, temperaturanyň käbir bahasynda Plankyň funksiýasy boýunça kesgitlenýän ululyga şonçada ýakyndyr.* Bu temperaturanyň maddanyň hakyky temperaturasyna ýakynlygy §100 serediler.

Indi bolsa dumanlygyň maddasynyň dykzlygyny üznüksiz ýokarlandyranymyzda onuň spektriniň nähili üýtgemelidigine seredeliň. Gözegçilik edilýän dumanlyklaryň has ýitileriniň şöhlelenme çyzyklary üznüksiz spektriň gowşak fonunda (düşekliginde) görünýär, bu bolsa rekombinasiýanyň täsiriniň güýçlenendigini görkezýär. Optiki galyňlygyň ondan beýläk artmagy bilen üznüksiz spektriň intensiwligi hem artýar, emma çyzyklaryň ýitiligi öz-özünden siňdirmе sebäpli üýtgemeyär diýen ýalydyr. Emission (şöhlelenme) çyzyklar üznüksiz spektriň

biler.

Ion bilen duşanda, elektron atom bilen bagly bolan “ýerine” gaýdyp gelip bilýär. Şonda elektronyň kinetik energiýasynyň we ionlaşma energiýasynyň jemine deň bolan energiýaly kwant bölünýär. Şular ýaly *rekombinasiýanyň* netijesinde *üzüksiz spektri* bolan, şöhlelenmäniň wajyp bir görnüşi ýüze çykýar. Çyzykly spektrden tapawutlylykda, üzüksiz spektrlerde intensiwlik uly çäklerde haýallyk bilen üýtgeýär.

Tizlikleri nola ýakyn bolan haýal elektronlar rekombinirläp, energiýalary ionlaşma energiýasyna ýakyn bolan kwantlary döredýärler. Uly tizlikleri bolan galan hemme elektronlar gysga tolkunly şöhlelenme berýärler. Şonuň üçin, erkin elektronlaryň atomyň her bir berlen energetik derejesine rekombinirlände ýüze çykýan üzüksiz şöhlelenmesiniň spektriň gyzyly gyrasynda ýerleşýän serhedi bardyr. Gysga tolkunly çäklerde bu baglanyşyk gowşaýandyr. Sebäbi, has kuwwatly kwantlar has ýokary tizlikli elektronlar rekombinirlände ýüze çykýandyr, olaryň sany bolsa gazyň berlen temperaturasynda, görşümüz ýaly, eksponensial pese düşýändir.

Gowşak fon görnüşindäki üzüksiz spektr (kontinuum) ýagtylanýan gazyň umumy massasy uly bolan has dykz we ýagty dumanlyklaryň spektrlerinde gözegçilik edilýär.

Real jisimleriň şöhlelenmesi.

Plankyň kanuny diňe absolýut gara jisimiň şöhlelenmesini beýan edýändir (häsiýetlendirýändir). Hakyky jisimleriň şöhlelenmesi Plankyň şöhlelenmesinden tapawutlanýandyr, käbir ýagdaýlarda bu tapawut düýplidir. Bu tapawut Maýa Ýolunyň diffuz dumanlyklarynyň seýreklenen dury gazlarynyň şöhlelenmesinde has güýçli ýüze çykýar. Olaryň, şöhlelenmäniň ýagty çyzyklaryndan ybarat bolan, çyzykly emission spektrleri bardyr. Şöhlendirlýän gaz gatlagynyň dury ýagdaýy üçin, çyzyklaryň intensiwligi görüş şöhlesi boýunça maddanyň mukdaryna proporsionaldygy aýdyndyr. Intensiwligi I bilen, şöhlelenme koeffisiýenti bolsa ε bilen belläp, alarys

$$I = \varepsilon p l. \quad (6.36)$$

$kwant/(sm^2 \cdot s \cdot \text{\AA})$ bolan akymy döredýändigini ýatda saklamak peýdalydyr.

Ýyldyz ululygynyň ýagtyltgyçdan gelýän şöhlelenmäniň akymyny häsiýetlendirýänligi üçin, onuň kesgitlemesini nokatlanç bolmadyk, gabaraly obýektler üçin hem ulanmak mümkindir. Mysal üçin, Günüň, doly Aýyň, planetalaryň we beýlekileriň döredýän ýagtylandyryşlaryny ölçäp, olara degişli ýyldyz ululyklaryny tapyp bolýar. 3-nji tablisada birnäçe asman ýagtyltgyçlarynyň ýyldyz ululyklary getirilen.

3-nji tablisa

Käbir asman obýektleriniň fotometrik häsiýetnamalary

Obýekt	Ýyldyz ululygy	Jisim burçy (steradian)
Gün	-	$6,7 \times 10^{-5}$
Aý	$26^m,8$	$6,6 \times 10^{-5}$
Merkuriý (iň uly elongasiýada)	-12,7	$1,4 \times 10^{-9}$
Wenera (iň uly elongasiýada)	-0,2	$2,5 \times 10^{-8}$
	-4,1	
Mars	-1,9	$3,8 \times 10^{-9}$
Ýupiter	-2,4	$3,4 \times 10^{-8}$
Saturn	+0,8	$5,7 \times 10^{-9}$
Uran	+5,8	$2,7 \times 10^{-10}$
Neptun	+7,6	$9,8 \times 10^{-11}$
Garaňky, Aýsyz, dury gije asmanyň 1 kwadrat gradusy (zenitde)	+3,5	3×10^{-4}

Ýyldyz ululyklarynyň şkalasynyň kesgitlemesinden görnüşi ýaly ony doly şöhlelenmä, şeýle-de kesgitli spektral çäklerde-de ulanmak mümkindir.

Bütün spektrde şöhlendirlýän doly energiýany kesgitlemegiň esasynda alnan ýyldyz ululygyna bolometrik diýilýär. Ondan tapawutlylykda, şöhlelenmäniň akymynyň wizual, fotografik, fotoelektrik usullar bilen ölçemeleriniň netijeleri degişlilikde wizual, fotografik, fotoelektrik ýyldyz ululyklaryny kesgitlemäge mümkinçilik berýärler.

§96. Molekulýar fizikadan käbir maglumatlar

İdeal gaz. Astronomik obýektleriň köpüsi ideal gaz ýaly seredip bolýan gazdan ybaratdyr we olar üçin gaz halynyň esasy deňlemesi dogrudyr

$$p = \frac{\rho RT}{\mu} . \quad (6.9)$$

Bu formulada p - gazyň içki basyşy, ρ - onuň dykzlygy, μ - molýar massa, T - onuň absolýut temperaturasy, $R=8,31J/(mol \cdot K)$ - uniwersal gaz hemişeligi.

Belli bolşy ýaly, madda aýry-aýry molekulalardan ybaratdyr we olar tertipsiz ýylylyk hereketdedirler. Eger massasy m bolan molekula v tizlik bilen hereket edýän bolsa, onda onuň kinetik energiýasy

$$\varepsilon = \frac{m v^2}{2} \quad (6.10)$$

deňdir. Jisimiň ýylylyk energiýasy onuň ähli molekulalarynyň kinetik energiýalarynyň jeminden ybaratdyr. Ýygy-ýygýdan çakyşmalar sebäpli molekulalaryň tizligi, onuň bilen bilelikde ýylylyk hereketleriniň kinetik energiýasy hemişe üýtgäp durýar. Emma her bir kesgitli wagt pursaty üçin bir bölejige düşýän ýylylyk energiýasynyň orta ululygy barada aýtmak mümkindir. Jisimiň ýylylyk ýagdaýyny häsiýetlendirýän we bir bölejige düşýän orta kinetik energiýa proporsional bolan ululyga temperatura diýilýär. Eger temperaturany Kelwinlerde, energiýany bolsa Halkara Sistemada (Joul) ölçesek, onda gazyň bir molekulasynda düşýän orta energiýa

$$\varepsilon_0 = \frac{3}{2} kT , \quad (6.11)$$

deňdir. Bu ýerde $k=1,38 \cdot 10^{-23} J/K$ – Bolsmanyň hemişeligi. Bu ululyk 1 mol üçin dälde, bir molekula üçin hasaplanan uniwersal R gaz hemişeligidir, ýagny

$$k = \frac{m}{\mu} R \quad (6.12)$$

Bolsmanyň hemişeliginiň wajyp fiziki manysy bardyr. Gazyň

şöhledenmede ýa-da siňdirmede atomyň elektrony bir energetik derejeden beýleki energetik derejä geçýär diýilýär. Ýöne beýle diýmegiň doly takyk dældigine garamazdan (atom we onuň bilen baglanyşykly elektronlaryň bütewi sistemasynyň energiýasy barada aýtmak mümkin), içki energiýanyň käbir kritiki ululygynda elektron atomdan goparylýar we erkin bölejik ýaly hereket edýänligi bilen bu pikir öz-özünü ödeýär. Bu prosesse ionlaşma, energiýanyň kritiki bahasyna bolsa-ionlaşma energiýasy diýilýär. Edil oýandyrylmadaky ýaly, ionlaşma hem haýsy hem bolsa bir çalt bölejik bilen çakyşmanyň ýa-da ýeterlik kuwwatly ýagtylyk kwantynyň (mysal üçin, ultramelewşe şöhleleri) siňdirilmegi netijesinde ýüze çykyp biler. Eger-de ionlaşdyrýan bölejigiň ýa-da kwantyň energiýasy ionlaşma energiýasyndan köp bolsa, onda goparylan elektron energiýanyň artykmaç bölegini erkin hereketiniň kinetik energiýasy görnüşde alýar. Bu bolsa, köp ultramelewşe kwantlaryny şöhlelendirýän gyzygyn ýyldyzlaryň öz töweregindäki gazy gyzdymagynyň sebäbidir. Neýtral atomyň siňdiren her bir kuwwatly kwanty ony diňe ionlaşdyrmak bilen çäklenmän, goparylan elektrona uly tizlik hem berýär. Beýleki erkin bölejikler bilen çakyşyp, goparylan elektronlar özleriniň kinetik energiýalarynyň belli bir bölegini olara berýär we gazy gyzdyrýar.

Bölekleyin ionlaşan gazda (plazma) fotonlardan (ýagny şöhledenme) başgada üç görnüşli bölejikler: neýtral atomlar, ionlar we erkin elektronlar bardyr. Köplenç kwantlaryň şöhlelendirilmesi ýa-da siňdirilmesi bilen bolup geçýän, elementar atom prosessleriniň hemme köplügi, bu bölejikleriň şöhlenenmäniň hem gatnaşmagyndaky özara täsirlerine syrygýandyr. Ionlaşmadan başgada, elektronlaryň neýtral atomlar bilen çakyşmaları olaryň içki energiýalarynyň artmagyna (oýandyrylmagyna) ýa-da şöhlenenmesiz onuň kemelmegine, ýagny dezaktiwasiýa (bu ýagdaýda oýandyрма energiýasy çakyşýan bölejikleriň kinetik energiýalaryna geçýär, ýagny ýylylyga öwürülýär) getirip biler. Şöhledenme hem elektronyň energiýasynyň artmagyny (ýagtylyk bilen oýandyрма-fotooýandyрма ýa-da fotoionlaşma), ýa-da kemelmegini (mysal üçin, mejbury şöhledenme) ýüze çykaryp

gatnaşygy Plankyň funksiýasyna deňdir. Bu Kirhgofyň belli kanunydyr. *Kesgitli tolkun uzynlygynda şöhlenenme üçin absolýut gara jisimiň şöhlenenijilik ukybynyň siňdirijilik ukybyna bolan gatnaşygy diňe temperatura baglydyr.*

Şöhlenenmäniň we siňdirmäniň elementar prosessleri.

Seýreklandirilen gazlar (mysal üçin, Maýa Ýolunda gabat gelýän diffuz dumanlyklar) *çyzykly spektri* berýär. Olarda şöhlenenme, kesgitli tolkun uzynlygy bilen häsiýetlendirilýän, darajyk çäklerde – ýiti spektral çyzyklarda jemlenendir. Spektriň dürli çäklerinde spektral çyzyklaryň ýerleşşi we mukdary şöhlelendirýän gazyň himiki düzümine, şeýle hem onuň temperaturasyna we dykzylygyna baglydyr.

Her bir spektral çyzygy, kesgitli içki energiýasy bolan, haýsy hem bolsa bir himiki elementiň atomy tarapyndan şöhlelendirilýändir. Bular ýaly atoma *oýandyrylan* diýilýär. Atomlar özleriniň oýandyrylma energiýalaryny, siňdirýän şöhlelenmelerinden, şeýle hem yzygiderli çakyşmalar netijesinde, çakyşýan bölejikleriniň kinetik energiýalaryndan alýarlar. Her bir himiki elementiň atomy diňe oňa mahsus bolan häsiýetli, içki energiýanyň kesgitli takyk bahalarynyň (diskret) tükeniksiz köplüğine eýedir. Içki potensial energiýanyň bu diskret bahalaryna *energetiki derejeler* diýilýär. Adatça, atom oýandyrylan ýagdaýda bary-ýogy mikrosekundyň ýüzden bir ülüşleriniň dowamynda bolýar, ondan soňra ol öz-özünden (spontan) pes energetiki derejä geçýär we şonda elektromagnit şöhlelenmesiniň kwanty görnüşinde, potensial energiýasyny бүтewiligine ýa-da onuň bölegini şöhlelendirýär. Kwantyň energiýasy başlangyç we soňky ýagdaýlarynyň energiýalarynyň tapawudyna deňdir. Energetik derejeleriň diskret bahalarynyň barlygy sebäpli, kesgitli energetik derejeleriň aralaryndaky geçişlerde, şol bir spektral çyzyklarda kwantlar şöhlelendirilýär.

Şeýlelik bilen, spektral çyzyklaryň ýüze çykması atomyň içki energiýasynyň, energiýany şöhlelendirme ýa-da siňdirmese sebäpli üznüksiz üýtgemesi bilen baglydyr.

Atomyň içki energiýasynyň üýtgemesi onuň bir ýa-da birnäçe elektronynyň barlygy bilen baglydyr. Şonuň üçin köplenç

näçe molekulasyň berlen wagt pursatynda energiýanyň haýsy kesgitli bahasyna eýedigini barada biz hiç zat aýdyp bilmeýäris, sebäbi ol molekulalaryň tötänleýin çakyşmalaryna baglydyr. Emma biz molekulalaryň energiýalarynyň ol ýa-da beýleki ululyga deň bolan bahalary almagynyň ähtimallygy barada aýdyp bileris. Sebäbi k hemişelik, $1K$ üçin hasaplanan, bir molekulanyň iň ähtimal alyp biläýjek energiýasydyr. Diýmek, T temperaturada gazyň molekulalarynyň köpüsi kT ululyga ýakyn energiýa eýe bolmalydyrlar. Eger bu energiýa 1 eV deň bolsa, onda gazyň temperaturasy

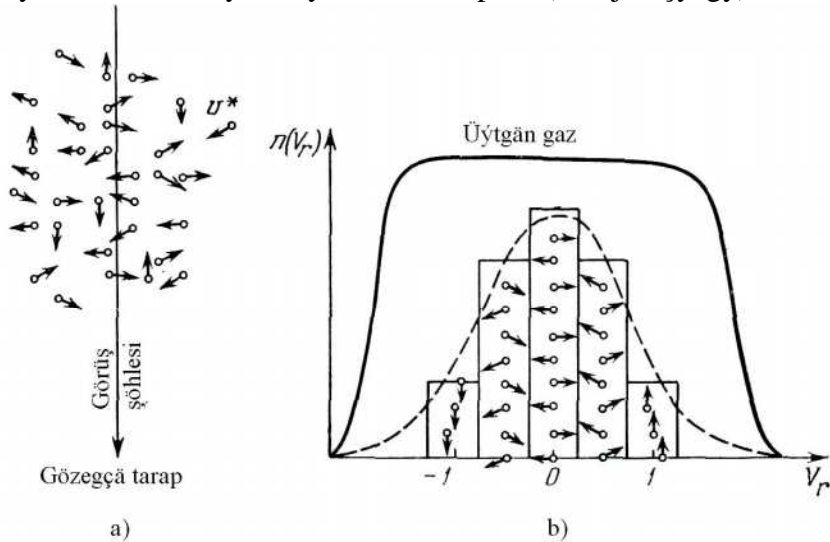
$$T_{1\text{eV}} = \frac{1,60 \cdot 10^{-12} \text{ erg}}{1,38 \cdot 10^{-16} \text{ erg / grad}} \approx 11600 \text{ K} \quad (6.13)$$

Energiýasy kT ululykdan iki esseden köp tapawutlanýan (köp ýa-da az) molekulalaryň sany käbir göwrümde ýerleşen gazyň molekulalarynyň ýarsyndan azdyr. Energiýasy ε -den $\varepsilon + \Delta\varepsilon$ çenli çäklerde bolan energiýaly bölejikleriň sany, $|kT - \varepsilon|$ tapawudyň absolýut ululygy artdygyça, örän çalt kemelýändir. Bölejikleriň tizlikleri hem edil şular ýaly häsiýete eýedir. Emma bu ýagdaýda bölejikleriň hereketi ugurlary boýunça hem tapawutlanýandygyny hasaba almak zerurdyr. Kinetik energiýanyň kT iň ähtimal ululygynyň bahasyna eýe bolan molekula seredeliň. Bu molekula, absolýut ululygy boýunça iň ähtimal tizlige deň bolan tizlik bilen hereket etmelidir we ol

$$v^* = \sqrt{\frac{2kT}{m}} \quad (6.14)$$

deňdir. Goý, hemme molekulalar ululygy boýunça v^* deň bolan, orta tizlik bilen hereket edýän bolsunlar. Molekulalaryň tertipsiz, haotik hereket edýänlikleri üçin aýry-aýry molekulalaryň tizliginiň wektory mümkin bolan, islendik ugur boýunça ugrukdyrylan bolup biler (87-nji a çyzygy). Hususanda, gaza gapdalyndan seredýän gözegçä görälikde, molekulalaryň umumy sanynyň ýarysy, berlen wagt pursatynda oňa tarap ýakynlaşýan, beýleki ýarysy bolsa ondan daşlaşýan bolmalydyr. Molekulalaryň esasy köplügi, görüş şöhlesine perpendikulýar bolan tekizlige ýakyn tekizliklerde hereket edýän bolmalydyr. Bu molekulalaryň

görüŝ ŝöhlesiniň ugry boýunça tizliginiň düzüjileri ýok diýen ýalydyr we olaryň sany, görüŝ ŝöhlesiniň ugry boýunça hereket edýän moelkulalaryň sanyndan has köpdür (87-nji b çyzgy).



87-nji çyzgy. Gazyň bölejikleriniň tizlik boýunça paýlanyşy.

Indi, molekulalaryň tizlikleriniň diňe ugry boýunça däl-de, ululyklary boýunça-da tapawutlanýandygyny hasaba alsak, onda görüŝ ŝöhlesiniň ugry boýunça tizlikleriniň düzüjisi v_r -den $v_r + dv_r$ çenli çäklerde bolan molekulalaryň sany $e^{-\left(\frac{v_r}{v^*}\right)^2}$ eksponenta proporsionaldyr, ýagny

$$n(v_r)dv_r = \frac{n}{v^* \sqrt{\pi}} \cdot e^{-\left(\frac{v_r}{v^*}\right)^2} dv_r \quad (6.15)$$

deňdir. Bu ýerde $e=2,718...$ —natural logarifmiň esasy, $n=1\text{sm}^2$ —daky molekulalaryň umumy sany. Bu Makswelliň paýlanyşynyň kanunydyr.

Köp astronomik meseleleriň çözüwiniň ýakynlaşan bahalaryny almak üçin, hemme bölejikleriň energiýasy birmeňzeş, ululygy bolsa $\frac{3}{2}kT$ deň we olar (6.14) gatnaşyk boýunça kesgitlenen, iň ähtimal v^* -tizlige deň bolan, birdeň ortaça tizlik bilen hereket

boýunça hemme tolkun uzynlyklarda ŝöhlelendirýän energiýasy

$$\varepsilon = \sigma T^4 \quad (6.33)$$

bu ýerde $\sigma=5,67 \cdot 10^{-8} \text{Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ — Stefan-Bolsmanyň hemişeligi. ε ululygynyň ŝöhlelenmäniň akymyny berýänligi üçin, onuň ölçeg birligi $\text{Wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, san taýdan bolsa Plankyň egrisi we absissa oky bilen çäklenen meýdana deňdir.

Maksimumdan iki gapdalda, Plankyň formulasy boýunça häsiýetlendirilýän ŝöhlelenijilik ukyby, dürliçe kemelýändir. Gysga toklunlarda Plankyň formulasyndaky ikinji köpeldijiniň maýdalawjysy uludyr we ŝonuň üçin birligi hasaba alman hem bolýar. Onda Winiň formulasyny alarys:

$$\varepsilon_\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot e^{-\frac{hc}{\lambda kT}}, \quad (6.34)$$

bu formula spektriň melewşe gyrasynda ŝöhlelenijilik ukybynyň örän kert pese düşmesini häsiýetlendirýändir. Spektriň garşylykly tarapynyň ahrynda (infragyzyň ŝöhleler we radiotolkunlar) ŝöhlelenijilik ukyby tolkun uzynlygyna baglylykda has haýal pese düşýändir, sebäbi λ -nyň uly bahalarynda

$$e^{-\frac{hc}{\lambda kT}} \approx 1 + \frac{hc}{\lambda kT}$$

we Plankyň formulasy Releý-Jinsiň formulasyna geçýändir

$$\varepsilon_\lambda = \frac{2\pi c}{\lambda^4} kT. \quad (6.35)$$

Şeýlelikde, spektriň uzyn tolkunly çäginde ŝöhlelenijilik ukyby temperatura proporsionaldyr. Bu formula radioastronomiýada kosmos radioŝöhlelenmesini häsiýetlendirmek üçin ulanylýar. ŝöhlelenmäniň akymynyň temperatura proporsionallygy, gözegçilik edilýän radioŝöhlelenmäniň intensiwligini ŝöhlelenijilik ukyby deň bolan, absolýut gara jisimiň temperaturasynyň üsti bilen aňlatmaga mümkinçilik berýär.

Berlen jisimiň spektriň käbir çäklerinde siňdirýän ŝöhlelenmesiniň bölegine onuň siňdirijilik ukyby (ýa-da siňdirme koeffisiýenti) diýilýär we χ_λ bilen belleniýär. Kesgitleme boýunça, absolýut gara jisimiň siňdirijilik ukyby $\chi_\lambda=1$. ŝonuň üçin absolýut gara jisimiň ŝöhlelenijilik ukybynyň siňdirijilik ukybyna bolan

izolirleýji ýokdur. Ýöne köplenç termodinamiki deňagramlylyga ýakyn şertlere gabat gelinýändir. Mysal üçin, şöhlendirýän jisim, aýdalyň, dury bolmadyk gaz gatlagy – atmosfera bilen gurşalan, ýyldyzyň içki gatlaklary bolanda. Termodinamiki deňagramlylyk şertindäki jisime absolýut gara diýilýär, sebäbi ol öz ýylylyk energiýasyny ýitirip bilmeýär we ol islendik şöhlelenmäni doly siňdirýär.

Absolýut gara jisimiň şöhlelenijilik ukybyny Plankyň formulasy boýunça hasaplap bolýandyr:

$$\varepsilon_\nu d\nu = \frac{2\pi h \nu^3}{c^2} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} d\nu$$

ýa-da

$$\varepsilon_\lambda d\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} d\lambda \quad (6.31)$$

şöhlelenijilik ukyby ε_λ kesgitlenende, $\varepsilon_\lambda d\lambda$ köpeltmek hasyly, jisimiň 1 m^2 üstüniň ähli ugurda spektriň λ -dan $\lambda+d\lambda$ -a çäklerinde şöhlendirýän akymyna deň diýip hasaplanylýar. Şonuň üçin onuň ölçeg birligi $J/(m^2 \cdot s \cdot m) = J/(m^3 \cdot s)$. Eger (6.31) aňlatmany π bölsek, onda şöhlelenýän üstüň ýitiligini alarys. Absolýut gara jisimiň energiýasynyň spektr boýunça paýlanyşy, Plankyň formulasy bilen häsiýetlendirilýän, temperaturanyň birnäçe bahalary üçin grafiki görnüşde 91-nji çyzgyda şekillendirilen. Çyzgydan görnüşi ýaly, hemme egriler aýdyň görünýän, santimetrlerde aňladylan tolkun uzynlykly

$$\lambda_{\max} = \frac{0,290 \text{ sm} \cdot \text{grad}}{T} \quad (6.32)$$

maksimuma eýedir. Bu aňlatma Winiň şöhlelenmäniň maksimumynyň süýşme kanuny diýilýär: *temperaturanyň artmagy bilen absolýut gara jisimiň şöhlelenmesiniň maksimumy spektriň gysga tolkunly çägine süýşýär.*

Temperaturanyň artmagy bilen şöhlelenmäniň diňe reňki üýtgemän, onuň kuwwaty hem üýtgeýändir. *Absolýut gara jisimiň şöhlelenmesiniň kuwwaty temperaturanyň dördünji derejesine proporsionaldyr (Stefan-Bolsman kanuny).* Absolýut gara jisimiň her-bir kwadrat santimetr üstü 1 sekundyň dowamynda ähli ugurlar

edýärler diýip hasaplamak mümkindir. Bu tizlikler, hemme bölejikler üçin degişli bolan orta energiýa

$$\varepsilon_0 = \frac{3}{2} kT$$

eýe bolan molekulanyň orta kwadratik tizliginiň

$$\sqrt{v^2} = \sqrt{\frac{3}{m} kT} = 1,22 v^* \quad (6.16)$$

ululygyna ýakyndyr.

Üýtgän gaz. Ideal gazyň bölejikleriniň sany köpelende, olaryň tizlikleri boýunça paýlanyşy 87-nji b çyzgyda, arasy üzülyän egri bilen görkezilen görnüşini saklaýar. Ýöne, bu egri bilen çäklenen, bölejikleriň doly sanyna proporsional bolan meýdanyň ululygy artýar. Haçanda tizlikleri berlen tizlikleriň çäginde bolan bölejikleriň sany has köp bolan ýagdaýynda, kwant mehanikasynyň kanunlary bilen kesgitlenýän çäklendirme ýüze çykýar we bu ýagdaýa „*üýtgame*“ diýip atlandyrylýar.

Bu çäklendirme, bölejikleriň impulsalarynyň diňe diskret bahalary alyp bilýändikleri, birdeň impulsly has ýakyn bölejikleriň bolup bilmeýändikleri (Pauli prinsipi, düzgüni) bilen baglanyşyklydyr. Şonuň üçin, dykzlygyň käbir bahalaryndan başlap ($T=10^7\text{ K}$ temperaturada bu dykzlyk 10^3 g/sm^3 deňdir), dykzlygyň ondan beýläk artmasy has çalt bölejikleriň çäginde doldurylmagynyň hasabyna bolup geçýändir. Doly *üýtgame* bolanda paýlanyşygyň görnüşi 87-nji b çyzgyda bütewi egri çyzyk bilen görkezilendir. Şeýlelikde, göwrüm birliginiň jemleýji impulsy (ýagny basyş) temperatura bagly bolman başlaýar we diňe bölejikleriň konsentrasiýasy (ýagny dykzlygy) bilen kesgitlenýär. Netijede bölejikleriň tizligi hem dykzlygyň artmagy bilen ulalýar. Kwant statistikasynda *üýtgän* gaz üçin (6.9) formulanyň ýerine $P \approx \rho^{5/3}$ deň bolan baglanyşyk alynýar.

Elementar prosesslerer barada düşünje.

Astrofizikada atomlaryň energiýalarynyň üýtgemesi bilen bagly bolan, gazyň ýylylyk energiýasy bilen onuň şöhlelenmesiniň arasyndaky baglanyşygy kesgitlemäge mümkinçilik berýän, elementar prosesslereri derňemek wajyp ähmiýete eýedir. Ilki bilen,

gazyň bölejikleri özara nähili ýygylýkda çakyşandyklaryny bilmek wajypdyr. Başda ýönekeýleşdirilen ýagdaýa – şarjagaz görnüşli, kese-kesigi σ bolan bir uly molekulalar hereket edýär, beýleki hemme molekulalar bolsa hereket etmeýän nokatlar diýip kabul edip bolýan ýagdaýa seredeliň. Şonda, uly molekulanyň ýolunda islendik başga bir molekulalar her sapar gabat gelende, özara täsirleşme bolup geçýän bolsun. Onda bu molekulalar diňe bir bölejige düşýän boş göwrümi geçýänçä, çakyşman hereket edip biler. Eger molekulalaryň konsentrasiýasy n bölejik/ sm^3 bolsa, onda olaryň her birisine ortaça, giňişligiň $1/n$ sm^3 göwrümi ýetýär.

Kese-kesigi σ bolan bölejik v^* tizlik bilen hereket edip bu göwrümi

$$t = \left(\frac{1}{n} \right) / v^* \sigma = 1 / n v^* \sigma \quad (6.17)$$

wagtda geçer. Bu aňlatma iki yzygider çakyşmalaryň wagt aralygynyň orta ululygyny berýär. Bu ululyga ters bolan ululyk 1 sekundyň dowamynda ortaça näçe çakyşmalaryň boljakdygyny görkezýär we çakyşmalaryň ýygylýgy diýilýär.

$$N = n v^* \delta . \quad (6.18)$$

Bölejigiň yzygider çakyşmalaryň arasynda geçýän ýoluna *erkin ylgaw ýolunyň uzynlygy* diýilýär we ol

$$\Lambda = v^* \cdot t = \frac{1}{n \delta} \quad (6.19)$$

deňdir. Beýleki bölejikleriň kese-kesikleriniň hem ortaça ululygy σ deňdir, onuň meýdanynyň bolsa radiusyň kwadratyna proporsional bolany üçin, alnan formulalarda σ ululygyň ýerine dört esse köp ululygy goýmak gerekdir. Ondan başgada, hemme bölejikleriň hereketlerini birdeň diýip hasaba alsak, onda ýene-de $\sqrt{2}$ esse artmany alarys.

Emma biz bu takykklamalary alnan formulalara girizmeris, sebäbi mikrobölejikler (atomlar, ionlar, erkin elektronlar) üçin geometrik ölçegleri göz önüne getirmäniň manysyny ýitirýänligi has wajypdyr. Şonuň üçin, eger σ berlen hadysa bilen tamamlanýan, seredilýän bölejikleriň ýakynlaşmasynyň ähtimallygyny häsiýetlendirýän, käbir ululyk diýip düşünilende we diňe şonda (6.17) – (6.19) formulalaryň manysy bardyr.

§98. Şöhlenenmäniň häsiýetnamalary we spektral derňewiň esalary

Şöhlenenmäni derňemek-has wajyp astrofiziki usuldyr, onuň kömegi bilen kosmos jisimleri baradaky biziň bilimlerimizniň esasy bölegi alynandyr.

Ýylylyk şöhlenenmesi.

Islendik, iň bärkisi çalaja gyzdyrylan jisim hem elektromagnit tolkunlaryny şöhlelendirýändir (ýylylyk şöhlenenmesi). Emma 1000K-den geçmeýän, pes temperaturalarda esasan hem infragyzyly şöhleler we radiotolkunlar şöhlelendirilýär. Ondan ýokary gyzdyrylmagy bilen ýylylyk şöhlenenmesiniň spektri üýtgeýär: birinjiden, şöhlelendirilýän energiýanyň umumy mukdary artýar; ikinjiden, has gysga tolkun uzynlyklary bolan, ýagny görüňän (gyzyldan melewsä çenli), ultramelewşe, rentgen we ş.m.şöhleler ýüze çykyp başlaýar.

Temperaturanyň her bir kesgitli bahasynda gyzdyrylan jisim hemmesinden güýçli, şöhlenenme spektriň käbir çäklerinde, jisimiň reňkini kesgitleýän çäklerde şöhlelenýär. Mysal üçin, 2000K temperaturada gyzyly şöhleler has güýçli şöhlelendirilýär, 6000K temperaturada – sary-ýaşyl, has ýokary temperaturalarda (10000–20000K)–mawy, gök we melewsä şöhleler şöhlelendirilýär. Energiýanyň takyk paýlanylyşy we spektriň anyk görnüşi umumy ýagdaýda diňe temperatura bagly bolman, şöhlelenýän jisimiň himiki düzümine we fiziki ýagdaýyna baglydyr.

Absolýut gara jisimiň şöhlenenmesi.

Ýylylyk şöhlenenme kanunlarynyň has ýönekeý görnüşi alýan, bir hususy ýagdaý esasy wajyp orna eýedir. Eger şöhlelenýän jisimi daşky gurşawdan düýbünden ýylylyk geçirmeýän diwarlar bilen çäklendirsek (izolirlesek), onda şol çäkleriň hemme ýerinde temperatura birmeňzeş bolandan (deňleşenden) soň, ol ýylylyk deňagramlyk ýagdaýyna geler (termodinamiki deňagramlyk). Bu ýagdaýda onuň şöhlenenmesi diňe temperatura bilen kesgitlenýär we oňa deňagramly şöhlenenme diýilýär. Hakykatda bular ýaly şertler hiç ýerde ýerine ýetýän däldir, sebäbi ideal ýylylyk

ölçeg birliğı sm^2/g . Bu netijäniñ fiziki manysyny anyklamak üçin massanyñ birliğı ýerine siňdirýän maddanyñ bir bölejiginiñ (ýa-da aýry atomyñ) massasyny kabul edeliñ. Onda q massa san taýdan kese-kesiginiñ meýdany $1sm^2$ we uzynlygy l bolan sütünde ýerleşen maddanyñ atomlarynyñ mukdaryna deňdir. Eger $1sm^3$ göwrümdäki bölejikleriñ sany n (sm^{-3}) bilen bellesek (konsentrasiýa), onda

$$q=nl \quad \text{we} \quad \tau = \chi_a n \ell \quad (6.30)$$

bu ýerde χ_a -bir atom üçin hasaplanan siňdirmе koeffisiýenti.

Formuladan görnüşi ýaly, bir bölejik üçin hasaplanan siňdirmе koeffisiýenti meýdanyñ ölçeg birliklerinde aňladylýandyr. Eger-de atomyñ siňdirmе täsirini gelýän şöhlelenmäni ekranirleme ýaly seretmek bolýan bolsa, onda χ_a koeffisiýent, täsiri bir bölejigiñ şöhlelenmäni siňdirmesine deň bolan ekranjygyñ meýdany bolardy. $\tau=1$ bolar ýaly, maddanyñ gatlagynyñ l galyňlygyny alalyñ. Onda bu gatlagyñ her kwadrat santimetr üstüne proyektirlenýän „ekranjyklaryñ“ hemmesiniñ meýdany $1sm^2$ deň bolar. Bular ýaly siňdirmе, kese-kesiginiñ meýdany $10^{-8} sm^2$ bolan bölejikleriñ (mysal üçin tozanjyk) ekranirleýji täsiri diýip hasaplalyñ. Onda ýönekeý hasaplamalardan, görüş şöhlisiniñ ugry boýunça ýerleşen $1sm^2$ kese-kesikli sütünde 10^8 sany ekranirleýji tozanjyklar ýerleşendir. Eger siňdirýän gatlagyñ geometriki galyňlygy belli bolsa, onda $1 sm^3$ göwrümdäki bölejikleriñ n konsentrasiýasyny tapmak mümkindir.

Bu pikir ýöretme §96 seredilen effektiv kese-kesik düşünjesine meňzeşdir. Bu düşünje siňdirýän atomlaryñ mukdaryny tapmak üçin ulanylyp biliner. Emma bu ýagdaýda „ekranjyk“ bilen deňeşdirmäniñ fiziki manysynyñ ýokdugyny göz önünde tutmalydyr, sebäbi atomlaryñ siňdirmе häsiýetnamalary olaryñ içki energiýalary bilen kesgitlenýändir. Ýyldyzyñ atmosferasynyñ şertlerinde, esasy ýagdaýda ýerleşen wodorod atomy üçin χ_a siňdirmе koeffisiýentiniñ ululygy $10^{-13} sm^2$ töweregidir. Özi hem bu siňdirmе spektriñ darajyk zolagynda, ýagny spektral çyzık diýilýän zolagynda bolýar. Üznüksiz spektrde siňdirmе 4 dereje kiçidir.

Bu hadysalara kinetik energiýanyñ täzeden paýlanmasy bilen bolup geçýän maýyşgak çakyşma ýa-da molekulanyñ, atomyñ içki energiýasynyñ kesgitli görnüşde üýtgemesi bilen bolup geçýän çakyşmalary mysal getirmek bolar. Görşümiz ýaly bu parametr meýdan ölçeg birliklerinde aňladylýar we şonuñ üçin *effektiv kese-kesik* diýilýär. Bu ululyk, berlen prosessde seredilýän bölejigiñ özüni alyp barşynyñ geometrik ölçegi σ bolan bölejik ýaly, onuñ özara täsirleşýän bölejikleriñ bolsa hereket etmeýän nokatlar ýalydygyny görkezýär.

Mysal üçin, adaty şertlerde howada molekulalaryñ çakyşmagy üçin effektiv kese-kesik takmynan $10^{-14} sm^2$. Gazdaky erkin elektronlar ýokary temperaturalarda neýtral atomlar bilen çakyşyp, olardan elektronlary goparyp bilýärler (ionlaşma). Bu prosessiñ 10000K temperaturalarda wodorod üçin effektiv kese-kesigi takmynan $10^{-16} sm^2$. Ionlaşan atom bilen duşuşyp, erkin elektron onuñ täsirine düşüp, öňki ornuna gaýdyp gelip bilýär (rekombinasiýa). Bu prosess üçin temperaturanyñ öňki bahalarynda effektiv kese-kesik takmynan $10^{-21} sm^2$ deňdir.

(6.17) – (6.19) formulalardan peýdalanmak üçin, ilki bilen (6.14) formula boýunça berlen temperaturalarda seredilýän bölejigiñ alyp biljek iñ ähtimal tizligini v^* hasaplamaly. Howanyñ molekulalary ortaça 400m/s tizlik bilen hereket edýärler, wodorod atomlary bolsa 10000K temperaturalarda 10km/s tizlik bilen hereket edýärler. Bölejikleriñ orta energiýasy birdeňdir. Şonuñ üçin has ýeñil bolan erkin elektronlar wodorodyñ atomlaryndan 37 esse çalt hereket edýärler.

Normal şertlerde howada çakyşmalar örän ýygdyr (bir sekuntda on milliard töweregi), erkin ylgaw ýolunyñ uzynlygy bolsa mikronyñ ýüzden bir bölegine deňdir. Emma käbir kosmiki şertlerde, mysal üçin ýyldyzlaryñ atmosferasynyñ daşky gatlaklarynda, erkin ylgaw ýolunyñ uzynlygy ep-esli ulydyr we santimetrlerе ýetip biler. Dumanlyklarda gaz gaty seýreklandirilendir we olarda bölejikleriñ çakyşmasy onlarça we yüzlerçe ýylda bir gezek bolýar. Bu wagtyñ dowamynda bölejikler onlarça astronomik birlige deň bolan örän uly aralyklary geçip yetişýärler.

§97. Ýagtylygyň maddadan geçende güýjüniň peselmegi

Gurşawyň (sredanyň) siňdirmе häsiýetlerini, seredilýän gatlakdan geçmezinden öňki ýagtylyk akymynyň geçenden soňky ýagtylyk akymyna bolan gatnaşygynyň natural logarifmi bilen kesgitlenýän, optiki galyňlyk τ bilen häsiýetlendirmek kabul edilendir, ýagny

$$\tau = \ln \frac{\Phi_0}{\Phi}. \quad (6.20)$$

Bu gatnaşygyň onluk logarifmine, ýagny $\lg \frac{\Phi_0}{\Phi}$ bolsa, optiki dykzlyk diýilýär. Bu kesgitlemeden, optiki galyňlygy τ bolan gatlakdan geçenden soň ýagtylyk akymynyň, şeýle hem I intensiwliginiň $e^{-\tau}$ esse kiçelýändigini gelip çykýar, ýagny

$$\Phi = \Phi_0 e^{-\tau} \quad (6.21)$$

$$\text{we} \quad I = I_0 e^{-\tau} \quad (6.22)$$

bu ýerde $e=2.718...$ —natural logarifmiň esasydyr. Hususy halda, ýagtylygyň gowşamasyny ýyldyz ululyklarynda ölçesek, onda (6.8) we (6.20) aňlatmalary deňeşdirip, ýyldyz ululyklarda aňladylan, ýagtylygyň gowşamasyny alarys:

$$\Delta m = 1,08\tau \quad (6.23)$$

Birnäçe parallel gatlaklaryň optiki galyňlygy olaryň optiki galyňlyklarynyň jemine deňdir. Hakykatdan hem, mysal üçin, optiki galyňlyklary τ_1 we τ_2 bolan, iki parallel gatlak bar bolsun, özi hem birinji gatlak Φ_0 akymdan Φ_1 akymy geçirýän, ikinji gatlak bolsa Φ_1 -den onuň Φ_2 bölegini geçirýän bolsa, onda kesgitlemä görä

$$\tau_1 = \ln \frac{\Phi_0}{\Phi_1} \quad \text{we} \quad \tau_2 = \ln \frac{\Phi_1}{\Phi_2}.$$

Iki gatlagyň içinden hem yzygider geçmegi netijesinde, Φ_0 akym Φ_2 ululyga çenli kiçelýär we iki gatlagyň umumy optiki galyňlygy aňlatma boýunça kesgitlenilýär:

$$\tau = \ln \frac{\Phi_0}{\Phi_2} = \ln \frac{\Phi_0}{\Phi_1} + \ln \frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \tau_1 + \tau_2 \quad (6.24)$$

Birnäçe gatlak üçin hem ýokarky pikir ýöretmäniň dogrudygyny subut etmek ýeňildir. Hususy hal hökmünde, bu ýerden, birmeňzeş gatlaklaryň köplüğine bölüp bolýan, birhilli gurşaw üçin, optiki galyňlygyň geometrik galyňlyga proporsionaldygy gelip çykýar.

(6.22) formuladan görnüşi ýaly, optiki galyňlygy $\tau=1$ bolan gatlakdan geçende ýagtylyk $e=2.718$ esse peselýär. τ bahasy 1-den duýarlykly uly bolanda, gatlak dury däl bolýar (optiki galyň). Mysal üçin, $\tau=3$ bolan gatlak düşýän ýagtylygyň diňe 5% geçirýär.

Optiki galyňlygy $\tau < 1$ bolan gatlagda optiki ýuka diýilýär. (6.22) formulanyň sag bölegini hatara dargadyp, kiçi τ -lar üçin alarys:

$$I = I_0 (1 - \tau). \quad (6.25)$$

Bu ýerden, ýuka gatlagyň optiki galyňlygynyň ondan geçýän şöhlelenmäniň intensiwliginiň oňnositel kemelmesine deňdigi gelip çykýar, ýagny

$$\tau = \frac{I_0 - I}{I_0} = \frac{\Delta I}{I_0} \quad (6.26)$$

Başga bir tarapdan, siňdirilen energiýa üçin $\frac{\Delta I}{I_0}$ gatnaşyk

siňdirýän gatlagyň $l \text{ sm}^2$ üstüne degişli q massa proporsionaldyr. Eger τ optiki galyňlygy l geometriki galyňlyk degişli bolsa, onda

$$\tau = \Delta I / I_0 = \chi q = \chi \rho l. \quad (6.27)$$

bu ýerde χ – maddanyň lg mukdary üçin hasaplanan siňdirmе koeffisiýenti, ρ – dykzlyk. Siňdirmе koeffisiýentini, her kwadrat santimetrine lg massasy düşýän maddanyň gatlagynyň optiki galyňlygy ýaly seretmek mümkindir. Hakykatdan-da:

$$\chi = \frac{\tau}{q}. \quad (6.28)$$

Köplenç $\tau = \chi \rho l$ (6.29) aňlatmanyň optiki galyňlygyň kesgitlemesi hökmünde seredilýändigini belläliň.

(6.20) formuladan optiki galyňlygyň ölçeg birliksiz ululykdygy görünýär. Diýmek, (6.29) formulada χ siňdirmе koeffisiýentiniň

interferometriñ antennalary biri-birinden müňlerçe kilometr uzaklykda bolup bilerler. Bu sistemalaryň kömegi bilen radioastronomiýada optiki teleskoplarda alynýan burç çözüp bilijiliginden köp ýokary-duganyň 10^{-4} sekundyna deň ululyklary almak başardandyr.

Radioastronomik usullar bilen Günüň we Aýyň, Gün sistemasynyň planetalaryndan Merkuriýden başlap Uran, biziň Galaktikamyza degişli köp obýektleriň (aşatäze ýyldyzlaryň galyndylarynyň, pulsarlaryň, diffuz we planetar dumanlyklaryň, ýyldyzara gaz bulatlarynyň), galaktikadan daşary obýektleriň radioşöhlenenmeleri öwrenilendir. Radioastronomik gözegçilikleriň netijesinde galaktikadan daşary obýektleriň täze görnüşi-kwazarlar açylandyr. Radioastronomik barlaglar astrofizikanyň köp bölümlerinde örän wajyp netijeleri almaga mümkinçilik berdi.

Gözegçilik etmek üçin radiodiapazonyň optiki diapazon bilen deňeşdirilende käbir özboluşly artykmaçlyklary bardyr. Bulutlaryň radiotolkunlara täsiriniň ýetmeýänligi üçin radioteleskoplarda gözegçilikler bulutly howada hem geçirilýär. Ondan başgada, has gowşak radioşöhlenenmeleriň kosmos çeşmelerine gündüzinede edil gijesine ýaly gowy gözegçilik edip bolýar, sebäbi Gün radiodiapazonda Ýeriň atmosferasyny „ýagtylandyрмаýar“.

Infragyzyň çäklerde (1 mikrondan 1 millimetre çenli tolkun uzynlyklarda) adaty optiki teleskoplar peýdalanylýar. Bu tolkun uzynlyklarda esasy kynçylyk teleskopyň we atmosferanyň ýylylyk şöhlenenmesiniň päsgelçiligidir. Ondan başgada, atmosfera infragyzyň şöhlenenmäniň köp bölegini güýçli siňdirýändir. Ýöne spektriň käbir zolaklaryndaky şöhlenenmäni atmosfera ýeterlik derejede geçirýändir.

Aýratyn kynçylyklar rentgen şöhlenenmelerine (0,1-den 10 angstrom tolkun uzynlyklary) gözegçilik edilende ýüze çykýar. Häzirki zaman ýalpyldatma we tekizleme usullary bu tolkunlary kabul etmäge mümkinçilik berýän takyklykda serpinkdiriji üstleri (zerkalolary) ýasamaga mümkinçilik bermeýär. Emma, şöhläniň düşme we serpinkme burçy normala görä 90^0 -a golaý bolanda („gyýtaklaýyn düşme“) serpinkdiriji üstüň işläp taýýarlanylşyna

tizlik bilen hereket edýän bolsun. Onda üznüksiz elektromagnit yrgyldylaryna görä gözegçi 1 sekundyň dowamynda v_r/λ tolkun ýerleşýän, v_r aralygy geçer. Şeýlelik bilen, gözegçi görýş şöhlesiniň ugry boýunça hereket edende, çeşme bilen aralygy ulalýan bolsa, onda ol v tolkunly kabul etmän, v_r/λ ululyga kem bolan, eger aralyk kiçelýän bolsa, onda v_r/λ ululyga artyk bolan tolkunlary kabul eder. Netijede, gözegçilik edilýän şöhlenenmäniň v ýygylgy üýtgär. Ýygylgyň bu üýtgemesini Δv bilen belläp we v_r şöhle tizliginiň položitel bahalarynyň aralygyň ulalmagyna degişlidigini göz önünde tutup, alarys:

$$\Delta v = v_{gozegci} - v_{sohle} = -v \frac{v_r}{c}.$$

v bilen λ arasyndaky baglanyşygy göz önünde tutup, görüş şöhlesiniň ugry boýunça hereket edilende kabul edilýän şöhlenenmäniň diňe ýygylgyň üýtgemän, onuň tolkun uzynlygynyň hem üýtgeýändigini göreris

$$\Delta \lambda = \lambda_{gozegci} - \lambda_{sohle} = \frac{c}{v_{gozegci}} - \frac{c}{v_{sohle}} = \frac{c \Delta v}{v_{gozegci} - v_{sohle}} = -\lambda \frac{\Delta v}{v}.$$

Bu aňlatmany öň ýanyndaky aňlatma bilen birleşdirip, spektral çyzyklaryň Dopler süýşmesiniň ululygy üçin formulany alarys:

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = -\frac{\Delta v}{v} = \frac{v_r}{c}. \quad (6.40)$$

Dopler süýşmesiniň formulasynyň has takyk çözüwini almak üçin otnositellik teoriýasyny ulanmak gerekdir. Şonda alynýan aňlatma, $v_r \ll c$ bolanda, (6.40) formuladan az tapawutlanýandyr. Ondan başgada, spektral çyzyklaryň süýşmesiniň diňe görüş şöhlesiniň ugry boýunça dälde, oňa perpendikulýar bolan ugurda hereket edilende hem bolup biljekdigi gelip çykýar (Dopleriň kese hadysasy diýilýär). Emma bu hadysa, edil (6.40) formula relýatiwistik düzediş ýaly, $(v/c)^2$ ululyga proporsionaldyr we diňe ýagtylygyň tizligine golaý tizliklerde göz önünde tutulmalydyr.

Dopleriň hadysasy astrofizikada aýratyn wajyp orun eýeleýändir, sebäbi ol spektral çyzyklaryň ýerleşişini ölçemeleriň esasynda asman jisimleriniň hereketleri barada netije çykarmaga

mümkünlük berýär.

Birnäçe mysallara seredeliň. Ýeriň Günün daşynda aýlanýanlygy sebäpli, onuň absolýut ululygy $v=30 \text{ km/s} = 3 \cdot 10^4 \text{ m/s}$ töweregi bolan tizligi özüniň giňişlikdäki ugruny üýtgedýär. Şonuň üçin, berlen wagt pursatynda Ýeriň hereketi ugrukdyrylan ýyldyzlaryň spektrlerindäki çyzyklary çalaja melewşe tarapa, $\Delta\lambda$ ululyga süýşýär, özi hem

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c} = 10^{-4}.$$

Tolkun uzynlygy $\lambda=5000\text{Å}$ bolan ýaşyl çyzyk üçin süýşme $0,5\text{Å}$ deňdir we ony ýeňil ölçäp bolýandyр. Ýeriň ýyllyk hereketiniň tizliginiň wektory ekliptikanyň tekizliginde ýerleşendir we Güne tarap ugra perpendikulýardyr. Şonuň üçin, spektral çyzyklaryň süýşmesiniň iň uly bahasy ekliptikanyň golaýynda, Günden 90° uzaklykda ýerleşen ýyldyzlaryň spektrlerine degişlidir. Ýeriň Günün daşyndan aýlanmasynyň ekliptikanyň demirgazyk polýusyndan seredenimizde sagat diliniň tersine bolýandygy sebäpli, gündogara tarap 90° –da ýerleşen nokatda çyzyklar gyzyň çäge tarap, garşylykly tarapda bolsa melewşe çäge tarap süýşýändirler.

Asman sferasynyň galan ähli nokatlarynda ýerleşen ýyldyzlaryň spektrlerindäki çyzyklaryň, Ýeriň ýyllyk hereketi netijesinde ýüze çykýan süýşmesi kiçidir. Bu süýşme ekliptikanyň polýusynda ýerleşen ýyldyzlar üçin, Güne tarap we ondan gaýdýan ugurlarda nola deňdir. Ekwatoryndaky çyzykly tizligi $0,5\text{km/s}$ uly bolmadyk, Ýeriň gije-gündiz öz okunyň daşynda aýlanmasy sebäpli ýüze çykýan spektral çyzyklaryň süýşmesi has kiçidir (angstremiň müňden bir ülüşlerine deň).

Spektral çyzyklaryň süýşmesini ölçemek üçin öwrenilýän obýektiň, mysal üçin ýyldyzyň, spektral çyzyklary düşürilen fotoplastinka, spektral çyzyklary belli bolan, tejribe çeşmesiniň spektri surata düşürilýär. Soňra, takyk mikrometrler bilen üpjün edilen mikroskoplaryň kömegi bilen öwrenilýän obýektiň çyzyklarynyň tejribe çeşmesiniň tolkun uzynlyklary belli bolan çyzyklaryna görä $\Delta\lambda$ süýşmesini ölçeyärler, (6.40) formula boýunça bolsa v_r şöhle tizligi hasaplanylýar. Eger bu

Netijede interferometriň ugrukdyrylyş diagrammasy esasa parallel bolan ugurda maksimumlarynyň (minimumlarynyň) burç aralygy

$$\Delta\theta = \arcsin \frac{(n+1)\lambda}{a} - \arcsin \frac{n\lambda}{a} \approx \frac{\lambda}{a}$$

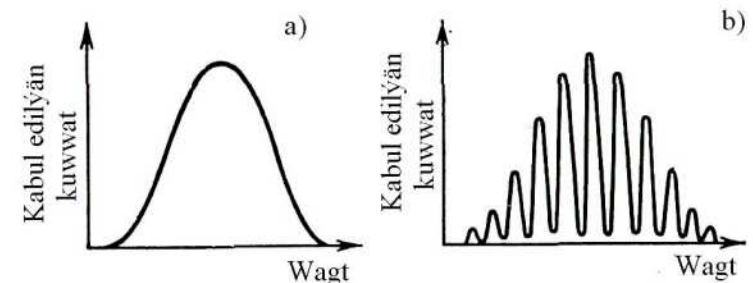
$$\Delta\theta = \arcsin \frac{(n+1)\lambda}{a} - \arcsin \frac{n\lambda}{a} \approx \frac{\lambda}{a} \quad (7.7)$$

deň bolan, insizje ýapraklardan ybaratdyр. Doly ugrukdyrylyş diagrammasynyň görnüşi (esasyň çyzygynyň üstünden geçýän tekizligiň kese-keseginde) 104-nji çyzgyda görkezilen.

a esasyň aralygyny örän uly alyp hem bolýar:

$a \gg D$, şonuň üçin interferometrleriň kömegi bilen örän golaý ýerleşen nokatlanç çeşmeleri biri-birinden seljerip, çözüp bolýar.

Nokatlanç çeşmäniň radioşöhlelenmesi gözegçilik edilende bir antenna kabul edilýän bolsa, onda 105-nji a çyzgyda görkezilen ýaly ýazgy, interferometre kabul edilýän bolsa, onda 105-nji b çyzgyda görkezilen ýaly şekili alarys. Eger çeşmäniň burç ölçegleri $\Delta\theta$ -dan köp uly bolsa, onda çeşme interferometr tarapyndan kabul edilmeyär (registrirlenmeyär). Esasyň uzynlygyny üýtgedip, çeşmäniň bir koordinata boýunça ölçeglerini we onuň ýitiliginiň paýlanylyşyny kesgitläp bolýar. Şu ölçegleri a esasyň ugrukdyrylyşyny üýtgedip geçirsek, onda ýitiligiň başga koordinata boýunça paýlanylyşyny bilip bileris.



105-nji çyzgy. Radioşöhlelenmäniň nokatlanç çeşmesiniň ugrukdyryş diagrammasyndan geçende ýazgysy: a) ýeke antennada; b) ikiantennaly interferometrde.

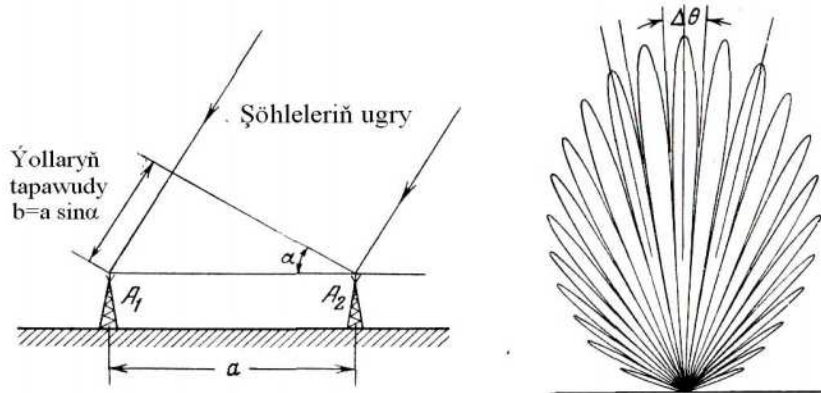
Iki özbaşdak kabul edijileri ulanyp radiointerferometrik gözegçilikleri geçirmegiň usulýeti işlenip düzüldir. Bu usulda

üpjün edýän burç çözüp bilijiligi

$$\delta = \frac{0,7}{300} = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ radian} \approx 8',$$

ýagny, orta optiki teleskopyň çözüp bilijiligiň (1-2") çäginde birnäçe ýüz esse pesdir. Oňa garamazdan teleskoplaryň çözüp bilijiligi deňleşdirmäge mümkinçilik berýän ýörite usul bardyr. Ony radiointerferometriň kömegi bilen ýerine ýetirip bolýandyr.

Ýönekeý *radiointerferometr* biri-birinden interferometriň esasy (bazasy) diýip atlandyrylýan, a aralykda ýerleşdirilen, iki antennadan ybarat bolan sistemadyr (104-njy çyzgy). Antennalaryň ikisiniň hem şöhlelendirilijisi ýörite simler (fider) boýunça kabul edilen signaly şol bir kabul edijiniň girişine berýärler.



104-njy çyzgy. Radiointerferometr:
çepde – ikiantennaly radiointerferometriň çyzgysy;
sagda – ikiantennaly interferometriň ugrukdyryş diagrammasy.

A_1 antenna elektromagnit tolkun A_2 antenna garanynda käbir gijä galma bilen gelýär. Eger gijä galma (“ýollaryň tapawudy”) bitin tolkun uzynlygyna deň bolsa,

$$b = a \sin \alpha = n \lambda$$

onda signallar kabul edijiniň girişinde goşulýarlar, sebäbi olaryň fazalary birmeňzeş bolýar. Eger-de

$$b = \left(n + \frac{1}{2}\right) \lambda$$

bolsa, onda signallar ters fazada gelýänleri üçin aýrylýarlar.

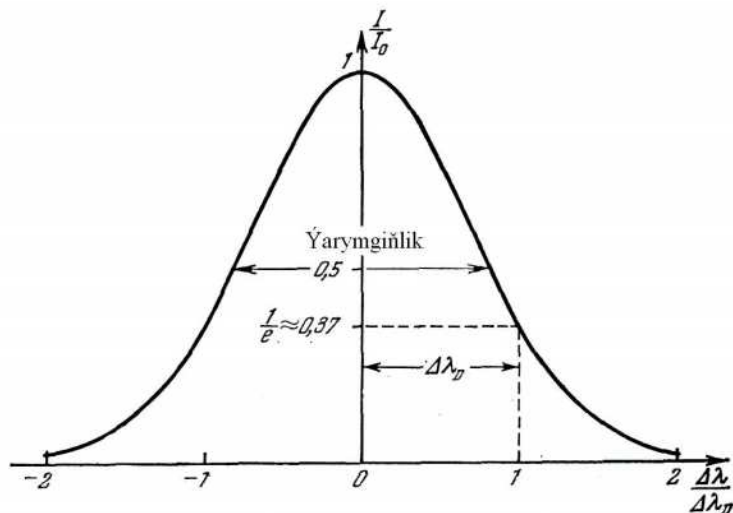
tizlikden Ýeriň ýyllyk hereketiniň tizliginiň görüş şöhlesine bolan proyeksiýasyny aýyrsak, onda ýyldyzyň Gün sistemasyna görä şöhle tizligini alarys.

Dopleriň hadysasy öwrenilýän jisimiň diňe hereketi barada dälde, onuň aýlanmasy barada hem netije çykarmaga mümkinçilik berýär. Mysal üçin, Günüň öz okunyň daşynda aýlanýanlygy sebäpli onuň gündogar gyrasy bize tarap golaýlaşýar, günbatar tarapy bolsa daşlaşýar. In uly tizlik (Gün ekwatorynda) 2 km/s -ululyga ýetýär we $\lambda = 5000 \text{ Å}$ tolkun uzynlygy üçin $\Delta \lambda = 0,035 \text{ Å}$ süýşmäni berýär. Gün diskiniň merkezine we polýuslaryna ýakynlaşdygymyza, şöhle tizligi, şeýle hem onuň bilen bilelikde Dopler süýşmesi nola çenli kemelýär. Ýyldyžlar üçin olaryň üstleriniň aýry-áýry bölekleriniň şöhlelenmesine gözegçilik edip bolmaýar. Ýyldyzyň gözegçilik edilýän spektri onuň diskiniň, aýlanýan ýyldyz üçin spektriň çyzyklarynyň dürli süýşmelerini berýän, hemme nokatlarynyň spektrleriniň biri-biriniň üstüne goýulmagy netijesinde alynýandyr. Netijede spektral çyzyklaryň giňelmesi ýüze çykýar we olar boýunça ýyldyzyň öz okunyň daşynda aýlanmasynyň çyzykly tizligi barada netije çykarmak mümkindir. Käbir ýyldyžlaryň aýlanmasynyň çyzykly tizligi örän uly bahalara, sekuntda ýüzlerçe kilometre ýetýändir.

Hatda şöhlelendirýän gaz bütewiligine, görüş şöhlesiniň ugry boýunça otnositel hereket etmeýän ýagdaýynda hem, aýry-áýry atomlar tarapyndan şöhlelendirilýän spektral çyzyklary, tertipsiz ýylylyk hereketi sebäpli, Dopler süýşmesine eýedirler. Her bir wagt pursatynda, ähli mümkin bolan tizlikli atomlaryň köplügi bize ýakynlaşýandyr we şonça sany atomlar şol tizliklerde bizden daşlaşýandyr. Şonuň üçin spektral çyzygyň simmetrik giňelmesi bolup geçýär (90-njy çyzgy).

Spektral çyzygyň çäklerinde, darajyk zolakda şöhlelendirilýän energiýanyň paýlanyşyny görkezýän, bular ýaly grafige onuň profili diýilýär. Eger spektral çyzygyň giňelmesi şöhlelendirýän atomlaryň diňe ýylylyk hereketleriniň netijesi bolsa, onda profiliň giňligi boýunça ýagtylanýan gazyň temperaturasy barada netije çykaryp bolýandyr. Hakykatdan-da, öň §6.4. belleýşimiz ýaly, görüş şöhlesiniň ugry boýunça dürli v_r tizlikli bölejikleriň sany, $|v_r|$

artmagy bilen $e^{-(v_r/v_r^*)}$ kanun boýunça kemelýändir. Şonuň bilen birlikde, $|v_r|$ näçe uly boldugyça, degişli atom şonçada uzakda, spektral çyzygyň ganatlarynyň ýakynynda şöhlelendirýär. $v_r > 0$ bolanda şöhlelenme gyzyň ganatda, $v_r < 0$ bolanda bolsa gök ganatda bolýar.



90-njy çyzgy. Spektral çyzygyň Dopler profili.

Eger gaz seredilýän çyzykda şöhlelenme üçin dury (öz-özünden siňdirilme ýok bolsa) we netijede profiliň her bir nokadynda intensiwlik, degişli v_r tizlige eýe bolan atomlaryň mukdaryna proporsional bolsa, onda spektral çyzygyň profili atomlaryň tizlik boýunça paýlanyşynyň kanunyny (6.15) gaýtalaýar we 90-njy çyzgyda şekillendirilen egri, formula bilen berilýär:

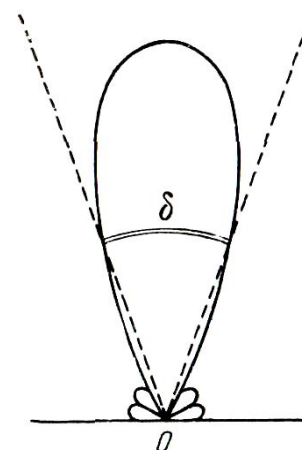
$$I = I_0 e^{-\left(\frac{v_r}{v^*}\right)^2} \quad (6.41)$$

$v_r = v^*$ tizlikli bölejikleriň sanynyň $v_r = 0$ tizlikli bölejikleriň sanyndan e esse azdygy (6.15) formuladan görünýär. v^* tizlikli atomlar merkezi I_0 intensiwlikden e esse kiçi bolan, profiliň I intensiwlikli nokadynyň çyzyklara degişli şöhlelenmäni döredýärler. Intensiwligi merkezi çyzygyň intensiwliginiň $1/e$

Bu radioteleskop 600 metr diametrli, paraboloidiň segmentini emele getirýän, $2 \times 7,4 \text{ m}$ ölçegli 900 sany tekiz zerkalolardan ybarat bolan, ýapyk halka görnüşlidir. Kiçi zenit aralyklarda bütin halka, uly zenit aralyklarda bolsa onuň käbir bölegi işläp bilýändir. Bu görnüşli antennalara doldurylmadyk aperturaly antenna diýilýär.

Uzynlygy birnäçe metr we ondan hem uly bolan tolkunlarda parabolik antennalar ulanylmaýar. Onuň üçin, özara elektrik baglanyşygy, radioteleskopyň kabul etmegi üçin zerur bolan ugrukdyryşy üpjün edýän, köp sany dipol antennalardan ybarat sistemalar peýdalanylýar.

Radioteleskoplaryň burç çözüp bilijilik güýjüni beýan etmek üçin ýörite häsiýetnama-ugrukdyrylyş diagrammasy peýdalanylýar. Radioteleskopyň duýgurlygynyň radioşöhlelenmäniň nokatlanç çeşmesiniň antenna görä ýerleşişine baglylygyna ugrukdyrylyş diagrammasy diýilýär. Simmetrik parabolik antennaly radioteleskopyň ugrukdyrylyş diagrammasy onuň okuna görä simmetrikdir. Bular ýaly diagrammanyň görnüşiniň mysaly 103-nji çyzgyda görkezilen. Radioteleskopyň



103-nji çyzgy. Antennanyň ugrukdyrylyş diagrammasy.

burç çözüp bilijiligi (iki çeşmäniň aýry-aýrylygyny seljerip kabul edýän, çeşmeleriň arasyndaky iň kiçi burç), “kuwwadyň ýarysý boýunça” ugrukdyrylyş diagrammasynyň giňligine takmynan deňdir (103-nji çyzgy, δ -burç). Nazarýet boýunça burç çözüp bilijiligi çäklendirýän fiziki sebäp, edil optiki teleskopdaky ýaly, difraksiýadyr.

Kabul edilýän tolkun uzynlyklaryň örän ululygy sebäpli, örän uly ölçeglerine garamazdan, radioastronomik zerkalolaryň burç çözüp bilijiligi boýunça optiki teleskoplardan köp pesdirler.

300 metrlik Aresibo antenasy 70 sm işçi tolkun uzynlykda

mümkünçilik bermeyär. Ýöne Ýeriň gije-gündiziň dowamyndaky hereketi we antennanyň şöhlendirilijisini süýşürüp bolýandygy asmanyň ep-esli bölegine gözegçilik etmäge mümkinçilik berýär.

Ölçegleri kiçi bolan radioastronomik zerkalolar wertikal-azimutal ýa-da ekwatorial guralda (montirowka) gurnalýar. Bular ýaly görünüşli iň uly, diametri 100m bolan antenna Germaniýa Federativ Respublikasynda gurnalandy (102-nji çyzgy). Emma äpet antennalar millimetr uzynlykly tolkunlarda işläp bilmeýärler. Sebäbi uly ölçegli parabolik görünüşli üsti millimetriň ondan bir üleşleriniň takyklygynda işläp taýýarlamak örän çylşyrymlydyr. Has gysga tolkunlarda işlemek üçin niýetlenen, ýokary takyklygy bolan gurallara Russia Federasiýasyndaky 22-metrlik radioteleskoplary degişlidir.



102-nji çyzgy. 100-metrlik radioteleskop.

Örän uly ölçegli radioteleskoplar kabul edilýän şöhlelenmäni bir şöhlendirilijä fokusirleýän, köp sanly, aýry-aýry zerkalolardan gurnalyp bilýändir. Oňa mysal edip, Russia Federasiýasynyň RATAN-600 radioteleskopy görkezmek bolar.

(37%) bölegine deň bolan profiliň çyzyklarynyň nokatlarynyň aralygynyň ýarysyna *spektral çyzygyň Doppler giňligi* $\Delta\lambda_D$ diýilýär. $\Delta\lambda_D$ ululyga deň bolan süýşmesi bolan spektral çyzygy şöhlendirýän atomlar iň ähtimal v^* tizlik bilen hereket edýän bolmalydyrlar, onda

$$\frac{\Delta\lambda_D}{\lambda} = \frac{v^*}{c}.$$

Eger bu tizlik diňe ýylylyk hereketleriniň netijesi bolsa, onda (6.14) formulany göz önünde tutup, alarys:

$$\Delta\lambda_D = \frac{\lambda}{c} \sqrt{\frac{2kT}{m}} = \frac{\lambda}{c} \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}, \quad (6.42)$$

$$\text{bu ýerden } T = \frac{mc^2}{2k} \left(\frac{\Delta\lambda_D}{\lambda} \right)^2 \quad (6.43)$$

Eger ýylylyk hereketlerinden başga, gazda akymlar ýa-da uly ölçegli başga hereketler (mysal üçin, turbulentlik) gözegçilik edilýän bolsa, onda spektral çyzyk has hem giňelýär, kähalatlarda bolsa dürli akymlara degişli bolan birnäçe çyzyklara bölünýär. Şeýlelik bilen, spektral çyzyklaryň profillerini öwrenip, şöhlendirýän gazyň temperaturasy barada, şeýle hem ondaky hereketler barada netije çykaryp bolýar.

§100. Temperaturany kesgitlemegiň usullary

Ilki bilen temperaturanyň jisimiň bir bölejiginiň orta kinetik energiýasyny häsiýetlendirýändigini ýatlamak möhümdir (§96). Köplenç temperatura diýip ony ol ýa-da beýleki usul bilen ölçemegiň netijesine aýdýarlar. Şonuň üçin, „temperatura“ termininiň ýokarda görkezilen manyda ulanylýandygyny nygtalynjak bolsa, onda *kinetik temperatura* diýilýär.

Temperatura maddanyň ýagdaýynyň örän wajyp häsiýetnamasydyr we maddanyň esasy fiziki häsiýetleri oňa baglydyr. Temperaturany kesgitlemek iň çylşyrymly astrofiziki meseleleriň biridir. Bu kynçylyk temperaturany kesgitlemegiň ulanylýan usullarynyň çylşyrymlylygy, şeýle hem olaryň

käbirleriniň prinsipial nätakyklygy bilen baglanyşyklydyr. Astronomlar, käbir seýrek ýagdaýlardan başga wagty, öwrenilýän jisimiň özünde goýulan, haýsy hem bolsa bir enjamyň kömegi bilen temperaturany gös göni ölçäp bilýän däldirler. Emma temperaturany ölçemäge mümkinçilik döräýende-de, köp ýagdaýlarda temperatura ölçeyän enjamlar peýdasyz bolardy, sebäbi olaryň görkezmeleri temperaturanyň hakyky ululygyndan düýpli tapawutlanar. Termometr diňe temperaturasy ölçenýän jisim bilen ýylylyk deňagramlylykda bolanda, temperaturanyň dogry ululygyny berýändir. Şol sebäpli, ýylylyk deňagramlylyk ýagdaýynda bolmadyk jisimler üçin termometr ulanmak prinsipial mümkin däldir we olaryň temperaturalaryny kesgitlemek üçin ýörite usullary ulanmak zerurdyr. Temperaturany kesgitlemegiň esasy usullaryna we olary ulanmagyň wajyp ýagdaýlaryna seredeliň.

Spektral çyzyklaryň giňligi boýunça temperaturany kesgitlemek.

Bu usul, gözegçiliklerden şöhlelenme ýa-da siňdirmiş spektral çyzyklarynyň Dopler giňligi belli bolanda, (6.43) formulany peýdalanmaklyga esaslanandyr. Eger gaz gatlagy optiki ýuka bolsa (öz-özünden siňdirilme ýok), onuň atomlary diňe ýylylyk hereketine eýe bolsalar, onda bu usul bilen gös-göni kinetik temperaturanyň bahasy alynýar. Emma köplenç bu şertler ýerine ýetirilmeýär. Gözegçilik edilýän profilleriň, 90-njy çyzgyda şekillendirilen Gaussyň egrisinden tapawutlanmaklary, agzalan şertleriň ýerine ýetmeýändigini görkezýär. Hakykatdan hem, bu ýagdaýlarda spektral çyzyklaryň profilleriniň esasynda temperaturany kesgitlemek meselesi has hem çylşyrymlaşýar.

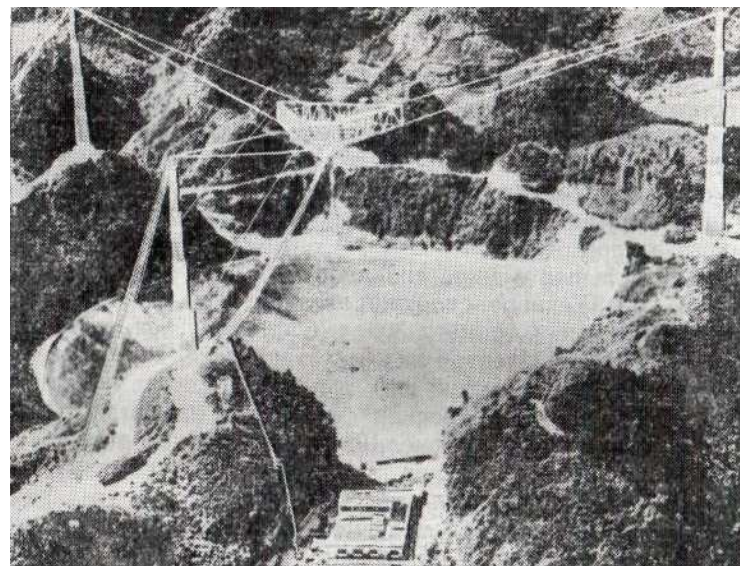
Gözegçilik edilýän şöhlelenmäniň döremegine getirýän, elementar prosessleri öwrenmegiň esasynda temperaturany kesgitlemek.

Temperaturany kesgitlemegiň bu usuly spektri teoriýa boýunça hasaplap, netijeleri gözegçiliklerden alnan maglumatlar bilen deňeşdirmeklige esaslanandyr. Bu usulyň ulanylyşyny ön seredip geçilen, Gün täjiniň mysalynda görkezeliň. Gün täjiniň spektrinde, atomlary onlarça daşky elektronlaryny ýitiren we onuň üçin

ýaly, λ tolkun uzynlygynyň $\lambda/8$ böleginden uly bolmaly däldir.

Mysal üçin, $\lambda = 10\text{sm}$ tolkun uzynlygy üçin zerkalonyň takyklygy 1sm bolsa ýeterlikdir. Ondan başga-da, radioteleskopyň zerkalosyny bir bütewi materialdan etmän, paraboloidal görnüşli bolan karkasa (sudura) metallik tor çekmek hem mümkindir. Eger zerkalonyň oklar boýunça öwrülmesini şöhlelendirilijiniň süýşmesi (10^0 -dan 20^0 -sa çenli çäklerde) bilen çalşyrsak, onda radioteleskopy hereket etmez ýaly berkidip bolýandyr. Bu özboluşlyklaryň esasynda radioteleskoplar optiki teleskoplardan ölçegleri boýunça köp uly bolup bilýärler.

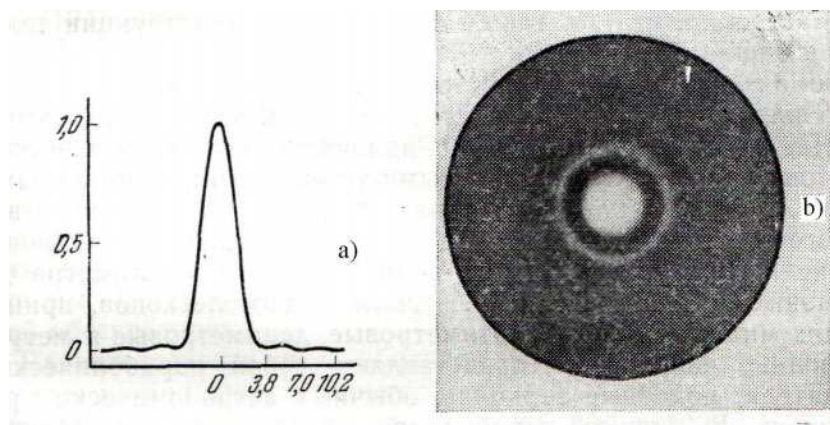
Dünýäde iň uly bir bütewi zerkaloly (doly profilli) radioastronomik antennanyň 300m diametri bardyr we ol Aresibo (Puerto-Riko) observatoriýasynda ýerleşendir. Bu antenna paraboloid görnüşli berlen, beton bilen berkidilen we betonyň



101-nji çyzgy. Aresibodaky (Puerto-Riko) 300-metrlik radioteleskop.

üstüne metal örtük örtülen tebigy çöketlikde, ýagny öçen wulkanyň kraterinden gurulandyr (101-nji çyzgy). Zenite ugrukdyrylan, hereket etmeýän bu antenna asman sferasynyň islendik nokadyndan gelýän radiotolkunlary kabul etmäge

şeyle hem teleskopyň we guralyň ölçeglerine, gurluşyna baglydyr.



100-nji çyzgy. a) Nokatlanç çeşmäniň difraksion şekilinde ýitilgiň paýlanyşy; b) Nokatlanç çeşmäniň güýçli ulaldylan difraksion fotosuraty.

Kosmos jisimleri elektromagnit energiýasyny ýygylgyň örän giň çäklerinde-gamma şöhlelerinden başlap tä has uzyň radiotolkunlara çenli aralykda şöhlelendirýändirler (§94 seret). Kosmos obýektleriniň radioşöhlelenmesi, radioteleskop diýilýän, antennadan we örän duýgur kabul edijiden ybarat bolan gurluşyň kömegi bilen kabul edilýär. Häzirki wagtda kosmos radioşöhlelenmesi bir millimetrden başlap onlarça metrler çenli tolkun uzynlyklarda öwrenilýändir. Millimetr, santimetr, desimetr we metr uzynlykly tolkunlary kabul edýän radioteleskoplaryň antennalary, köplenç adaty astronomik reflektorlaryň zerkalolaryna meňzeşlikde, parabola görnüşli serpidirijilerdir. Paraboloidiň fokusynda, zerkalo tarapyndan oňa ugrukdyrylýan radioşöhlelenmäni ýygnaýan gurluş-şöhlelendiriliji ýerleşdirilýär. Şöhlelendiriliji - kabul edilen energiýany kabul edijiniň girişine berýär, güýçlendirilenden we detektirlenenden soň ölçeýji enjama berilýär, maglumaty göterijä ýazylýar.

Radioastronomik zerkalolar optiki zerkalolar ýaly takyklyk bilen taýýarlamagy talap etmeýärler. Zerkalo ýoýulma bermez ýaly, berlen parabolik görnüşden gyşarmalar, ön belläp geçişimiz

azyndan birnäçe yüzlerçe elektron-wolt energiýa gerek bolan, birnäçe gezek ionlaşan elementlere degişli bolan şöhlelenme çyzyklary bardyr. Gazyň bular ýaly güýçli ionlaşmasyny ýüze çykarmak üçin Gün şöhlelenmesiniň kuwwaty ýeterlik däl. Ony diňe örän uly energiýaly, çalt bölejikler bilen, esasan hem erkin elektronlar bilen çakyşma esasynda düşündürmek mümkindir. Diýmek, Gün täjindäki bölejikleriň esasy köplügiň ýylylyk energiýasy birnäçe yüz elektron-wolta deň bolmalydyr. Elektron-woltlarda aňladylýan energiýany ε bilen belläp we (6.13) aňlatmany göz önünde tutup, alarys

$$T = 11600 \varepsilon.$$

Onda gazyň bölejikleriniň $100eV$ energiýaly esasy köplügi million gradusdan uly temperaturalarda bolar.

Absolýut gara jisimiň şöhlelenme kanunyny ulanmaklygyny esasynda temperaturany kesgitlemek.

Temperaturany kesgitlemegiň iň köp ýaýran usullarynyň bir topary gözegçilik edilýän şöhlelenmä absolýut gara jisimiň şöhlelenme kanunlaryny (takyk aýdylanda, diňe termodinamiki deňagramlylyga degişli) ulanmaklyga esaslanandyr. Emma şu paragrafyň başynda belläp geçen sebäplerimize görä, bu usullaryň ählisi prinsipial taýdan nätakykdyr we özünde azda-kände ýalňyşlyklary saklaýan netijelere getirýär. Şonuň üçin, bu usullary temperatura takmynan baha bermek üçin ýa-da bu ýalňyşlyklaryň, ölçenilýän temperaturanyň ululygy bilen deňeşdirilende hasaba alardan kiçi ululykdygyny subut edip bolanda ulanylýar. Bu ýagdaýlara seredeliň.

Optiki galyň, dury däl gaz gatlagy, Kirhgofyň kanunyna laýyklykda, üznüksiz spektrde güýçli şöhlelenme berýär. Oňa mysal edip, ýyldyzyň atmosferasynyň has içinde ýerleşen gatlaklaryny görkezmek mümkindir. Bu gatlaklar näçe içgin ýerleşdikleriçe, şonça-da daşky gurşap alan giňişlikden gowy izolirlenen bolýarlar we olaryň şöhlelenmesi deňagramly şöhlelenmä ýakyn bolýar. Şol sebäpli, şöhlelenmeleri bize çenli düýbünden ýetmeýän, ýyldyzyň içki gatlaklary üçin ýylylyk şöhlelenmesiniň kanunlary ýokary takyklyk bilen ýerine ýetýändirler.

Ýyldyzyň daşky gatlaklary üçin düýbünden başgaçadyr. Olar, ýyldyzyň doly izolirlenen içki gatlaklary bilen bütewiligine dury bolan daşky (görünýän şöhlelenme göz önünde tutulýar) gatlaklarynyň arasyndaky aralyk ýagdaýy eýeleýär. Hakykatdanda biz τ optiki galyňlyklary 1-den uly tapawutlanmaýan gatlaklary görýäris. Has içgin, çuňda ýerleşen gatlaklar, dury dälligiň çuňluk boýunça örän çalt artýandygy sebäpli erbet görünýärler, τ ululygy örän kiçi bolan, has daşky gatlaklar bolsa gowşak şöhlendirýändirler (optiki ýuka gatlagyň şöhlelenmesi onün optiki galyňlygyna proporsionaldygyny ýatladýarys). Diýmek, berlen jisimiň çäklerinden daşyna çykýan şöhlelenme, esasan hem $\tau \approx 1$ bolan gatlaklarda döreyändir. Başgaça aydanymyzda, biziň görýän gatlaklarymyz gazyň dury däl bolup başlaýan çuňluklarynda ýerleşendirler. Olar üçin ýylylyk şöhlelenme kanunlary takmynan ýerine ýetýändirler. Şeýlelikde, ýyldyzlar üçin spektrlerinde energiýanyň paýlanylyşyny ýatladýan, örän gödek hem bolsa, Plankyň egrisini saýlamak başardýandyr. Bu bolsa ýyldyzlaryň şöhlelenmesine uly çäklendirmeler bilen Plankyň, Stefan-Bolsmanyň we Winiň kanunlaryny ulanmaga mümkinçilik berýär.

Bu kanunlaryň Günün şöhlelenmesine ulanylyşyna seredeliň. 91-nji çyzgyda gözegçilik edilýän, Günün diskiniň merkeziniň spektrinde energiýanyň paýlanylyşy dürli temperaturalar üçin Plankyň birnäçe egrisi bilen şekillendirilen. Çyzgydan görnüşi ýaly egrileriň hiç biri hem Gün üçin egri bilen gabat gelmeýär. Bu egride şöhlelenmäniň maksimumy çürt-kesik, aýdyň däl. Eger maksimum $\lambda_{max}=4300\text{\AA}$ degişli diýip kabul etsek, onda Winiň süýşme kanuny boýunça kesgitlenen temperatura $T(\lambda_{max})=6750\text{K}$ bolar. Gün üstüniň 1sm^2 -ynyň şöhlendirýän doly energiýasy

$$\varepsilon_0=6,28 \cdot 10^{10} \text{ erg}/(\text{sm}^2 \text{ s})=6,28 \cdot 10^7 \text{ J}/(\text{m}^2 \text{ s}).$$

Bu ululygy Stefan-Bolsmanyň kanunynyň (6.33) formulasynda goýup, effektiw temperatura diýilýän temperaturany alarys

$$T_{eff} = \sqrt[4]{\frac{\varepsilon_0}{\sigma}} = 5770 \text{ K}.$$

Şeýlelikde, jisimiň effektiw temperaturasy diýip, her kwadrat santimetriniň bütin spektrde şöhlendirýän energiýasynyň akymy,

fotografik teleskopda), planetalaryň disklerinde şonça köp detallary seljermek, biri-birine has golaý ýerleşen goşa ýyldyzlary tapawutlandyrmak we ş.m. mümkin bolýjak ýalydyr. Hakykatda bolsa bu beýle däl. Bu ýerde difraksiýa hadysasy bilen baglanyşykly bolan prinsipial çäklendirme bardyr. Difraksiýa sebäpli kemsiz, ideal obýektiw hem nokatlanç obýektiň şekilini nokat görnüşinde gurup bilmeýär. Nokadyň ýerine, intensiwligi şekiliň merkezinden daşlaşdygymyzça kemelýän, difraksion halkalaryň sistemasy daşyny gurşap alan, tegelek tegmil alynýandyr (100-nji çyzgy).

Merkezi tegmiliň burç diametri

$$\delta = \frac{\lambda}{D} \text{ radian}, \quad (7.6)$$

bu ýerde λ -tolkun uzynlygy, D -teleskopyň diametri. $\lambda = 0,55\text{mk}$ (ýaşyl ýagtylyk) we $D=100\text{sm}$ bolsa, onda $\delta = 0,55 \cdot 10^{-6} \text{ radian} = 0'',1$. Iki nokady (mysal üçin, biri-birine golaý ýerleşen ýyldyzy) biri-birinden diňe aralaryndaky uzaklyk δ -dan uly bolan ýagdaýynda seljerip bolýandygy aýdyňdyr. Şu minimal δ burça teleskopyň *nazarýet (teoretiki) burç çözüp bilijiligi* diýilýär. Amalyýetde (praktikada) uly teleskoplaryň burç çözüp bilijiligi başga täsir-atmosferanyň sandyramasy bilen çäklendirilýändir.

Sandyrama atmosferanyň optiki birhilli dälligi we asuda dälligi sebäpli ýüze çykýandyr. Uly bolmadyk aýry-ayry howa massalary biri-birine otnositellikde hereket edýärler, olardaky basyş üýtgeýär, netijede şöhläniň ýolunyň ugrunda, atmosferanyň dürli nokatlarynda döwülme koeffisiýenti dürlidir. Şöhle atmosferadan geçende döwülýär we gyşarýar, bu gyşarmanyň ululygy we ugry wagtyň geçmegi bilen üýtgeýändir. Atmosferadaky birhilli dällikleriň minimal ölçegi 10 sm töweregidir, şonuň üçin teleskopyň diametri 10 sm -den köp uly bolsa, ýyldyzyň şekili bulaşyk bolýandyr. Eger teleskopyň diametri kiçi bolsa, onda şekil bütewiligine yrgyldaýandyr. Atmosfera sandyramasy sebäpli ýyldyzyň alynýan bulaşyk şekiline sandyrama diski diýilýär. Sandyrama diskiniň diametri ýerli tebigy şertlere („astroklimat“),

enjamlar minaranyň düýbünde ýerleşýän tejribehanada gurulýar. Gorizonta teleskopda selostat şöhläni, şekili guryan optiki sistemanyň ýerleşen ugry bolan, gorizonta ugurda ugrukdyrýar. Gurluşy boýunça gorizonta teleskop has amatlydyr, ýöne Ýer üstüne ýakyn gatlakdaky atmosfera tolgunmalarynyň şekiliň hiline ýetirýän täsiri wertikal teleskopdakydan güýçlüdir.

Gün atmosferasynyň in daşky we seýreklandirililen bölegi bolan Gün täjini, köp ýyllaryň dowamynda, diňe seýrek doly Gün tutulma pursatlarynda gözegçilik edip bolupdyr. Gün täjiniň ýitiligi onuň diskiniň ýitiliginden 10^6 esse azdyr. Adaty şertlerde Günden geýän ýagtylyk şöhleleri Ýeriň atmosferasynda we teleskopda dagynyk serpigip, Günün daşynda ýalkym halkasyny döredýär, onuň fonunda täji saýgaryp bolýan däldir.

Gün tutulmasynyň doly fazasy wagtynda Aý Günün diskini ýapýar, garaňkyran asmanda, Aýyň garaňky diskiniň daşynda ýalpyldap, Günün täji görünýär. Köp astronomlar we optikler Günün täjini tutulmalardan başga wagty görmäge mümkinçilik berýän teleskopy ýasamaga synanyşypdyrlar. Bular ýaly teleskopy gurmak, ilkinji bolup belli fransuz astrofizigi Lio başardypdyr we ol bu maksat üçin bir linzaly obyektivi refraktory ulanypdyr. Bu sistema teleskopda dagynyk serpigen ýagtylygyň minimumyny üpjün edýär. Atmosferada dagynyk serpikmäni azaltmak, üçin Lio öz enjamyňy dagyň üstünde ýerleşdirýär. Bu guraly *tutulmasyz* (tutulmadan daşgary) *koronograf* diýip atlandyrylar. Ol teleskopyň içinde gözegçiden Günün diskiniň şekiliniň önüni ýapýan, „emeli Aýy“ ýerleşdirýär. Bu enjam Günün täjine wizual gözegçilik etmäge we onuň in ýiti emission çyzyklarynyň şöhlelerinde surata düşürmäge mümkinçilik beripdir. Häzirki döwürde tutulmadan daşgary koronograflar köp ýaýrandyr we olarda geçirilýän gözegçilikler Gün Gullugynyň maksatnamasyna girýändir. Umumy maksatlar üçin neýetlenen Gün teleskoplaryndan tapawutlylykda, tutulmadan daşgary koronograflar adaty ekwatorial guralda gurnalýarlar.

Ýagtylgyjyň teleskopda alynýan şekiliniň hili näme bilen çäklendirilýär diýilen soragyň ýüze çykmagy tebigydyr. Bu soraga ýüzleý seredilende ulaldyş näçe uly boldygyça (ýa-da masştab,

berlen jisimiň bir kwadrat santimetriniňkä deň bolan, absolýut gara jisimiň temperaturasynda aýdylýar.

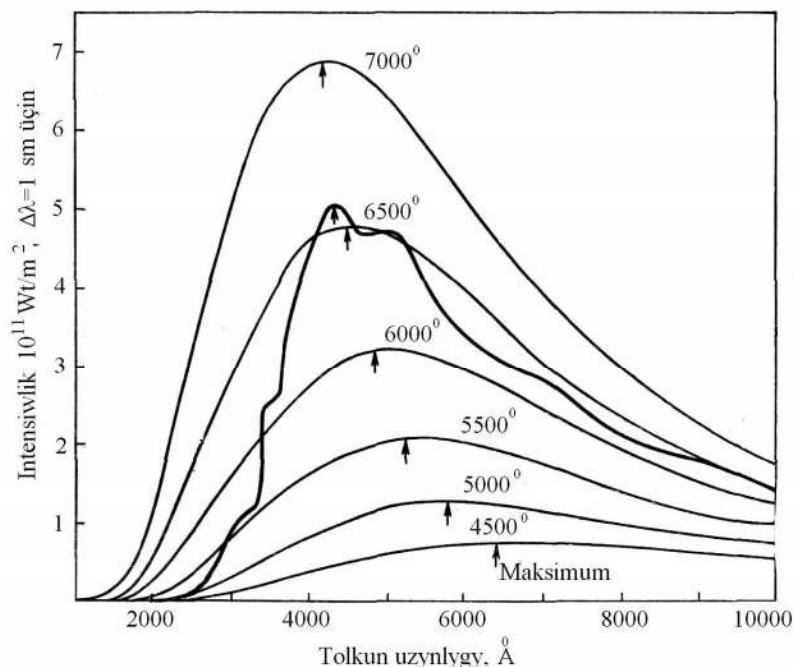
Edil şuna meňzeşlikde, *ýitilik we reňk temperaturasy* diýen düşüňjeler girizilýär. *Ýitilik temperaturasy diýip, her kwadrat santimetriniň käbir tolkun uzynlygynda şöhlelendirýän energiýasynyň akymy, berlen jisimiň şol tolkun uzynlugundaky şöhlelendirýän energiýasynyň akymyna deň bolan, absolýut gara jisimiň temperaturasynda aýdylýar.* Ýitilik temperaturasyny kesgitlemek üçin, şöhlelendirýän üstün gözegçilik edilýän monohromatik ýitiligi Plankyň formulasyny ulanmak gerekdir. Real jisim spektriň dürli çäklerinde dürli ýitilik temperaturasynda eýe bolup biljekligi aýdyňdyr. Mysal üçin, 91-nji çyzgydan görnüşi ýaly, Güne degişli egri Plankyň egrileriniň birnäçesini kesýär, bu egrileriň degişli temperaturalary Günün ýitilik temperaturasynyň göze görünýän spektriň dürli çäklerinde üýtgemesini görkezýär.

Ýitilik temperaturasyny kesgitlemek üçin absolýut birliklerde şöhlelenmäniň intensiwliginiň örän çylşyrymly ölçeglerini geçirmek zerurdyr. Oňa görä spektriň käbir çäklerinde şöhlelenmäniň intensiwliginiň üýtgemelerini kesgitlemek köp ýeňildir.

Spektriň käbir çäklerinde energiýanyň paýlanyşy öwrenilýän jisimiňkä meňzeş bolan, absolýut gara jisimiň temperaturasynda jisimiň reňk temperaturasy diýilýär. Günün spektrinde energiýanyň paýlanyşyna seretsek, $5000-6000\text{\AA}$ tolkun uzynlyklarynda Güne degişli egriniň ýapgytlygy, 6500K temperaturada Plankyň egrisiniň şol tolkun uzynlyklarynda ýapgytlygyna gabat gelýändir.

Şeýlelikde, temperaturany kesgitlemegiň dürli usullary şol bir asman jisimi-Günün temperaturasyny kesgitlemek üçin ulanylanda dürli netijeleri berýär. Emma bu netije, Günün temperaturasyny düýbünden kesgitlemek mümkin däldir diýmegi aňlatmaýar. Dürli usullar boýunça alnan netijeleriň tapawudy, Gün maddasynyň çuňluk boýunça temperaturasynyň üýtgeýändigini we daşky gaz gatlaklarynyň absolýut gara jisim ýaly şöhlelendirmeyändikleri bilen düşündirilýär, ýagny (6.31-6.33) formulalar birinji

ýakynlaşmada ulanarlyklydyr.



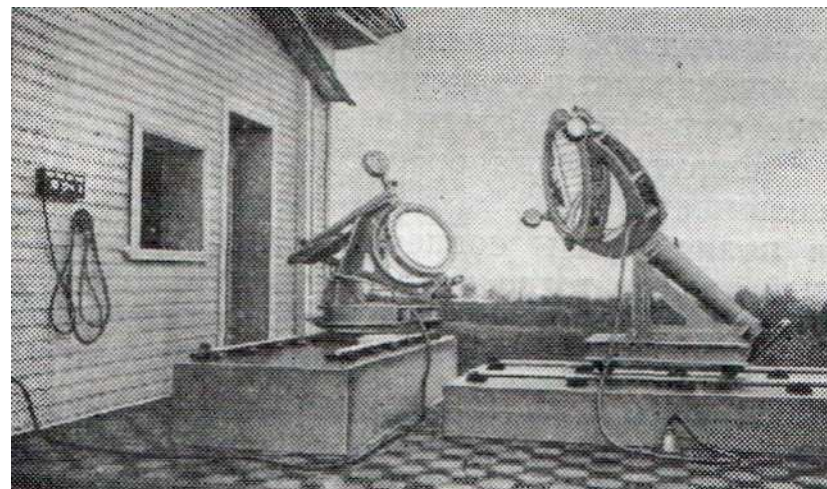
91-nji çyzgy. Günň spektrinde energiýanyň paýlanylyşy (ýogyn çyzyk) we plankyň egrileri.

Şeýlelikde, ýokarda girizilen effektiv, ýitilik, reňk temperaturalary diýen düşüňjeler gözegçilik edilýän şöhlelenmäniň häsiýetlerini görkezýän parametrlerdir. Olaryň haýsy takyklykda we jisimiň haýsy çuňlugyndaky hakyky temperatura barada düşüňje berýändiglerini anyklamak üçin goşmaça barlaglar zerurdyr.

§101. Asman jisimleriniň himiki düzümlerini we dykzylyklaryny kesgitlemek

Spektrde käbir himiki elementleriň çyzyklarynyň bolmagy, adatça öwrenilýän jisimiň düzüminde şol himiki elementiň barlygy barada maglumatdyr (düzgünden çykmalar bolýar, mysal üçin,

optiki sistemasyna ýagtylyk *selostat* diýilýän ýörite gurluşyň kömegi bilen ugrukdyrylýar (99-njy çyzgy).

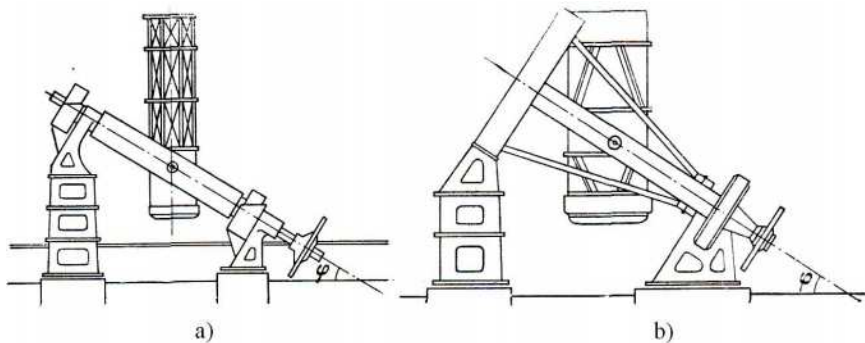


99-njy çyzgy. Selostat.

Selostat tekiz zerkalolar (adatça iki) sistemasydyr. Bu sistema asmanyň gije-gündizlik aýlanmasyna garamazdan, asman ýagtyltgyjyndan gelýän ýagtylyk şöhlesiniň dessesini mydama berlen, üýtgemeyän ugurda serpikdirýändir. Onuň üçin selostatyň zerkalalarynyň biri polýar okuň daşynda, asmanyň gije-gündizlik aýlanma ugry boýunça, 48 sagatda bir aýlaw tizlik bilen, haýallyk bilen aýlanýar. Hereket etmeyän ýagtyltgyçdan gelýän ýagtylyk şöhlesi şunlukda iki esse uly tizlik bilen öwürlip, 24 sagatda bir aýlaw ederdi (serpikme burçunyň düşme burçuna deň bolany üçin). Ýagtyltgyjyň özüniň edil şol tizlik bilen hereket edýänligi sebäpli, bu öwürülme kompensirlenýär we şöhle üýtgemeyär, şol bir ugur boýunça serpikdirilýär.

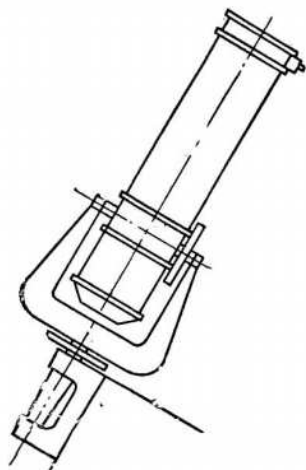
Güne gözegçilik etmek üçin neýitlenen uly teleskoplaryň iki esasy: *wertikal* we *gorizontal* görnüşleri bardyr. Wertikal görnüşe başgaça minara görnüşli hem diýilýär.

Minara görnüşli teleskopda selostat şöhläni wertikal aşak ugrukdyrýar, Günň şekilini gurýan optiki sistema wertikal boýunça ýerleşdirilýär. Spektral we beýleki kabul ediji, derňeýji



97-nji çyzgy. Ramaly gural.

Demirgazyk sütün bilen podşipnigi düýbünden aýryp hem bolýar. Onda „amerikan“ guraly bolýar we oňa „wilka“ hem diýilýär. (98-nji çyzgy).



98-nji çyzgy. Amerikan guraly.

Sagat mehanizmi mydama takyk täsir etmeýär we ekspozisiýasynyň dowamlylygy kä halatlarda birnäçe sagatlara ýetýän suratlar düşürilende teleskopyň ugrukdyrylyşynyň takyklygyny yzarlamaly bolýar we wagtal-wagtal oňa düzediş bermeli bolýar. Düzediş girizmek üçin esasy teleskop bilen bir guralda bile gurnalan, uly bolmadyk, kömekçi teleskop peýdalanylýar.

Kompýuterleriň ulanylmagy we wertikal-azimutal guralda iki okuň

daşynda endigan öwürmek asman jisimlerini has takyk yzarlamaga mümkinçilik berýär. Ilkinji wertikal-azimutal guralda gurnalan in uly optiki teleskop, ol alty metrlik reflektordyr.

Güni öwrenmek bilen baglanyşykly meseleleriň köpüsünde şekiliň örän uly masştabyny, ýagny uly fokus aralygyny almak zerurdyr. Şol sebäpli Güni öwrenmek üçin niýetlenen teleskoplary köplenç hereket etmez ýaly berkidýärler. Bu ýagdaýda teleskopyň

ýyldyzlaryň spektrlerinde gözegçilik edilýän, ýöne olaryň aralygyndaky giňişlikde döreýän, ýyldyzara siňdirmiş çyzyklary). Şöhlelendirýän gaz gatlagyny tä optiki ýuka diýip hasaplap bolýança, ýagny onda öz hususy şöhlelenmesi düýbünden diýen ýaly siňdirilmeyän ýagdaýynda, spektral çyzygyň ýitiligi, görüş şöhlesinde ýerleşen, şöhlelendirýän oýandyrylan atomlaryň mukdaryna proporsionaldyr. Berlen spektral çyzykda atomyň şöhlelenijilik ukybyny, edil şonuň ýaly hem onuň siňdirmiş koeffisiýentini tejribeden ýa-da teoriýadan tapyp bolýandyr, ol atomyň oýandyrylan ýagdaýda bolup bilýän wagtyna ters proporsionaldyr.

Berlen spektral çyzykda şöhlelendirilýän ýa-da siňdirilýän energiýany ölçäp, atomlaryň mukdaryny hasaplap we şonuň üsti bilen maddanyň şöhlelenmäni döredýän böleginiň massasyny kesgitleýärler. Eger bu massa ölçegleri belli bolan, öwrenilýän obýektiň massasynyň esasy bölegini düzýän bolsa, onda dykzlygy tapmak ýeňildir. Bu usul bilen dury gaz dumanlyklaryndaky şöhlelendirýän maddanyň konsentrasiýasyny kesgitlemek mümkindir. Dury bolmadyk (optiki galyň) obýektlerde (mysal üçin, ýyldyzlar) biz hemme şöhlelendirýän gatlaklary görmeýäris. Şonuň üçin olaryň dykzlyklaryny bu usul bilen kesgitlep bolmaýar. Ýöne jisimiň dykzlygy, has takygy ondaky basyş, aýry spektral çyzygyň görnüşine, formasyna, merkezinden uzaklarda (ganatlarynda) täsirini ýetirýändir. Bu täsiri dykzlygy kesgitlemek üçin peýdalanmak mümkindir. Has takyk aýdanymyzda, seýreklenirilen gazlara degişli spektral çyzyklary şol temperaturadaky dykzlygy uly bolan maddanyň spektral çyzyklaryndan inçedir.

Belli bolşy ýaly, berlen spektral çyzykda jisimiň atomlarynyň belli bir böleginiň şöhlelenmesi (ýa-da siňdirmesi) görünýändir. Haýsy hem bolsa bir çyzykda „gözegçilik edilýän“ atomlaryň paýy (mukdary), birinjiden: berlen himiki elementiň hemme atomlary bu çyzykda şöhlelendirmek ýa-da siňdirmek üçin zerur bolan oýandyrylan ýagdaýda dälirler; ikinjiden bolsa, öwrenilýän jisimde beýleki himiki elementleriň bolmagy hem mümkindir.

Şonuň üçin, maddanyň dykzlygyny kesgitlemek üçin, ilki

bilen onuň himiki düzümini öwrenmek zerurdyr.

Kosmos obýektleriniň esasy köplüginin spektrlerinde wodorodyň çyzyklary gözegçilik edilýändir. Bu bolsa wodorod tebigatda iň köp ýaýran himiki element diýip tassyklamaga esas berýär, sebäbi dürli asman jisimleriniň himiki düzüminiň mukdar taýdan derňewleri hem bu tassyklamanyň dogrudygyny görkezýär.

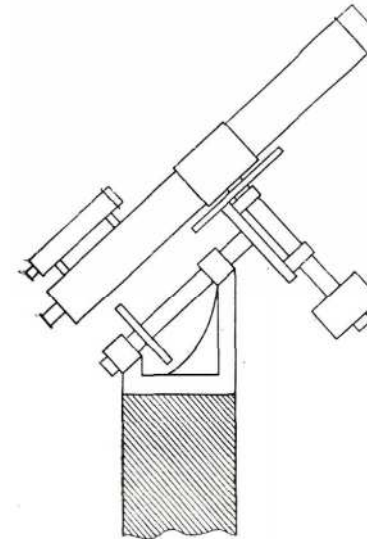
Tebigatda ikinji orny, spektral çyzyklarynyň wodorodyň çysyklaryna garanynda seýrek gözegçilik edilýändigine garamazdan, geliý eýeleýändir. Bu bolsa, spektrde käbir himiki elemente degişli çyzyklaryň bolmazlygy, bu elementin öwrenilýän jisimde ýokdugyny aňlatmaýandygynyň ýene bir mysalydyr. Gün spektriniň siňdirme çyzyklarynyň arasynda geliý elemente degişli çyzyklar ýok diýen ýalydyr. Ýöne has ýokarky gatlaklaryň, hususanda gaty gyzdryylan gaz bulutlary-protuberanesleriň spektrinde, geliýniň ýagty emission çyzyklary görünýändir. Bu bolsa geliýniň Günde bardygyny görkezýändir. Gün täjiniň spektrinde wodorodyň çyzyklary düýbünden görünýän däldirler. Ýöne bize belli bolşy ýaly, Gün täjiniň maddasynyň düzümi Gününkä meňzeşdir, diýmek onuň düzüminde wodorod bolmalydyr. Seredilen mysallaryň ikisinde hem degişli atomlar ýerleşen ýagdaýlarynda ýeňil gözegçilik edilýän çysyklary şöhlendirmeyärler (we siňdirmeyärler). Gün täjindäki wodorod şeýle bir güýçli ionlaşan, hatda şöhlelenmesini duýup bolýjak, neýtral atom düýbünden diýen ýaly ýokdur. Tersligine, wodorodyň siňdirme çyzyklarynyň emele gelýän gatlaklarynda, geliý atomlarynyň oýandyrylyşy örän pes bolýar we spektrde oňa degişli çyzyklaryň bolmazlygyna getirýär.

Diýmek, himiki düzümi dogry kesgitlemek üçin, käbir atomlaryň gözegçilik edip bolmaýan ýa-da kynlyk bilen gözegçilik edilýän ýagdaýlarda bolup biljekdiklerini hasaba almak zerurdyr. Mysal üçin, haçanda oýandyrylýan spektral çyzyklaryň ählisi uzak ultramelewşe çäklerde ýerleşen ýagdaýlarynda.

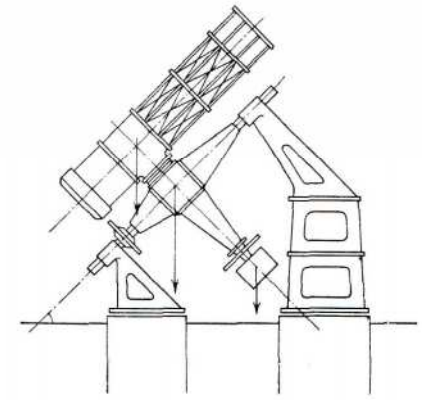
Has intensiw çyzyklaryň iň köp duş gelýän himiki elemente degişli bolmagy hökman däldir. Gadagan edilen çyzyklaryň mysalynda görşümüz ýaly, käbir aýratyn şertlerde, „adaty“ ýagdaýlarda düýbünden görünmeýän ýa-da gowşak bolan

Ekwatoril guralda gurnalan teleskopa *ekwatorial* diýilýär.

Ekwatorialda asman ýagtyltgyjyny yzarlamak üçin ony diňe polýar okuň daşynda, sagat burçunyň artýan ugrunda öwürmek ýeterlikdir, sebäbi ýagtyltgyjyň ýapgytlygy üýtgeýän däldir. Bu öwürme sagat mehanizmi tarapyndan awtomatik ýerine ýetirilýär. Ekwatorial gurluşyň birnäçe görnüşleri bardyr. Aram diametrli (50-den 100 sm-e çenli) teleskoplary köplenç „nemes“ guralynda gurýarlar (95-nji çyzgy). Onuň polýyar oky bilen ýapgytlyk oky sütüne direlýän parallaktik diregi emele getirýär. Ýapgytlyk okunda, sütüniň bir tarapynda turba, beýleki tarapynda bolsa deňagramlaşdyrýan yük ýerleşdirilendir.



95-nji çyzgy. Nemes guraly.

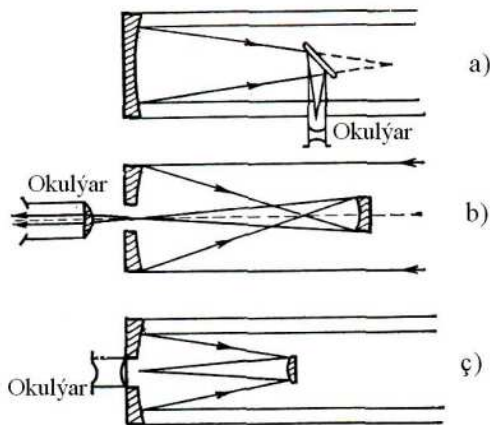


96-njy çyzgy. İlis guraly.

„İlis“ guralynyň „nemes“ guralyndan tapawudy onyň polýar oky, oňa goşmaça durnuklylyk berýän, uçlary bilen iki, demirgazyk we günorta sütünlere oturdylandyr (96-njy çyzgy). Käwagt iňlis guralynda polýar oky dörtburç rama bilen çalyşýarlar, turba ramanyň içinde ýerleşen bolýar (97-nji a çyzgy). Bular ýaly gurluş teleskopy asmanyň polýar bölegine ugrukdyrmaga mümkinçilik bermeýär. Eger polýar okuň demirgazyk podşipnigini nal görnüşli etsek (97-nji b çyzgy), onda bu çäklendirmeler bolmaz..

daşyna çykaryp bolýar (*Kassegren fokusy*) we ş.m. Reflektorlaryň has çylşyrymly sistemalarynyň birnäçesi 94-nji çyzgyda görkezilendir. Bu sistemalar teleskopa kabul ediji gurluşlary birikdirmek üçin amatlydyr, ýöne goşmaça serpikmeler sebäpli ýagtylygyň köp ýitgisine getirýändir.

Teleskopy obýekte ugrukdyrmak we ony yzarlamak çylşyrymly tehniki meseledir. Häzirki zaman obserwatoriýalary diametri onlarça santimetrden birnäçe metre ýetýän telskoplar bilen enjamlaşdyrylandyr.



94-nji çyzgy. Reflektor-teleskoplaryň käbir görnüşleri. a-Nýuton, b-Gregori, ç-Kassegren sistemalary.

Häzirki döwürde in uly teleskoplaryň biri diýip Ýewropanyň Günorta obserwatoriýasynda oturdylan, uly aýnasynyň diametri 8,2 metre ýetýän, VLT telskop sistemasy hasaplanylýar. Bu sistema 4 telekopdan ybarat bolup, bir teleskop sistemasyny emele getirýär we aýnasynyň ululygy 16 metre ýetýän teleskop ýaly işleýär. Bulardan başga-da Gawaý adalaryndaki diametri 10 metre ýetýän „Kek-1“, diametri 8,2 metre ýetýän „Subaru“ we ýene-de birnäçe teleskoplar uly teleskoplar diýip hasaplanylýar.

Teleskopyň guralynyň (montirowkasy) özara perpendikulýar bolan iki oky bardyr we olaryň daşynda öwürüp, teleskopy asmanyň islendik ýerine ugrukdyryp bolýandyr. *Wertikal-azimutal* diýilýän guralda oklaryň biri zenite ugrukdyrylandyr, beýlekisi bolsa gorizont tekizlikde ýerleşdirilendir. Bu guralda uly bolmadyk, göçürüp bolýan teleskoplar gurnalýar. Uly teleskoplar, düzgün bopunça, *ekwatorial* guralda gurnalýarlar. Onuň oklarynyň biri dünýäniň polýusyna ugrykdyrylan (polýar oky), beýleki oky bolsa asman ekwatorynyň tekizliginde ýatýar (ýapgytlyk oky).

çyzyklar, has intensiw bolýarlar.

Bu ýerden görşumiz ýaly, asman jisimleriniň himiki düzümini olaryň spektrlerini öwrenmegiň esasynda kesgitlemek-örän çylşyrymly meseledir we ony çözmek üçin öwrenilýän jisimiň fiziki ýagdaýlaryny (esasan hem temperaturasyny) bilmek, nazary astrofizikanyň usullaryny ulanmak zerurdyr.

Käbir jisimleriň (mysal üçin, ýyldyzlaryň kesgitli görnüşleri) himiki düzüminiň ol ýä-da beýleki özboluşlylygynyň bardygyny alnan netijeler görkezýär. Emma galan obýektleriň esasy köplüginin düzümi şol bir himiki elementleriň otnositel mukdaryndan ybaratdyr. Şonuň üçin, haýsy hem bolsa bir kesgitli göwrümdäki atomlaryň otnositel sany boýunça baha berilýän, kosmosyň ortaça düzümine girýän elementler barada aýtmak bolar. 4-nji tablisada ýyldyzlaryň spektrlerini öwrenmegiň esasynda alnan we himiki elementleriň kosmosda gabat gelişleri barada düşünje berýän, has köp gabat gelişän himiki elementleriň otnositel sanlary getirilen.

4-nji tablisa

Kosmos şertlerinde himiki elementleriň otnositel sany

Element	Atomlaryň otnositel sany	Element	Atomlaryň otnositel sany
Wodorod	1 000 000	Kükürt	20
Geliý	100 000	Magniý	20
Kislород	1 000	Demir	6
Uglerod	400	Natriý	2
Neon	200	Alýuminiý	2
Azot	100	Argon	2
Kremniý	60	Kalsiý	1

Ähli atomlaryň sany wodorod atomlarynyň sanyna görä getirilendir, onuň sany bolsa 10^6 deň diýip şertli kabul edilendir.

Tablisadan görnüşi ýaly, kosmosdaky geliýniň atomlarynyň sany wodoroda görä 10 esse azdyr. Has takyk aýdanymyzda, bu elementiň mukdaryna baha bermek çylşyrymlydyr, sebäbi onuň çyzyklary seýrek gözegçilik edilýändir. Galan ähli himiki elementleriň atomlarynyň mukdary wodorodyň atomlarynyň 0,14% düžýändir, ähli metallar bolsa takmynan 10 000 esse azdyr.

VII bap. ASTROFIZIKI GURALLAR WE GÖZEGÇİLİK ETMEĞİN ESASY USULLARY

§102. Teleskoplar

Galileý 1609-njy ýylda ilkinji gezek teleskopy asmana ugrukdyrandan soň, astronomik gözegçilikleriň mümkinçilikleri örän ýokary derejede artandyr. Bu ýyl ylymda täze eýýamyň-teleskoplar astronomiýasynyň eýýamynyň başlangyjy bolandyr. Galileýiň teleskopy häzirki döwrüň nukdaý-nazaryndan kämil bolmandyr, ýöne şol döwürde ajaýyp täsinlik bolupdyr. Teleskopa seredip, Aýyň çylşyrymly, Ýere meňzeş dünýäsiniň bardygyna, Ýupiteriň daşynda, edil Ýeriň daşyndan Aýyň aýlanyşy ýaly dört sany kiçi hemrasynyň aýlanýandygyna we şuna neňzeşlere göz ýetirip bilipdirler. Bularyň ählisi Älemiň çylşyrymlylygy, materiallygy, ýaşalýan dünýäniň köplügi barada aňlary oýandyryp, pikirlenmäge mejbur edipdir. Teleskopyň oýlanyp tapylmagy Kopernigiň geliosentrik sistemasy bilen bilelikde orta asyr dini garaýyşlary ýeňip geçmekde wajyp ähmiýete eýe bolandyr.

Teleskopyň oýlanyp tapylmagy hem, beýik açyşlaryň köpüsi ýaly, tötänleýin däl, ylmyň we tehnikaýyň bütin öňki ösüşi bilen taýýarlanandyr. XVI asyrdan senetçi ussalar äýnekler üçin linzalar ýasamagy gowy öwrenipdirler, ondan teleskopa we mikroskopa çenli bolsa bary-ýogy bir ädimdir.

Teleskop üç esasy maksat üçin niýetlenendir:

- 1) asman ýagtylgyçlarynyň şöhlelenmesini kabul ediji gurluşda (göz, fotoplastinka, spektrograf we ş. m.) ýagnamak;
- 2) fokal tekizliginde obýektiň ýa-da asmanyň kesgitli meýdançasynyň (böleginiň) şekilini gurmak;
- 3) biri-birine golaý burç aralygynda ýerleşen we şol sebäpli guralyz seredilende seljerip bolmaýan obýektleri seljermäge, tapawutlandyrmaga ýardam etmek.

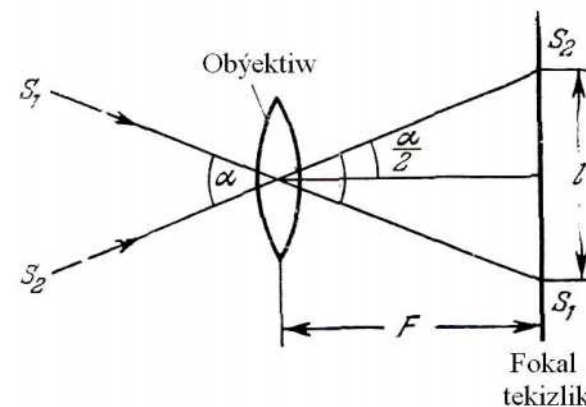
Telskopyň esasy optiki bölegi, ýagtylygy ýygnaýan we obýektiň ýa-da asmanyň kesgitli meýdançasynyň şekilini gurýan, *obýektiw*dir. Obýektiw kabul ediji gurluş bilen turbanyň (tubus) kömegi bilen birleşýändir. Turbany saklaýan, göterýän we ony

$$\ell = F \cdot \frac{\alpha}{53^{\circ},7}.$$

Onda şekiliň masştaby:

$$\mu = \frac{\alpha}{\ell} \quad (7.5)$$

eger F ululyk mm -de aňladylan bolsa, ℓ hem mm -de bolar. μ masştab α ululygyň ölçeg birligine baglylykda gradus gatnaşan millimetrlerde ($^{\circ}/mm$), duganyň minutlary gatnaşan millimetrlerde ($'/mm$), duganyň sekundy gatnaşan millimetrlerde ($''/mm$) ölçenýär.



93-nji çyzgy. Fotografik şekiliň çyzykly ölçegleri.

Günüň we Aýyň burç diametrleri takmynan $0^{\circ},5$ deňdir. Teleskopyň fokus aralygy $F=1000 \text{ mm}$ bolanda, onuň fokal tekizliginde alynýan Günüň we Aýyň şekiliniň diametri $10mm$ töweregidir. Onda masştab $\mu = 0^{\circ},5/10 = 0^{\circ},05/mm$ ($0^{\circ},05mm^{-1}$).

Parabolik zerkalonyň gös-göni fokusynda gözegçilik etmek göz önünde tutulan teleskop-reflektora *göni fokusly reflektor* diýilýär. Köplenç reflektorlaryň has çylşyrymly sistemalary ulynylýar. Mysal üçin, fokusyň önünde goýlan tekiz zerkalonyň kömegi bilen fokusy turbanyň çäklerinden gapdala çykarmak bolýar (*Nýutonyň fokusy*). Fokusdan öňde ýerleşdirilen güberçek zerkalonyň kömegi bilen fokus aralygy uzaldyp, esasy zerkalonyň merkezindäki yşdan

Nokatlanç däl, gabaraly obýektiň fokal tekizlikde döredýän ýagtylandyryşy

$$E' \sim \left(\frac{D}{F}\right)^2 \quad (7.3)$$

deňdigine göz ýetirmek aňsatdyr.

Şonuň üçin, gabaraly gowşak obýektler, dumanlyklar, kometalar surata düşürilende otnositel ulurak yş bolmagy wajypdyr. Emma orştnositel yşyň ulalmagy bilen okdan daşary aberrasiýalar örän çalt artýandyr. Otnositel yş näçe uly boldugyça, aberrasiýany aýyrmak şonçada çylşyrymlaşýandyr. Şonuň üçin adatça reflektorlaryň otnositel yşy 1:3-den uly bolmaýar. Zerkalo–linäzaly sistemalar we çylşyrymly obýektiwler käbir ýagdaýlarda otnositel yşy 1:1 we ondan hem uly bolmagyny üpjün edýärler.

Wizual teleskop üçin, obýektiwiň we okulýaryň fokus aralyklarynyň gatnaşygy bilen kesgitlenýän, ulaldyş wajyp häsiýetnamalaryň biridir:

$$W = \frac{F}{f}$$

Eger guralсыз, ýöne göz bilen burç aralyklary $2'$ –dan kiçi bolmadyk iki ýyldyzy tapawutlandyryp, seljerip bolýan bolsa, onda teleskop bu çägi n esse kiçeldýändir (emma bu gowulandyрма çäksiz dälđir).

Surata düşürilen ýagdaýda fokal tekizlikde *şekiliň masştaby* wajypdyr. Bu ululyk Imm -e düşýän burç ölçeg birliklerinde aňladylyp biliner. Şekiliň masştabyny tapmak üçin, burç aralyklary α bolan şekiliň iki nokadynyň aralyklarynyň çyzykly ölçegini bilmek zerurdyr:

$$\ell = 2F \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (7.4)$$

bu ýerde F -obýektiwiň fokus aralygy. Bu formulanyň alnyşy 93-nji çyzgydan düşnüklidir.

α burçuň kiçi bahalarynda, eger α radianlarda bolsa

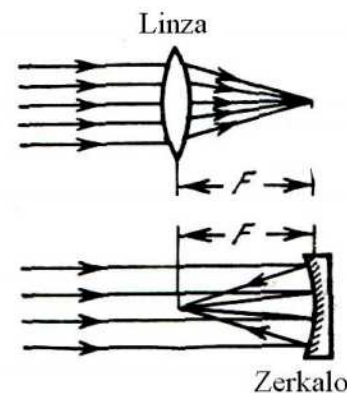
$$\ell = F\alpha,$$

eger α graduslarda bolsa:

asmana ugrukdyrmaga mümkinçilik berýän mehaniki gurluşa *gural (montirowka)* diýilýär. Eger ýagtylygy kabul ediji adamyň gözi bolsa (wizual gözegçiliklerde), onda obýektiwiň fokal tekizliginde gurlan şekile sretmek üçin, hökman *okulýar* gerekdir. Fotografik, fotoelektrik, spektral gözegçiliklerde okulýar gerek dälđir. Fotografik palstinka, elektrofotometriň giriş diafragması, spektrografyň yşy we ş.m. teleskopyň fokal tekizliginde ýerleşdirilýär.

Obýektiwinde linza peýdalanylýan teleskopa *refraktor* diýilýär. Dürli tolkun uzynlykly ýagtylyk şöhleleriniň dürlüçe döwülýändikleri üçin, ýeke linza reňklenen şekili berýär. Bu hadysa *hromatik aberrasiýa* diýilýär. Hromatik aberrasiýanyň täsirini belli bir derejede azaltmak üçin, döwme koeffisientleri üýtgeşik bolan aýnalardan ýasalan, iki sany linzadan ybarat bolan obýektiwler (ahromatik obýektiw ýa-da *ahromat*) ulanylýar.

Serpikme kanuny tolkun uzynlygyna bagly dälđir we linzaly obýektiwi oýuk sferik zerkalo bilen çalyşmak pikiriň döremegi tebigydyr (92-nji çyzgy). Bular ýaly teleskopa *reflektor*, ýagny serpidirýän teleskop diýilýär. Ilkinji reflektor Nýuton tarapyndan 1671-nji ýylda gurulandyр (diametri bary-ýogy 3sm we uzynlygy 15 sm).



92-nji çyzgy. Linzaly we zerkaloly obýektiwler.

Sferik zerkalo parallel şöhleleriň dessesini nokada ýygnaýan dälđir, ol fokusunda birneme bulaşygrak tegmiljik berýändir. Bu ýoýulma *sferik aberrasiýa* diýilýär. Eger zerkalo aýlanma paraboloidi görnüşinde bolsa, onda sferik aberrasiýany aýryp bolýandyr. Bular ýaly paraboloidiň okunyň ugry boýunça ugrukdyrylan parallel şöhleleriň

dessesi, ýoýulmasыз diýen ýaly, eger difraksiýa sebäpli gutulgysыз ýüze çykýan bulaşyklygy hasap etmesek, fokusda ýygnaýandyr.

Şonuň üçin, häzirki zaman reflektorlarynda paraboloid şekilli, köplenç bolsa ýöne parabolik görnüşli diýilýän zerkalo ulanylýandyr.

XIX asyryň ahyryna çenli teleskoply geçirilýän gözegçilikleriň esasy maksady asman ýagtyltgyçlarynyň görinýän ýerleşiş ýagdaýlaryny kesgitlemek bolupdyr. Şeýle hem kometalara we planetalaryň diskleriniň detallaryna gözegçilikler wajyp orun eýeläpdirler. Bu gözegçilikleriň ählisi wizual geçirilipdir we iki linzaly obýektiwli refraktor astronomlaryň talaplaryny doly ödäpdir.

XIX asyryň ahyrynda, essasan hem XX asyrda astronomiýa ylmy uly ösüşlere eýe boldy. Barlaglaryň agramly bölegi astrofizika we ýyldyz astronomiýasy bölümlerine geçdi. Barlaglaryň esasy predmeti Günüň, planetalaryň, ýyldyzlaryň, ýyldyz sistemalarynyň fiziki häsiýetnamalaryny öwrenmek boldy. Şöhlemenäni kabul edijiler- fotoplastinka we fotoelement ulanylyp başlandy. Spektroskopiýa giňden peýdalanylyp başlandy. Netijede teleskoplara bildirilýän talap hem üýtgedi.

Astrofiriki barlaglar üçin teleskopyň optikasynyň tolkun uzynlyklarynyň elýeterli bölegini hiç-hili çäklendirmezligi örän wajypdyr. Sebäbi Ýeriň atmosferasy hem ony ýeterlik çäklendirýändir. Linzalar ýasalyan aýna ultramelewşe we infragyzyň şöhlemenäni siňdirýändir. Fotoemulsiýalar we fotoelementler göz bilen deňeşdirilende spektriň has giň çäklerinde duýgurlygy ýokarydyr, şol seäpli bu kabul edijiler bilen işlenilende hromatik aberrasiýanyň täsiri has uludyr.

Şeýlelikde, astrofiriki barlaglar üçin reflektory peýdalanmak amatlydyr. Şeýle hem reflektoryň uly zerkalosyny taýýarlamak, ikinzaly ahromaty taýýarlandan has ýeňildir. Sebäbi optiki takyklyk bilen (λ tolkun uzynlygynyň $1/8$ böleginiň ýa-da göze görinýän şöhleler üçin 0.07 mikron takyklykda) dört sany üstüň ýerine birini işläp taýýarlamak ýeterlikdir we şunlukda ulynylýan aýnanyň birhilliligine ýörite talaplar bildirilýän däl. Bularyň ählisi reflektoryň astrofizikanyň esasy guraly bolmagyna getirdi. Astrometrik işlerde öňküsi ýaly refraktorlar peýdalanylýandyr. Reflektorlar zerkalonyň gönükdirilen ugrundan tötänleýin çala

üýtgemelerine örän duýgurdyr, sebäbi düşme burçunyň serpikme burçuna deň bolany üçin, zerkalanyň kâbir β burça öwürülmesi şekili 2β burça süýşürýändir. Edil şolar ýaly burça obýektiwiň öwürülmesi refraktorda şekiliň örän kiçi süýşmesini berýär. Astrometriýada bolsa ýagtyltgyçlaryň ýerleşen ýagdaýlaryny ýokary takyklyk bilen ölçemeli bolany üçin refraktorlar saýlanyp alynandyr.

Belläp geçişimiz ýaly, parabolik zerkaloly reflektor şekilli örän takyk gurýandyr, ýöne şu ýerde bir şert barada aýtmak zerurdyr. Şekil optiki okuň golaýynda bolan ýagdaýynda ony kemsiz, ideal diýip hasaplamak mümkindir. Okdan daşlaşdygyça ýoýulmalar ýüze çykyýandyr (*okdan daşary aberrasiýa*). Şonuň üçin, diňe ýeke parabolik zerkaloly reflektor ýyldyz üýşmekleri, gallaktiklar we gallaktik dumanlyklar öwrenilende zerur bolan, asmanyň uly ölçegli, aýdaly $5^0 \times 5^0$ meýdanyny surata düşürmäge mümkinçilik bermeyär. Uly görüş meýdanyny talap edýän gözegçilikler üçin kombinirlenen zerkalo-linzaly teleskoplary gurulyp başlanýar. Bu teleskoplarda zerkalonyň aberrasiýasy ýuka, köplenç ultramelewşe şöhleleri geçirýän aýnadan ýasalan linzanyň kömegi bilen düzedilýär.

Reflektorlaryň zerkalolary geçmişde (XVIII-XIX asyrlarda) ýörite metal garyndydan (splaw) ýasalypdyr. Ýöne soňra tehnologik sebäplere görä optikler aýnadan ýasalan zerkalolara geçýärler. Aýna zerkalo ýörite işlenip taýýarlanandan soň, ýukajyk edip, ýokary serpikdirme koeffisiýenti bolan metal gatlak çayylyar (alýumin plýonka).

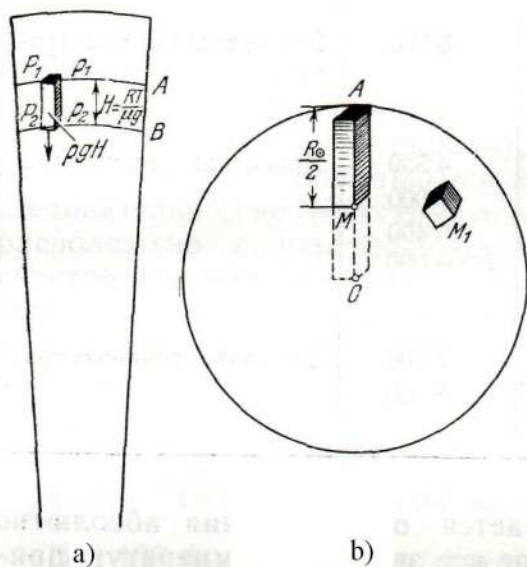
Teleskopyň esasy häsiýetnamalary onuň obýektiwiniň D diametri we F fokus aralygydyr. Diametr näçe uly boldugyça, teleskop şonçada köp Φ ýagtylyk akymyny ýygnaýandyr:

$$\Phi = ES = \frac{\pi D^2 E}{4}, \quad (7.1)$$

bu ýerde E -obýektiwiň ýagtylandyrylyşy, S -onuň meýdany. Ýene bir wajyp häsiýetnemalaryň biri otnositel yş diýilýän ululykdyr:

$$A = \frac{D}{F} \quad (7.2)$$

$$P_2 - P_1 = \frac{P_2 + P_1}{2} \frac{\mu g}{RT} H \quad (8.4)$$



120 -nji çyzgy. Günün merkezinde basyşy kesgitlemek.

$$\rho = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} \quad (8.2)$$

Gaz halynyň deňlemesini (6.9) ulanyp, alarys:

$$\rho = \frac{1}{2}(\rho_1 + \rho_2) = \frac{\mu}{2RT}(P_1 + P_2) \quad (8.3)$$

Bu aňlatmany (8.1) formulada ornuna goýup, alarys:

$$P_2 - P_1 = \frac{P_2 + P_1}{2} \frac{\mu g}{RT} H \quad (8.4)$$

$RT/\mu g$ - aňlatmanyň ölçeg birligi uzynlyk birliklerdedir we wajyp fiziki manysy bardyr: eger gatlagyň temperaturasy hemişelik, galyňlygy

$$H = \frac{RT}{\mu g} \quad (8.5)$$

bolsa, onda şu gatlagyň çäklerinde basyş we dykzlyk takmynan

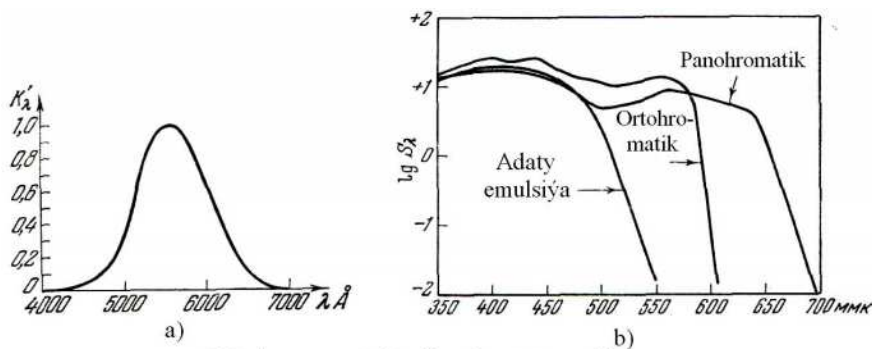
bildirilýän talaplar peselýändir. Bu esasyda işleýän teleskoplara gyýtak düşme teleskoplar diýilýär. Olar emeli hemralarda ýerleşdirilip kosmos jisimleriniň rentgen şöhlenmesini ölçemek üçin ulanylýar.

§103. Adamyň gözi kabul ediji hökmünde

Häzirki döwürde astronomiýada gözegçiniň gözi kabul ediji hökmünde köp ulanylýan däl, diňe astrometrik gözegçiliklerde we esasy teleskopyň ugrukdyrylyşyna düzediş girizilende ulanylýandyr. Astrofiziki barlaglaryň ähli görnüşleri diýen ýaly kabul edijiniň başga görnüşlerinde ýerine ýetirilýär.

Gözün duýgurlygy tolkun uzynlygyna baglydyr. Ortaça gözegçiniň gözi tolkun uzynlygy $\lambda_m = 5550 \text{ Å}$ (ýaşyl reňk) bolan şöhlenmä has duýgurdyr. λ_m tolkun uzynlygyndan daşlaşdygymyzça (iki tarapada) gözün duýgurlygy pese düşýär we 3900 hem-de 7600 Å tolkun uzynlyklarda nola öwrülýär. Bu tolkun uzynlyklary elektromagnit şöhlenmesiniň wizual, göze görüňän böleginiň meleweşe we gyzyň çäkleridir. Şöhlenmäni kabul edijiniň duýgurlygynyň tolkun uzynlygyna baglylygyna *spektral häsiýetnamasy* diýilýär. Adamyň gözünüň spektral häsiýetnamasyna köplenç *görüş egrisi* diýilýär. Dürli gözegçileriň görüş egrileri biri-birinden tapawutlanýandyr. Halkara ylalaşygy boýunça kabul edilen orta görüş egrisi gündiz wagty üçin 106-njy a çyzgyda görkezilendir. Gijeki wagty üçin görüş egrisiniň maksimumy gysga tolkunlara tarap takmynan 450 Å süýşýändir.

Kabul edijiniň duýup bilýän, şöhlenmäniň minimal akymyna onuň *duýgurlygynyň bosagasy* diýilýär. Adamyň gözünüň duýgurlygynyň bosagasy örän kiçidir, takmynan $10^{-9} \text{ egr} \cdot \text{s}^{-1} = 10^{-16} \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$ töweregidir. Bu ululyk takmynan 10^3 kwant/s degişlidir. Adamyň gözünüň bu duýgurlyga ýetmegi üçin, gözegçi garaňkyda käbir wagty bolup, oňa uýgunlaşmalydyr. Gözün garaňka uýgunlaşmasy görejiň diametriniň ulalmagy, gije görüşiň duýgurlygynyň dikeldilmegi we ýagtylyga duýgur maddanyň ýüze çykmagy bilen baglanyşyklydyr. Netijede göz gowşak



106-njy çyzgy. a) Gündiz üçin görüş egrisi;
b) fotoemulsiýalaryň spektral häsiýetnamalary.

ýagtylandyryşa duýgur bolýar. Uýgunlaşmak ukyby gözüň ýagtylandyryşyň giň çäklerinde (gündizden aňşama geçende ýagtylandyryş, mysal üçin, 10^8 esse üýtgeýär) işlemäge mümkinçilik berýär.

§104. Astrofotografiýa

XIX asyryň ikinji ýarymyndan başlap astronomiýada şöhlelenmäni bellige almak üçin fotografik usullar (surata düşürmek) giňden ulanylyp başlandy. Bu usul häzirki döwürde astronomiýanyň optiki usullarynda wajyp orun eýeleýändir. Uzak wagtyň dowamynda ýokary duýgurlygy bolan fotoplastinka eksponirläp, örän gowşak, ýagny wizual gözegçiliklerde görüp bolmaýan obýektleriň fotosuratlaryny alyp bolýandyr. Gözden tapawutlylykda fotoemulsiýa ýagtylygyň uzak wagtyň dowamyndaky täsirini toplamaga ukyplydyr. Fotografiýanyň wajyp häsiýetnamalarynyň biri onuň panoramalaýynlygy, ýagny birwagtyň özünde elementleriň örän köp sanyndan ybarat bolan çylşyrymly şekiliň bellige alynmagy, surata düşürilmegidir. Ondan başga-da fotografik usul bilen alnan maglumat, wizual gözegçiliklerden tapawutlylykda, gözegçiniň gözüniň häsiýetnamalaryna bagly däldir.

Bir sapar alnan fotografik şekil islendikçe wagtlaý saklanýar

temperatura çalt artýandyr.

3. Gün maddasynyň esasy böleginiň örän güýçli ionlaşan bolmalydygy ýokarky, 2-nji bölümçeden gelip çykýar. Eýýäm, 5-6 müň kelwin temperaturada köp metallaryň atomlary ionlaşýarlar, 10-15 müň kelwin temperaturadan ýokarda bolsa, Günde iň köp bolan element – wodorod hem ionlaşýar. Diýmek, Gün maddasy plazma, ýagny atomlarynyň köpüsi ionlaşan gaz bolmalydyr. Diňe göze görünýän gyrasyna ýakyn ýerleşen ýuka gatlakda ionlaşma gowşakdyr we onda neýtral wodorod agdyklyk edýändir.

§112. Günüň içki gurluşy

Günüň has çuň gatlaklarynda temperatur anyň artmagy bilen birwagtda, ähli ýokarda ýerleşen gatlaklaryň agramy bilen kesgitlenýän, basyş hem artmalydyr. Diýmek, dykzlyk hem artmalydyr. Günüň her bir içki nokadynda gidrostatik deňagramlylyk şerti ýerine ýetmelidir. Bu şert, haýsy hem bolsa bir elementar gatlagyň (mysal üçin, 120-nji a çyzgyda AB gatlak) sezewar bolýan basyşlarynyň tapawudy has çuň ýerleşen gatlaklaryň ählisiniň grawitasion dartmasy bilen deňagramlaşmaly diýmegi aňladýar. Eger gatlagyň ýokarky araçägindäki (A) basyşy P_1 , aşaky araçägindäki basyşy bolsa P_2 bilen bellesek, onda deňagramlylyk aşakdaky şertde ýerine ýeter:

$$P_2 - P_1 = \rho g H \quad (8.1)$$

bu ýerde ρ -AB gatlagyň orta dykzlygy, H -onuň galyňlygy, g -agyrlyk güýjüniň tizlenmesiniň degişli bahasy. Orta dykzlygy AB gatlagyň ýokarky we aşaky araçäklerindäki ρ_1 we ρ_2 dykzlyklaryň orta arifmetiki bahasyna deň diýip kabul edýäris:

$$\rho = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} \quad (8.2)$$

Gaz halynyň deňlemesini (6.9) ulanyň, alarys:

$$\rho = \frac{1}{2}(\rho_1 + \rho_2) = \frac{\mu}{2RT}(P_1 + P_2) \quad (8.3)$$

Bu aňlatmany (8.1) formulada ornuna goýup, alarys:

5-nji tablisa
Günüň daşky gatlaklarynyň dürli usullar bilen kesgitlenen temperaturasy

Usul	Netije	Temperaturany häsiýetlendirýän parametriň ady
Şöhlemenmäniň maksimumy boýunça (Winiň kanuny)	6750	
Şöhlemenmäniň umumy akymy boýunça (Stefanyň-Bolsmanyň kanuny)	5770	Effektiw temperatura
Monohromatik şöhlemenmäniň intensiwligi boýunça (Plankyň formulasy) $\lambda=1000\text{\AA}$ $\lambda=2500\text{\AA}$ $\lambda=5500\text{\AA}$ $\lambda=1\text{ m}$	4500 5000 6400 1 000 000	Ýitilik temperatura
Energiýanyň otnositel paýlanyşy boýunça çäklerde: 4700-5400 \AA 4300-4700 \AA	6500 8000	Reňk temperatura

2. Günüň maddasynyň temperaturasy çuňluk boýunça üýtgeýär. Hakykatdan hem, gaty gyzdyrylan gazyň dury dälligi dürli tolkun uzynlyklary üçin birmeňzeş däldir. Ultramelewşe şöhleleriň siňdirilmesi, göze görünýän şöhleleriňkiden köpdür. Şol wagtyň özünde bular ýaly gazlar radiotolkunlary has güýçli siňdirýändirler. Şonuň üçin, radio, ultramelewşe we göze görünýän şöhlemenme deňşililikde Günüň has çuň gatlaklaryna deňşidirler. Gözegçilik edilýän ýitilik temperaturasynyň tolkun uzynlygyna baglylygyny göz önünde tutup, Günüň görünýän üstüniň ýakynynda, minimal temperaturasy (takmynan 4500K) bolan, uzak ultramelewşe şöhlelerde gözegçilik edip bolýan gatlagyň bolmalydygyny alýarys. Bu gatlakdan ýokarda we aşakda

we tejribehanalarda öwrenilýär. Ýyldyzlaryň fotosuratlary tegelekler görnüşinde alynýar (107-nji çyzgy). Ýyldyz näçe ýiti boldygyça, şol bir ekspozisiýada, sonçada uly diametrli tegelek alynýar. Ýyldyzlaryň fotografik şekilleriniň diametrleriniň tapawutlylygy diňe fotosurat bilen baglydyr we ýyldyzyň hakyky burç diametri bilen baglanyşykly däldir. Ylmy maglumatlar almak üçin diňe negatiwler ulanylýar. Astronomiýada aýna plastinkalar, şeýle hem plýonkalar peýdalanylýar.



107-nji çyzgy. Pleýada toplumyndaky ýyldyzlaryň we tozan dumanlyklarynyň fotosuratlary.

Negatiwler boýunça asman obýektleriniň otnositel ýerleşikleri öwrenilende fotoplastinkalary ulanmak amatlydyr. Asmanyň şol bir böleginiň dürli günlerde, aýlarda, ýyllarda alnan fotosuratlaryny özara deňşdirip, üýtgeşmeler barada netije çykarylýar. Kiçi planetalaryň we kometalaryň (Günden uzakda ýerleşen we guýruklary ýok wagty) ýyldyzlaryň arasyndaky süýşmesini, surata düşürilen wagtlarynyň tapawudy birnäçe gün bolan negatiwleri deňşdirip, ýüze çykaryp bolýandyр. Ýyldyzlaryň hususy hereketlerini, şeýle hem gaz dumanlyklaryndaky ýyldyzara maddanyň aýry-aýry goýulanmalarynyň hereketlerini, surata düşürilen wagtlarynyň tapawudy onlarça ýyllara ýetýän fotosuratlary boýunça öwrenilýär. Üýtgeýän ýyldyzlaryň ýalpyldylarynyň üýtgemeleri, täze we aşatäze ýyldyzlaryň partlamalary dürli wagat pursatlary alnan negatiwleri

deňeşdirilende ýeňil ýüze çykarylýandyр.

Bular ýaly üýtgemeleri öwrenmek üçin ýörite enjamlar-stereo komparator we blink-mikroskop ulanylýar. Stereokomparator üýtgemeleri ýüze çykarmak üçin hyzmat edýär. Ol gurluşy boýunça stereoskopa meňzeşdir. Dürli wagtda düşürilen iki plastinka, gözegçi olardaky şekilleri gabat gelýän ýagdaýda görer ýaly edip, ýerleşdirilýärler. Eger, haýsy hem bolsa bir ýyldyz duýarly süýşen bolsa, onda ol surat tekizlikden „çykýar“. Blink-mikroskop stereokomparatordan deňeşdirilýän ýa birinji, ýa-da ikinji plastinkanyň önüni ýapmaga mümkinçilik berýän ýapgyjyň barlygy bilen tapawutlanýar. Eger bu ýapgyjy çalt-çaltдан üýtgetsek, onda ýyldyzlaryň diňe ýerleşişlerini deňeşdirmek bilen çäklenmän, plastinkalardaky ýyldyzlaryň şekilleriniň ululyklaryny hem deňeşdirip bolýar. Şunlukda ýyldyzyň ýerleşişiniň üýtgemesi ýa-da ululygynyň üýtgemesi ýeňil ýüze çykarylýar. Ýyldyzlaryň şekilleriniň plastinkalardaky ýerleşen ýagdaýlaryny takyk ölçemek üçin koordinat ölçejji enjamlar ulanylýar.

Negatiwiň garalmasy takmynan E ýagtylandyrylyşyň ekspozisiýaň t dowamlylygyna köpeldilmegi bilen kesgitlenýär. Bu baglanyşyk ýagtylandyrylyşyň kesgitli çäklerinde ýerine ýetýändir. Emulsiýanyň her görnüşü üçin onuň iň gowy işleýän ýagtylandyrylyşy we ekspozisiýanyň dowamlylygyny görkezmek mümkindir. Ýokary duýgurlygy bolan, az wagт ekspozisiýa üçin niýetlenen kino -we fotoplýonkalar astronomiýada ulanyp bolýan dälдir.

Forosurtalar astronomik obýektleriň fotometrik barlaglaryny geçirmäge, ýagny ýitiligini we ýyldyz ululygyny mukdar taýdan kesgitlemäge mümkinçilik berýärler. Onuň üçin negatiwiň garalmasynyň ýagtylandyrylyşa baglylygyny bilmek, ýagny negatiwi *kalibrowka* etmek zerurdyр. Garalma derejesini ölçemek üçin, intensiwligi bellige alynýan, ýagtylyk dessesini negatiwden geçirmeli. Onda D garalmany negatiwiň optiki dykzylygynyň üsti bilen aňladyp bolýar:

$$D = \lg \frac{I_0}{I} \quad (7.8)$$

birmeňzeş duýgurlygy bolan, energiýanyň Günüň spektrinde paýlanylyşyny ölçemäge mümkinçilik berýär.

Atmosferadan daşыnda, raketalaryň we emeli hemralaryň kömegi bilen geçirilýän gözegçilikler, Gün hemişeligiňiň hakyky bahasyny gös-göni kesgitlemäge mümkinçilik berýär, şol sebäpli ýazgysy getirilen usul soňky döwürde ulanylmaýar diýen ýalydyр.

§111. Günüň daşky gatlaklarynyň temperaturasy

Jisimiň şöhlemenmesiniň intensiwligi boýunça onuň daşky gatlaklarynyň temperaturasy barada netije çykaryp bolýanlygy §100-de görkezilipdi. Temperaturany kesgitlemegiň seredilen usullary Günüň mysalynda görkezilipdi (91-nji surat).

Bu usullary ulanyp, alnan netijeleri derňäp geçeliň. Şöhlemenmäniň doly akymy boýunça kesgitlenýän effektiv temperatura Gün üçin $5770K$ deňdir, emma Günüň spektrinde şöhlemenmäniň maksimumynyň ýerleşşi, Winiň kanuny boýunça kesgitlenen temperaturasy takmynan $6750K$ deňdir. Spektriň dürli çäklerinde energiýanyň otnositel paýlanylyşы reňk temperaturasyny kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Reňk temperaturalary iň bärkisi, göze görүнýän çäklerde hem güýçli üýtgeýändir. Mysal üçin, $4700-5400\text{\AA}$ tolkun uzynlyklaryň çäginde reňk temperaturasy $6500K$ deňdir, $4300-4700\text{\AA}$ tolkun uzynlyklarda bolsa $8000K$ töweregidir. Spekr boýunça ýitilik temperaturasy has uly çäklerde üýtgeýändir. Spektriň $1000-2500\text{\AA}$ tolkun uzynlyklarynyň çäginde ýitilik temperaturasy $4500K$ -den $5000K$ -e çenli, ýaşыл şöhlelerde (5500\AA) bolsa $6400K$, metr uzynlykly radiotolkunlaryň çäginde bolsa million gradusa ýetýändir. Bu maglumatlar 5-nji tablisada görkezilendir.

5-nji tablisada getirilen maglumatlaryň tapawutlarynyň wajyp manysy bardыр we şu netijeleri çykarmaga mümkinçilik berýändir:

1. Günüň şöhlemenmesi, absolyut gara jisimiň şöhlemenmesinden tapawutlanýandyр. Başgaça bolan ýagdaýыnda, 5-nji tablisada getirilen temperaturanyň ähli bahalary birmeňzeş bolardy.

ululyk bilen häsiýetlendirmek kabul edilendir. *Ýeriň Günden orta uzaklygynda, Gün şöhlelerine perpendikulýar ýerleşen, 1 m^2 meýdançadan 1 minudyň dowamynda geçýän Günüň energiýasynyň doly mukdaryna Gün hemişeligi diýilýär.* Köpsanly ölçegleriň netijesinde Gün hemişeligi Q häzirkiki döwürde 1%-e çenli takyklyk bilen kesgitlenendir:

$$Q = 1,36 \cdot 10^6 \text{ erg} / (\text{sm}^2 \cdot \text{s}) = 1360 \text{ Wt} / \text{m}^2 = 1,36 \cdot 10^3 \text{ Wt} / \text{m}^2.$$

Bu ululygy radiusy 1 a.b. ($1 \text{ astronomik birlik} = 149 \cdot 10^6 \text{ km}$) bolan sferanyň üstüniň meýdanyna köpeldip, Günüň wagat birliginde ähli ugurlarda şöhlelendirýän energiýasynyň doly mukdaryny, ýagny integral ýagtylanyjylygyny alarys

$$L_{\odot} = Q \cdot 4\pi a^2 = 3,8 \cdot 10^{26} \text{ J} / \text{s}.$$

Bu ululygy Günüň üstüniň meýdanyna bölüp, onuň bir birlik üstüniň (1 m^2) wagat birliginde şöhlelendirýän energiýasyny alarys

$$\varepsilon_{\odot} = \frac{L_{\odot}}{4\pi R_{\odot}^2} = 6,28 \cdot 10^7 \text{ Wt}.$$

Köp sanly takyk ölçemeleriň netijesinde Günüň integral ýagtylanyjylygynyň ýokary takyklyk bilen hemişeligini saklaýan ululykdygy anyklanylandyr. Eger Gün hemişeliginiň üýtgemeleri bar hem bolsa, onda onuň ululygy 1%-den kiçi bolmalydyr.

Atmosferada siňdirilmegi we dagynyk serpikdirilmegi netijesinde Günüň şöhlelenmesiniň akymy gowşap, Ýeriň üstünde ortaça $800\text{--}900 \text{ Wt/m}^2$ deňdir.

Gün hemişeligini ölçemek, enjamlaryň iki dürli görnüşlerini ulanmak bilen, ygtybarly we has takyk, köp sanly gözegçilikleri geçirmekligi talap edýän çylşyrymly meseledir. Enjamlaryň bir görnüşine *pirgeliometrler* diýilýär. Olaryň esasy maksady meýdany belli bolan üste kesgitli wagtyň dowamynda düşýän Gün energiýasynyň doly mukdaryny energiýanyň absolýut birliklerinde kesgitlemekdir. Emma pirgeliometriň görkezmeleri Gün hemişeliginiň bahasyny berýän däl, sebäbi Günüň şöhlelenmesi Ýeriň atmosferasyndan geçende bir bölegi siňdirilýändir. Bu siňdirilmäni hasaba almak üçin, pirgeliometrde geçirilýän ölçegler bilen bir wagtda ýene bir enjamda, *spektrobolometrde* ölçegleriň toplumyny geçirýärler. Spektrobolometr dürli tolkun uzynlyklarda

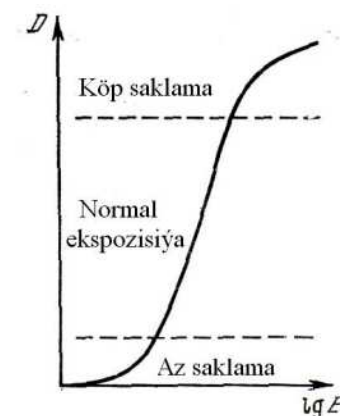
bu ýerde I_0 -düşýän şöhleleriň dessesiniň intensiwligi, I -negatiwden geçen dessäniň intensiwligi.

$$D = f(\lg Et) \quad (7.9)$$

baglanyşyga emulsiýanyň *häsiýetlendiriji egrisi* diýilýär (108-nji çyzgy). Bu egriniň üç bölegini görkezmek bolar: az saklama bölegi, bu ýerde egriniň dikligi Et -niň kiçelmegi bilen peselýär; normal ekspozisiýalar bölegi, bu ýerde egriniň dikligi maksimal we baglanyşyk çyzykly diýen ýalydyr; köp saklama bölegi, Et -niň ulalmagy bilen egriniň dikligi peselýändir. Dogry saýlanyp alynan ekspozisiýada garalma egriniň çyzykly bölegine degişli bolmalydyr. Häsiýetlendiriji egrini gurmak üçin, ýagtylandyrylyşlary belli gatnaşykda bolan, birnäçe (adatça 10 töweregi) meýdançanyň şekili emulsiýa çykarylýar. Bu işe *negatiwi kalibrlemek* diýilýär.

Häsiýetlendiriji egrini bilip, negatiwiň dürli nokatlaryna degişli ýagtylandyrylyşlary deňeşdirip bolýar. Nokatlanç däl obýektler, ýagny dumanlyklar ýa-da planetalar üçin izofotlary gurmak mümkin. Bulary bilmek ýitiligiň ýa-da ýalpyldynyň otnositel ölçegleri, ýagny otnositel fotometriýa üçin ýeterlikdir. Absolýut fotometriýa, ýagny ýitiligiň ýa-da ýalpyldynyň absolýut ululyklarynyň ölçegleri üçin kalibrowkadan başga *standartlaşdyrmany* geçirmek hökmandyr. Standartlaşdyrmak üçin emulsiýa ýitiligi belli bolan meýdançanyň şeklini çap etmeli (nokatlanç däl çeşmeler üçin) ýa-da negatiwde ýyldyz ululyklary belli bolan ýyldyzlaryň şekilleri bolmaly. Otnositel fotometriýada nokatlanç obýektleriň kalibrowkasy adatça ýalpyldysy belli bolan ýyldyzlar boýunça ýerine ýetirilýär.

Negatiwiň garalmalaryny ölçemek üçin fotoelektrik *mikrofotometrler* peýdalanylýar. Bu enjamlarda negatiwden geçen



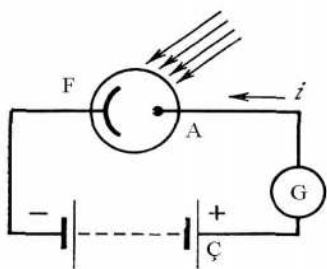
108-nji çyzgy. Fotoemulsiýanyň häsiýetlendiriji egrisi.

ýagtylyk desesiniň intensiwligini fotoelement ölçeyär.

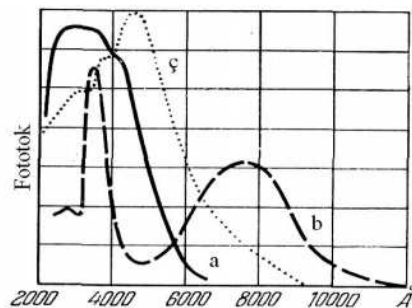
Fotografik plastinkany şöhlenenmäni kabul ediji hökmünde ulanylanda onuň esasy ýetmezçiligi-garalmanyň ýagtylandyrylyşa çyzykly däl baglylygydyr. Ondan başga-da garalma plastinkanyň işläp taýýarlanylyşyna hem baglydyr. Netijede, fotografik usul bilen geçirilýän fotometrik ölçegleriň takyklygy adatça 5-7%-den ýokary bolmaýar.

§105. Şöhlenenmäni fotoelektrik kabul edijiler

Fotometriýanyň takyklygyny ýokarlandyrmak üçin teleskopyň fokusynda ýerleşdirilýän fotoelementler peýdalanylýar. Daşky fotoeffekt hadysasyna esaslanan fotoelementiň ulanylyşy 109-njy çyzgyda görkezilen.



109-njy çyzgy. Daşky fotoeffekt hadysasyna esaslanan fotoelementiň ulanylyşy. F- fotokatod, A- fotoelementiň anody, G- galwanometr, Ç- ýmitlendiriji çeşme, i- fototok.



110-njy çyzgy. Fotokatodlaryň spektral häsiýetnamalary: a) surma-seziýli; b) kislorod-seziýli; c) multiasgarly forokatodlary.

Fotoelementiň fotokatodyndan ýagtylygyň täsiri netijesinde elektronlar goparylýar we olar anoda tarap hereket edýärler, fotoelementiň zynjyry boýunça tok (fototok) akýar. Fototok nokada düşýän ýagtylyk akymyna göni proporsionaldyr we bu proporsionallyk giň çäklerde saklanýandyr. Fotokatodyň duýgurlygy we spektral häsiýetnamasy wagtyň geçmegi bilen üýtgemeyär diýen ýalydyr. Fotoelementiň bu häsiýetnamalary olaryň kömegi bilen fotometrik ölçegleri, fotografik usullar bilen

L_{α} (Laýman-alfa), rezonans çyzygydyr (118-nji çyzygy).

Spektriň göze görünýän çäklerinde ionlaşan kalsiýniň H we K rezonans çyzyklary has intensiwdir (117-nji çyzygy). Olardan soň intensiwligi boýunça wodorodyň balmer seriýasynyň H_{α} , H_{β} , H_{γ} çyzyklary, soňra bolsa natriýniň D_1 we D_2 rezonans çyzyklary, magniýniň, demiriň, titanyň we beýleki elementleriň çyzyklary gelyär (117-nji çyzygy). Galan köp sanly çyzyklar

D.I.Mendeleyewiň tablisasyndaky belli bolan 70 sany himiki elementleriň tejribede öwrenilen çyzyklary bilen deňeşdirip, olara degişli edilendir. Günün spektrinde bu çyzyklaryň bolmagy Günün atmosferasynda degişli elementleriň barlygynyň subutnamasydyr. Şu usul bilen Günde wodorodyň, geliýniň, azodyň, uglerodyň, kislorodyň, magniýniň, natriýniň, kalsiýniň, demiriň we beýleki elementleriň barlygy tassyklanandyr.

Dürli himiki elementleriň Günün düzümindäki mukdaryny kesgitlemek üçin §101-de beýan edilen usul peýdalanylýar. Barlaglaryň netijeleri Günün maddasynyň himiki düzüminiň, beýleki kosmos obýektleriniň (Ýerden we beýleki planetalardan başga) himiki düzümine (4-nji tablisa) meňzeşdigini görkezýär.

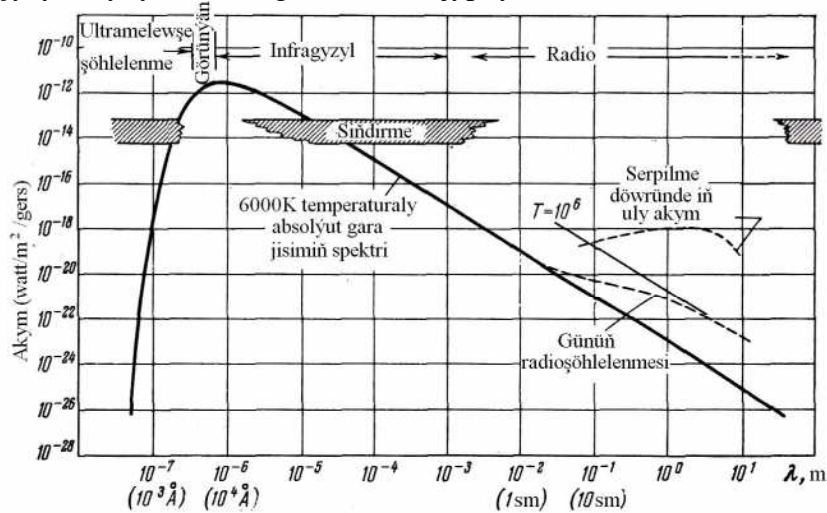
Günün düzüminde agdyklyk edýän himiki element – wodorod. Atomlaryň sany boýunça wodorod galan himiki elementleriň hemmesiniň atomlaryndan 10 esse köpdür, Günün massasynyň 70%-i wodoroda degişlidir (wodorod iň ýeňil elementdir).

Mukdary boýunça indiki element geliý, ol Günün massasynyň 29%-i tutýar. Galan himiki elementleriň ählisi bilelikde 1%-den az-kem köprükdir. Käbir ýagdaýlarda, umumy häsiýetleri bolan elementleriň mukdaryny bilmek wajyp bolýar. Mysal üçin, Günün atmosferasynda metallaryň atomlarynyň umumy mukdary wodorodyň atomlarynyň sanyndan 10 000 esse azdyr.

§110. Günün hemişeligi we onuň ölçenilişi

Astrofizikanyň we geofizikanyň köp meseleleri üçin Günün şöhlenenmesiniň kuwwatynyň takyk ululygyny bilmek wajypdyr. Günden gelyän şöhlenenmäniň akymyny Gün hemişeligi diýilýän

garamtyl siňdirmе fraungofer çyzyklaryň bolmaklygydyr. Fraungofer çyzyklarynyň döremeginiň sebäbi, Gün atmosferasynyň üznüksiz spektriniň käbir tolkun uzynlyklaryndaky şöhlelenmesiniň ýokarky gaz gatlaklary tarapyndan siňdirilmesidir. Siňdirilen energiýanyň hasabyna atomlar oýandyrylýar we oýandyrylan atomlaryň öz-özünden şöhlelenmesi bolup geçýär. Netijede siňdirilen energiýa ýene-de täzeden şöhlelenendirilýär. Bular ýaly täzeden şöhlelenmä atomlardan *dagynyk serpihme* diýilýär. Bu proses fraungofer çyzyklarynyň döremeginde has wajypdyr.



119-njy çyzgy. 1 astronomik birlik uzaklykda Günüň şöhlelenme spektrinde kuwwatyň paýlanyşy.

Aşaky gatlaklardan gelýän radiasiýa atomlar tarapyndan gaýtadan şöhlelenendirilende hemme ugurlar boýunça, şol sanda başlangyç ugra garşylykly ugurda hem bolýandyr. Şonuň üçin, spektriň spektral çyzyk ýerleşen yerinden çykýan kwantlaryň sany, onuň bilen goňşy bolan üznüksiz spektrde çykýandan az bolýar we üznüksiz spektriň düşekliginde garamtyl bolup görünýär. Siňdirmе çyzyklarynyň intensiwligi boýunça dagynyk serpihmе atomlaryň mukdary barada netije çykaryp bolýar.

Gün spektriniň iň güýçli çyzygy uzak ultramelewşe çäklerde ýerleşendir. Bu çyzyk, tolkun uzynlygy 1216Å bolan, wodorodyň

alyp bolmaýan, örän ýokary takyklyk (0,1% çenli) bilen geçirmäge mümkinçilik berýär. Ýokary takyklygy üçin fotoelektrik tehnikaýy häzirki zaman astrofizikada wajyp orun eýeleýändir.

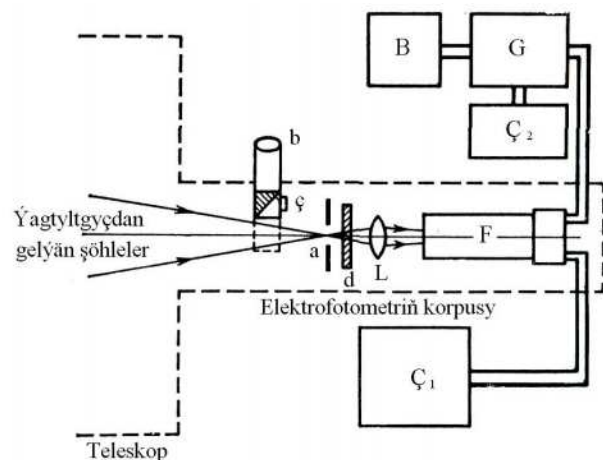
Belli bolşy ýaly, kwantyň energiýasy $\varepsilon = h\nu$ deňdir. Şonuň üçin fotoeffekti ýygylgy ν_0 -dan uly bolan şöhlelenme ýüze çykaryp biler (Eýnşteýniň kanuny)

$$\nu_0 = \frac{W_0}{h}, \quad (7.10)$$

bu yerde W_0 -çykyş işi. ν_0 -ýygylgy *fotoeffektiň gyzyl araçägi* diýilýär. Bu ululyk fotokatodyň materialyna baglydyr. Arassa metallaryň çykyş işi örän uludyr we $\lambda > 3000\text{Å}$ bolan tolkun uzynlyklary üçin fotokatod taýýarlap bolmaýar. Şonuň üçin, çylşyrymly fiziki-himiki düzümi we çykyş işi kiçi bolan, ýörite fotokatodlar ýasalýar. Olaryň köp ulanylýanlary surma-seziýli, multiaşgarly we kislorod-seziýli forokatodlardyr. Bu fotokatodlaryň spektral häsiýetnamalary 110-njy çyzgyda görkezilendir. 12500Å-den uly tolkun uzynlyklary üçin fotokatodlar ýokdur. Sebäbi fotokatodyň çykyş işiniň kiçi bolýanlygy üçin fotoelektronlar bilen birlikde, ýylylyk hereketiniň netijesinde alan energiýalary çykyş işinden uly bolup, fotokatodtan gopan termoelektronlar hem ýüze çykýar. Termoelektronlaryň döredýän togy gowşak fototoklary ölçemäge päsgelçilik berýär.

Häzirki döwürde fotoelektrik kabul edijiniň çylşyrymly görnüşleri-fotoelektron köpeldijiler ulanylýar. Bu enjamlarda ikilenç elektron emissiýa hadysasy peýdalanylýar. Fotoköpeldijiden soň orta anod toguny ölçeyän ýa-da anod toguny düzyän aýry-aýry impulsary sanayan enjam ýerleşdirilýär. Her bir impulsyň bir fotoelektrona digişlidigi sebäpli bu usula elektronlary hasaplamak usuly diýilýär.

Ýagtylygy kabul ediji hökmünde fotoelement ýa-da fotoköpeldiji ulanylýan fotometrik enjama elektrofotometr diýilýär. 111-nji çyzgyda ýyldyz elektrofotometriniň ýyldyz ululyklaryny fotoelektrik usul bilen ölçeyän enjamyň

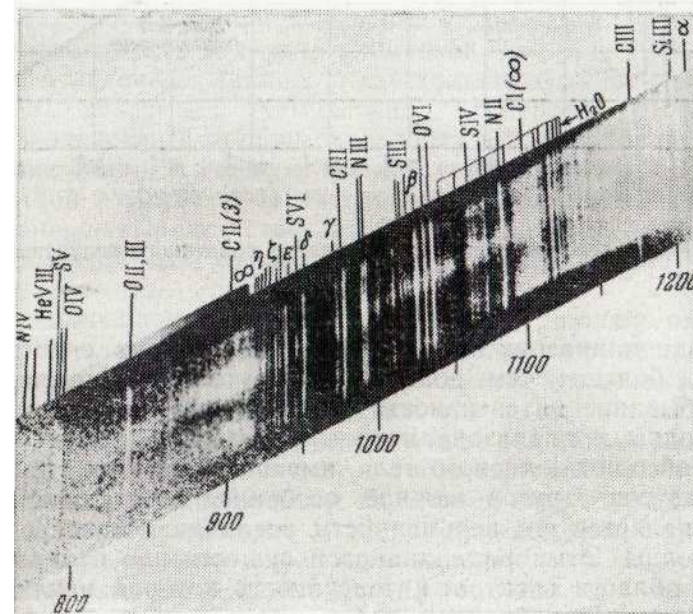
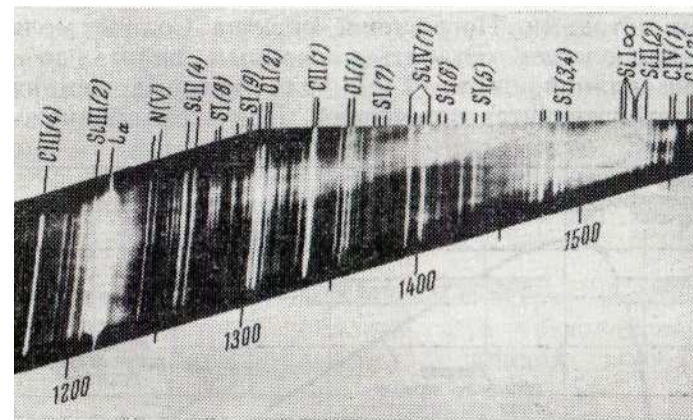


111-nji çyzgy. Ýyldyz elektrofotometriň gurluşy.

ýönekeýleşdirilen çyzgysy görkezilen. Bu ýerde a -diafragma, teleskopyň fokusynda ýerleşen; b -ýyldyza ugrukdyrmaga mümkinçilik berýän, prizmalı, süýşürilýän okulyar; ζ -duýgurlygyň üýtgemeyänligini barlamak üçin niýetlenilen radioaktiw lýuminofor; d -ýagtylyk filtri; L -fotokatoda teleskopyň şekilini proyektirleýän linza, F -fotoköpeldiji, ζ_1 -fotoköpeldijini iýmitlendiriji çeşmesi; G -güýçlendiriji; ζ_2 - güýçlendirijini iýmitlendiriji çeşme; B -bellige alýan elektroölçeýji enjam.

Gözegçi ölçegleriň dowamynda ýyldyzy diafragma birnäçe gezek girizýär we çykarýar. Ýyldyzyň ýok wagty enjam ýokarky atmosferanyň ýagtylanmasy bilen bagly bolan asmanyň fonunyň hasaplamalaryny bellige alýar. Bu hasaplamalar diafragmanyň meýdanyna proporsionaldyr. Şonuň üçin onuň meýdanyny kiçi almaga synanyşýarlar. Haçan-da ýyldyz diafragmada ýerleşende enjam fonuň we ýyldyzyň hasaplamalarynyň jemini ýazýar we şonuň üçin gözegçi maglumatlary işlände hasaplamalaryň tapawudyny alýandyr. Dürli ýyldyzlardan alnan n_1 we n_2 hasaplamalary deňeşdirip, ýyldyz ululyklarynyň tapawudyny

$$m_2 - m_1 = -2,5 \lg \frac{n_2}{n_1}$$



117-nji çyzgy. Günüň görnüş spektriniň fotosuraty.

üýtgemeler Günüň rentgen şöhledenmelerine hem degişlidir.

Günüň spektriniň 1600Å tolkun uzynlyklardan başlap, infragyzyň tolkunlara çenli aralyklarda özboluşly aýratynlygy

eden awstriýaly fizik Fraungoferiň ady boýunça fraungoferiň çyzyklary diýilýär.

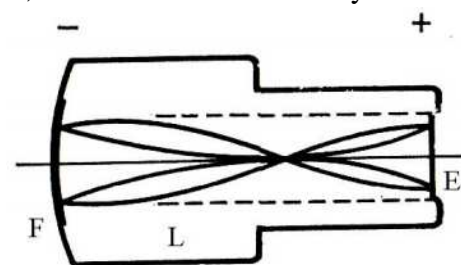
Üznüksiz spektriň iň uly intensiwligi spektriň gök-ýaşyl bölegine, ýagny $4300-5000\text{\AA}$ tolkun uzynlyklara degişlidir (91-nji çyzgy). Maksimumdan iki tarapa-da şöhlenmäniň intensiwligi kemelýändir. Günüň spektri göze görünmeýän gysga tolkunly we uzyn tolkunly çäkleri-de öz içine alýandyr. Günüň spektrine atmosferanyň daşyndan raketalaryň we emeli hemralaryň kömegi bilen geçirilen gözegçilikler 2000\AA tolkun uzynlyklaryna çenli Günüň spektriniň häsiýetiniň göze görünýän çäklerdäki spektre meňzeşdigini görkezýär. Emma has gysga tolkunlaryň çäklerinde üznüksiz spektriň intensiwligi çalt kemelýär, garamtyl fraungofer çyzyklary bolsa, ýiti emission çyzyklary bilen çalyşylýar (118-nji çyzgy).

Günüň spektriniň infragyzyň bölegi, ýagny 15mk tolkun uzynlyklara çenli, Ýeriň atmosferasyndan geçende bölkleýin siňdirilýär (119-njy çyzgy). Bu ýerde esasan suw buglaryna, kisloroda we kömürturşy gazyň molekulýar siňdirme zolaklary ýerleşendirler. Ýerden Günüň spektriniň bu zolaklarynyň aralyklarynyň käbirleri görünýändir. 15mk -dan uly bolan tolkun uzynlyklary tutuşlygyna siňdirilýärler, bu çäklerde Günüň spektrine diňe atmosferanyň daşyndan gözegçilik edip bolýandyr. Günüň spektriniň howanyň molekulalary tarapyndan güýçli siňdirilmesi tä 1sm uzynlykly radiotolkunlara çenli dowam edýändir. 1sm uzynlykly radiotolkunlardan başlap Ýeriň atmosferasy durudyr. Günüň spektriniň radiotolkunlaryň çäklerinde intensiwligi temperaturasy 6000 K bolan jisimiňkiden ep-esli uludyr. Metr tolkun uzynlyklaryň çäklerinde tolkun uzynlygynyň ulalmagy bilen, Günüň radiospektriniň intensiwliginiň kemelmesi, temperaturasy million gradus bolan absolýut gara jisimiň şöhlenmesiniň intensiwliginiň pese düşmesine meňzeş bolýar. Günüň radioşöhlenenmesiniň ýene-de bir wajyp aýratynlygy onuň üýtgeýänligidir, tolkun uzynlygynyň ulalmagy bilen bu üýtgame has hem artýandyr. Bu häsiýeti bilen Günüň radioşöhlenenmesi, intensiwligi hemişelik bolan, spektriň göze görünýän böleginden düýpli tapawutlanýandyr. Bular ýaly

kesgitlemek bolýar we bir ýyldyzyň belli bolan m_1 ýyldyz ululygy boýunça beýleki ýyldyzyň mäbelli m_2 ýyldyz ululygyny hasaplap bolýar. Atmosferanyň täsirini aradan aýyrmak üçin, zenit aralyklary deň bolan ýyldyzlary deňeşdirmek gerek ýa-da ýörite gözegçiliklerden atmosferanyň durulyk koeffisiýentini kesgitlemelidir.

Gaty gowşak bolmadyk ýyldyzlar üçin, elektrofotometriň kömegi bilen $0^m.005 - 0^m.01$ takyklykda ölçemek mumkindir. Ýagtylyk filtrlerini peýdalanyň, elektrofotometriň kömegi bilen ýyldyzlaryň reňk häsýetnamalaryny, eger optiki ýoluň ugrunda polýarlanmany derňeýji goýulsa, onda ýokary takyklyk bilen ýyldyzlaryň ýagtylygynyň polýarlanmasyny ölçäp bolýandyr.

Astronomik gözegçiliklerde şekili özgerdijiler, ýagny *elektron-optiki özgerdijiler* (EOÖ) we *telewizion sistemalar* giňden ulanylýar. Elektron-optiki özgerdiji (112-nji çyzgy) fotokatoddan F , elektron linzadan L we lýuminofor ekrandan E ybaratdyr.



112-nji çyzgy. Elektron-optiki özgerdiji.

Elektron linza elektronlary ýeterlik uly energiýalara çenli tizlendirýän we olary kesgitli traektoriyalar boýunça hereket etmäge mejbur edýän, položitel zarýadlanan elektroddyr. Özi hem katodyň her bir nokadyndan goparylan

fotoelektronlaryň hersi ekranda diňe özüne degişli nokadyna düşýändir. Netijede ekranda fotokatoddaky şekile meňzeş, ýöne has ýitiräk şekil alynýar. Fotokatodlardan kwant çykyşynyň köplügi üçin EOÖ-ler adaty fotografiýalardakydan has gysga ekspozisiýaly şekilleri hasaba almaga mümkinçilik döredýär. Ekspozisiýada uly utuşlary kislorod-seziýli katodly EOÖ-ler berýändir.

Ýokary duýgurlygy bolan telewizion trubkaly telewizion sistemalary hem örän gowşak obýektleri, kontrasty uly güýçlendirip, bellige almaga mümkinçilik döredýär. Ýöne bu

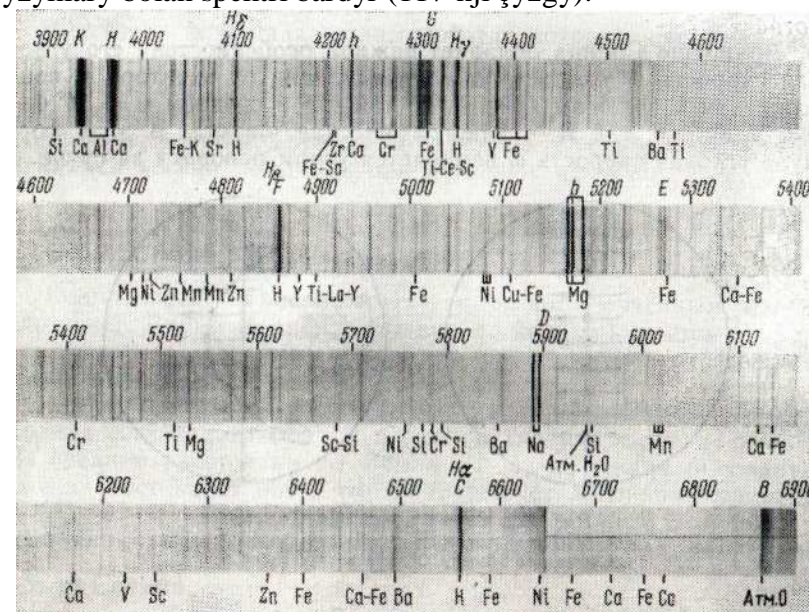
Spektriň infragyzyň çäginde ($\lambda > 1mk$) şöhlelenmäni bellige almak üçin esasan hem, zarýady äkidijileriň konsentrasiýasy ýa-da şöhlelenendirilende hereketi artýan, käbir ýarymgeçiriji maddalaryň plýonka gatlaklaryndan ýa-da kristallaryndan ybarat bolan *fotogarşylyklar* ulanylýar. Bu hadysa fotogeçirijilik diýilýär we şöhlelenmäni millimetr tolkun uzynlyklara çenli bellige almaga mümkinçilik berýär.

Infragyzyly çäklerde ýokary duýgurlygy suwuk geliý bilen sowadylýan, *bolometrleriň* käbir görnüşleriniň kömegi bilen alnyp biliner. Bolometrler ýylylyk kabul edijileriniň şöhlelenmäni siňdirenlerinde temperaturasynyň ýokarlanmagyna esaslanan toparyna degişlidir. Bolometrlerde elektrik garşylygynyň temperatura baglylygy ulanylýar. Ýylylyk kabul edijileriň toparyna termoelektrik hadysasyna esaslanan termoparalar, şeýle hem şöhlelenme käbir göwrümde ýerleşen gaz tarapyndan siňdirilip, ony gyzdyryp giňeltmesine esaslanan optiki-akustik özgerdijiler (OAÖ) degişlidirler. Termoparalar we optiki-akustik özgerdijiler sowadylmasyz işleýärler we şöhlelenmäniň uly akymalaryny ölçemek üçin ýaramlydyr. Ýylylyk kabul edijileriň fotoelektrik kabul edijilerden artykmaçlygy olaryň duýgurlygynyň tolkun uzynlygyna bagly dälidigi, ýagny selektiw dälidigidir.

Emeli hemralarda oturdylan, rentgen şöhlelenmelerini kabul etmek üçin niýetlenen enjamlarda Geýgeriň hasapçylary, ssintillýasion hasapçylary we özboluşly fotokatodly fotoköpeldijiler ulanylýar. Geýgeriň hasapçylary iki elektrodly, rentgen şöhleleri üçin dury penjiresi bolan we ol şöhleleriň täsiri netijesinde ionlaşýan gaz bilen doldurylan, kolbadan ybaratdyr. Rentgen kwantlary gazdan geçýär we ion-elektron jübüdi emele getirýär, elektrodларыň aralygyndaky elektrik meýdanynda tizlendirilýärler, neýtral molekulalar bilen çakyşyp, olary ionlaşdyrýarlar. Netijede ionlaryň we elektronlaryň sil görnüşli

Günüň öz okunyň daşyndan bir bütewi gaty jisim ýaly aýlanmaýanlygy sebäpli, geografiki koordinatalar sistemasyny onuň üstüniň ähli nokatlary bilen berk baglanyşdyryp bolmaýar. Geliogeografik meridianlar diňe geliogeografik giňligi $B=\pm 16^0$ bolan nokatlar bilen şertli berk baglanyşdyrylýar. Olar üçin aýlanmanyň siderik periody 25,38 gije-gündize, sinodik period bolsa 27,28 gije-gündize deňdir. Başlangyç geliogeografik meridian diýip, 1854-nji ýylyň 1-nji ýanwarynda bütindünýä wagty boýunça 0^h -da Gün ekwatorynyň ekliptika bilen kesişme nokadyndan geçen meridian kabul edilendir.

Günüň şöhlenenmesiniň göze görünýän tolkun uzynlyklarda üznüksiz spektriniň düşekliginde onlarça mün' gamatyl, siňdirmе çyzyklary bolan spektri bardyr (117-nji çyzgy).

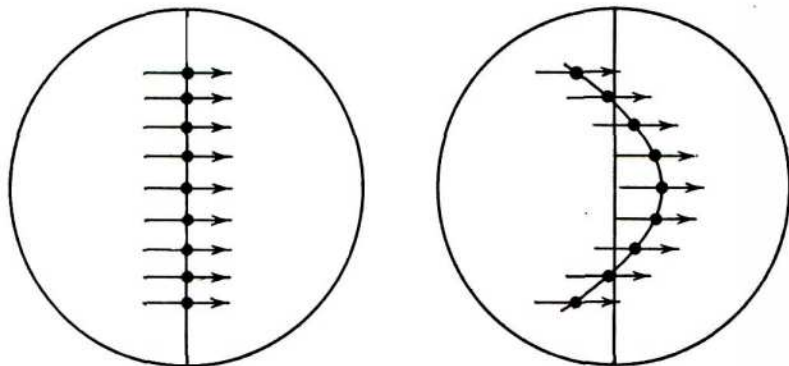


117-nji çyzgy. Günün görünvân spektriniň fotosuraty.

Bu siňdirme çyzyklaryna, olary ilkinji bolup 1814-nji ýylda beýan

onuň dürli nokatlarynyň spektral çyzyklarynyň süýşmeleriniň ölçemeleri Günüň maddasynyň onuň diametrleriniň biriniň daşyndan aýlanýandygyny görkezýär. Oňa Günüň *aýlanma oky* diýilýär. Günüň merkezinden geçýän we aýlanma okuna perpendikulýar bolan tekizlige Gün *ekwatorynyň tekizligi* diýilýär. Bu tekizlik ekliptikanyň tekizligi bilen $7^{\circ}15'$ burç emele getirýär we Günüň üstüni ekwator boýunça kesýär. Ekwatoryň tekizligi bilen Günüň merkezinden üstüniň berlen nokadyna geçirilen radiusyň emele getirýän burçuna *geliogeografik giňlik* diýilýär.

Günüň öz okunyň daşyndan aýlanmasynyň wajyp aýratynlygy bardyr, ýagny onuň ω burç tizligi ekwatordan daşlaşyp, polýusa ýakynlaşdygymyzça kemelýändir (116 -njy çyzgy). Burç tizliginiň orta bahasy $\omega = 14^{\circ}4-2^{\circ}7 \sin^2 B$ aňlatma boýunça kesgitlenýär, bu ýerde B -geliogeografik giňlik. Bu formulada ω burç tizligi bir gije-gündiziň dowamynda öwrülen burç ululygynda ölçenilýär.



116-njy çyzgy. Günüň öz okunyň daşyndan aýlanmasy.
Çepde- merkezi meridianyň ugry boýunça ýerleşen detallar;
sagda- bir aýlawdan soň olaryň ýerleşişleri.

Şeýlelikde, Günüň dürli nokatlary aýlanma okunyň daşynda dürli periodlar bilen aýlanýarlar. Ekwatorda ýerleşen nokatlaryň siderik (ýyldyz) peridy 25 gije-gündiz, polýuslaryň ýakynynda bolsa 30 gije-gündize ýetýändir. Ýeriň Günüň daşyndan aýlanýanlygy sebäpli, Günüň öz okunyň daşyndan aýlanmasy, Ýerdäki gözegçä birneme haýal bolup görüner. Ekwatorynda aýlanma peridy 27 gije-gündize, polýuslarynyň golaýynda bolsa 32 gije-gündize deňdir (aýlanmasynyň sinodik peridy).

akymy döredýär we ol toguň impulsy görnüşinde bellige alynýar. Her bir impuls bir kwanta degişlidir.

Ssintillýasion hasapçy rentgen kwanty düşende ýagtylyk şöhlelenmesini berýän, maddanyň plastinkasyndan ybarat bolan ssintillýatordan we bu ýagtylyk şöhlelenmesini bellige alýan fotoköpeldijiden ybaratdyr. Rentgen kwantlaryny gös-göni kabul edýän katodly fotoköpeldijiler hem bardyr. Olar ýaly ýagdaýda ssintillýatoryň zerurlygy aradan aýrylýar.

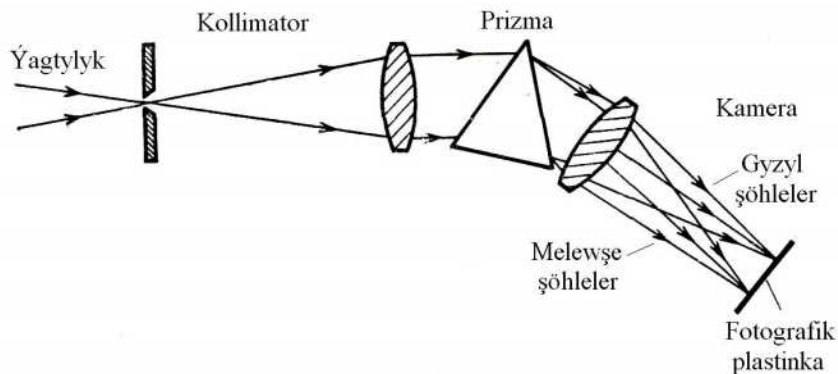
Ssintillýasion hasapçylaryň ýörite görnüşlerini energiýalary 30 MeV kiçi bolan gamma kwantlary ýüze çykarmak üçin hem ulanylýar. Energiýalary 30 MeV uly bolan gamma-kwantlar madda bilen özara täsirleşmesi netijesinde elektron-pozitron jübüdini emele getirýär we olar ionizasion kameralaryň, ýadro emulsiýalaryň kömegi bilen bellige alynýarlar. Eger kwantyň energiýasy 1000 MeV uly bolsa, onda onuň döredýän elektron-pozitron jübüdi atmosferada hereket edende ýeterlik ýitiligi bolan ýagtylanmany döredýär we ol Ýeriň üstünde ýörite gurnalan teleskopyň kömegi bilen ýüze çykarylyp biliner. Bu ýagtylanma akademik P.A.Çerenkow tarapyndan açylan optiki hadysasy bilen düşündirilýär. Bu hadysa elektron ýa-da pozitron ýagtylygynyň käbir gurşawda hereket edýän tizliginden (bu tizlik ýagtylygynyň wakuumdaky tizliginden mydama kiçidir) uly tizlik bilen hereket edende ýagtylyk energiýasyny şöhlelendirýänligindedir. Bu şöhlelenme örän inçe (kiçi) burçda jemlenendir we oňa gözegçilik edip, elektron-pozitron jübüdiniň we ony döredýän kwantyň gelen burçuny kesgitläp bolýar.

§106. Spektral abzallar

VI bapda asman ýagtyltgyçlarynyň spektrlerini öwrenip olaryň himiki düzümini, temperaturasyny, basyşy, aýlanmasy we beýleki häsýetnamalary barada maglumat almagyň usullary görkezilipdi. Indi biz astronomiýada peýdalanylýan abzallaryň esasy görnüşlerine seredip geçeliň. Ýyldyzlaryň we planetalaryň spektrlerine ilkinji bolup italýan astronomy Sekki XIX asyrdan

gözegçilik edipdir. Ondan soňra köp alymlar spektral derňew bilen meşgullanandyrlar. Ilkibaşda wizual spektroskop ulanylypdyr, soňra spektrleri fotosurata düşürüp başlaýarlar, häzirki döwürde şeýle hem fotoelektrik ýazgylar etmek ulanylýandyr. Spektri fotografik usul bilen bellige alýan spektral abzallara spektrograf, fotoelektrik usul bilen bellige alýan abzallara bolsa spektrometr diýilýär.

113-nji çyzgyda prizmany spektrografyň optiki çyzgysy görkezilen. Prizmanyň önünde kollimatory emele getirýan ýarçyk we obýektiv ýerleşendir. Kollimator prizma parallel şöhleleriň dessesini ugradýar.



113-nji çyzgy. Prizmany spektrografyň optiki çyzgysy.

Prizmanyň materialynyň döwürme görkezijisi tolkun uzynlygyna baglydyr. Şonuň üçin, prizma düşen parallel şöhleleriň dessesi prizmadan tolkun uzynlygyna baglylykda dürli burçlar boýunça çykyp, ikinji obýektiwiň (kameranyň) fokal tekizliginde spektri berýär, bu spektr fotosurata düşürilýär. Eger kameranyň fokal tekizliginde ilkinji ýarçygy ýerleşdirsek, onda spektrograf monohromatora öwürüler. Ilkinji ýarçygy spektr boýunça süşürüp ýa-da prizmany öwürip, spektriň aýry-aýry inçejik böleklerini alyp bolýar. Indi monohromatoryň çykyş ýarçygyndan soň fotoelektrik kabul ediji ýerleşdirilse, onda spektrometri alarys.

Prizmany spektrograflar bilen bir hatarda difraksion spektrograflar giňden ulanylýandyr. Bu abzallarda prizmanyň ýerine difraksion gözenek peýdalanylýar. Serpikdirýän difraksion

VIII bap. GÜN

Gün—adaty ýyldyz we Ýere golaý ýerleşenligi üçin beýleki ýyldyzlara garanynda häsiýetnamalary has gowy we anyk öwrenilendir. Bu bapda biz Gün baradaky maglumatlary gysga seretmek bilen çäklenmän, ähli ýyldyzlar üçin umumy bolan we olaryň fiziki tebigaty öwrenilende peýdaly boljak häsiýetnamalaryna has anyk serederis.

§108. Gün barada umumy maglumatlar

Gün gyalary çürt-kesik (tapawutlanýan) çäklenen tegelek görnüşlidir. Ýeriň Günden ortaça uzaklygynyň, onuň elliptik orbita boýunça hereket edýänligi sebäpli üýtgemesi, Günüň görüňän radiusynyň ýylyň dowamynda birneme üýtgemegine getirýär.

Haçan-da Ýer perigeliýde (ýanwaryň başynda) bolanda, Günüň görüňän diametri $32' 35''$, afeliýde (iýulyň başynda) bolsa $31' 31''$ deňdir. Ýerden orta uzaklykda (1 a.b.) Günüň görüňän radiusy $960''$, çyzykly radiusy bolsa

$$R_{\odot} = \frac{149,6 \cdot 10^6 \text{ km}}{206265''} \cdot 960'' = 696000 \text{ km}.$$

Günüň göwrümi

$$V_{\odot} = \frac{4}{3} \cdot \pi R_{\odot}^3 = 1,41 \cdot 10^{18} \text{ km}^3 = 1,41 \cdot 10^{27} \text{ m}^3$$

massasy bolsa

$$M_{\odot} = 1,99 \cdot 10^{33} \text{ g} \approx 2 \cdot 10^{30} \text{ kg},$$

bu ýerden onuň maddasynyň dykzlygyny kesgitleseň

$$\rho_{\odot} = \frac{M_{\odot}}{\frac{4}{3} \pi R_{\odot}^3} = 1,41 \text{ g / sm}^3.$$

Günüň üstünde agyrylyk güýjüniň tizlenmesi

$$g_{\odot} = f \frac{M_{\odot}}{R_{\odot}^2} = 274 \cdot 10^4 \text{ sm / s}^2 = 274 \text{ m / s}^2;$$

Gün diskindäki aýry-aýry detallara gözegçilikler, şeýle hem

boýunça uly bolmadyk maglumatlary toplamaga mümkinçilik berýär. Orbital apparatlar aralykdan, optiki we radiofiziki usullar bilen planetany öwrenmäge mümkinçilik berýärler. Gonýan apparatlar bolsa planetanyň üstüne gonýan ýeriniň atmosferasy we üsti barada maglumat berýärler. Planetalar öwrenilende maglumatlary toplamak üçin iň amatlysy orbital we gonýan apparatlary bilelikde ulanmakdyr.

Ýeriň tebigy hemrasy Aýy we beýleki planetalary öwrenmekde öňki SSSR-iň we ABŞ-nyň awtomatik planetaara stansiýalary uly möçberli we wajyp işleri geçirendirler.

Soňky döwürde çenli ähli astronomik usullaryň umumy häsiýetnamasy olaryň passiwligidir, ýagny biz tebigatda bolup geçýän hadysalara gözegçilik edip bellige alýardyk. Şunuň bilen astronomiýa esasynda barlaglaryň aktiw usullary tejribe bolan fizikadan tapawutlanýandyr. Tejribeçi tebigatyň hadysalaryna ýöne gözegçilik etmän, oňa öz täsirini ýetirýär, ýagny tejribäniň geçiş şertlerine täsirini ýetirýär, gaýtadan geçirip bilýär we hadysany dogry düşünmek üçin mümkinçiligi köpeliýär.

Kosmos gämileriniň uçuşlary, planetalary we planetaara giňişligi öwrenmekde, astronomik hadysalary öwrenmekde adamyň täsiriniň artyandygyny görkezyär. Onuň yene bir mysaly-planetalaryň radiolokasiýasydyr. Kosmos jisimine tarap kuwwatly radioimpuls iberilýär we jisimden serpigen impuls kabul edilýär. Serpigen impulsyň gijä galma wagty boýunça uzaklyk, ulylygy boýunça bolsa serpinkme koeffisientini kesgitlep bolýar. Impulsyň görnüşi bolsa jisimiň ölçegleri we üstüniň tekizligi barada maglumat berýär. Öwrenilýän jisimiň öz okunyň daşyndan aýlanmasy Dopleriň hadysasy netijesinde impulsyň ýygylyk boýunça giňelmegine getirýär, giňelmäniň ululygy boýunça bolsa öwrenilýän jisimiň tizligi kesgitlenilýär. Radiolokasiýa Gün sistemasyny öwrenmekde uly mümkinçilikleri döredendir.

gözenekler köp ulanylýandyr.

Serpikdiriji gözenek, parallel çyzyjyklar çyzylan, alýumin çaýylan zerkalodan ybaratdyr. Çyzyjyklaryň aralyklary we çuňluklary tolkunýň uzynlygy bilen deňeşdirerlikdir. Spektriň göze görünýän çäklerinde işleýän difraksion gözenekleriň çyzyjyklarynyň aralyklary 1,66 mkm (1mm-de 600 çyzyjyk) deňdir. Çyzyjyklar gözenegiň bütin üsti boýunça göni we biri-birine parallel bolmalydyr hem-de çyzyklaryň aralyklary ýokary takyklyk bilen saklanylmalydyr. Şonuň üçin difraksion gözenekleri ýasamak örän çylşyrymly optiki önümçilikleriň biridir.

Prizmanyň kömegi bilen spektr alnanda, ýagtylygyň iki gurşawyň araçäginde döwürleme hadysasy peýdalanylýar. Difraksion gözenegiň täsiri başga görnüşli hadysa- ýagtylygyň difraksiýasyna we interferensiýasyna esaslanandyr. Difraksion gözenek, prizmadan tapawutlylykda, bir däl-de, birnäçe spektri berýändir. Bu bolsa prizma bilen deňeşdirenimizde, belli bir derejede ýagtylygyň ýitgisine getirýär. Netijede, difraksion gözenekleri astronomiada ulanmak uzak wagtyň dowamynda diňe Günüň barlaglary bilen çäklenendir. Bu ýetmezçiligi amerikan optigi Wud aradan aýyrmagy başarandyr. Ol, energiýanyň köp bölegi spektrleriň birinde toplanar ýaly, gözenegiň çyzyklaryna kesgitli profil bermegi teklipe edýär. Bular ýaly gözeneklere ugrukdyrylan ýa-da ešelettalar diýilýär.

Spektral abzalyň esasy häsiýetnamasy onuň *spektral çözüp bilijilik güýjüdir*.

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda},$$

bu ýerde $\Delta\lambda$ - iki ýakyn goňşy çyzyklary biri-birinden seljerip bolýan iň kiçi aralyk. Çözüp bilijilik güýji näçe ýokary boldugyça, spektr şonçada takyk derňeliner we netijede şöhlelendirýän obýektiň häsiýetnamalary barada maglumat alynar. Ugrukdyrylan difraksion gözenekli spektral enjamlar, şol bir deň şertlerde, prizmalı enjamlar bilen deňeşdirilende, has ýokary çözüp bilijilik güýjüni üpjün edýärler.

Spektral enjamlaryň ýene bir wajyp häsiýetnamalarynyň biri

burç dispersiýasydyr

$$C = \frac{\Delta\alpha}{\Delta\lambda}, \quad (7.11)$$

bu ýerde $\Delta\alpha$ -dispersgirleýän elementden geçen we tolkun uzynlyklary $\Delta\lambda$ -tapawutlanýan parallel desseleriň aralygyndaky burç.

$$C' = f \frac{\Delta\alpha}{\Delta\lambda}, \quad (7.12)$$

bu ýerde f - kameranyň fokus aralygy. C' - ululyga çyzykly dispersiýa diýilýär we ol kameranyň fokal tekizliginde spektriň masştabyny aňladýar, millimetr gatnaşan angstremlerde ýa-da angstrom gatnaşan millimetrlerde belleniýär. Mysal üçin, spektrografyň $250\text{\AA}/\text{mm}$ dispersiýasy spektrogrammanyň bir millimetrine tolkun uzynlygynyň $\Delta\lambda=250\text{\AA}$ aralygyna deňdigini aňladýar.

Astronomik spektral enjamlaryň gurluşlary we optiki sistemasy olaryň haýsy takyk häsiýetli meseleleri çözmek üçin niýetlenendiklerine örän baglydyrlar. Ýyldyzlaryň spektrlerini almak üçin niýetlenen spektrograflar (ýyldyz spektrograflary) dumanlyklaryň spektri öwrenilýän, nebulýar spektrograflardan düýpli tapawutlanýarlar. Gün spektrograflarynyň hem öz aýratynlyklary bardyr. Astronomik enjamlaryň hakyky çözüp bilijilik güýjüniň obýektiň häsiýetlerine baglydygyny bellemek zerurdyr. Eger obýekt gowşak bolsa, ýagny ondan örän gowşak ýagtylyk gelýän bolsa, onda onuň spektrini has takyk derňäp bolmaýar. Sebäbi çözüp bilijilik güýjüniň ulalmagy bilen spektriň her bir elementine düşýän enenrgiýanyň mukdary kemelýändir. Şonuň üçin iň ýokary çözüp bilijilik güýji Gün spektral enjamlaryna degişlidir. Gün üçin niýetlenen uly spektrograflaryň çözüp bilijilik güýji 10^6 ýetýändir. Çyzykly dispersiýasy $10\text{mm}/\text{\AA}$ ($0.1\text{\AA}/\text{mm}$) ýetýändir.

Has gowşak obýektler öwrenilende çözüp bilijilik güýjüniň 100 ýa-da kä wagtlar bolsa 10 -a, dispersiýanyň $\sim 1000\text{\AA}/\text{mm}$ bahalary bilen çäklenmeli bolýandyr. Mysal üçin, gowşak ýyldyzlaryň spektrleri ýönekeý spektral enjam bolan obýektiw prizmasynyň

bolmanda 100 km beýiklige galdyrmak zerurdyr. Onuň üçin raketalary we Ýeriň emeli hemralaryny ulanýarlar. Raketalary ýygy-ýygydan uçuryp bolýar, ýöne olaryň uçuş wagty bary-ýogy birnäçe minutlar bilen çäklenendir. Raketalarda we hemralarda fotoelektrik fotometrli, spektral enjamly teleskoplar, rentgen şöhlelenmelerini kabul ediji enjamlar oturdylýar. Enjamlar öňünden düzülen maksatnama boýunça awtomatik işleýärler.

„Uhuru“ atly amerikan emeli hemrasy rentgen şöhlelerinde (kwantlaryň energiýasy 2-den 10 KeV) bütün aşmanyň kartasyny almak üçin, 1970-nji ýylda uçurylandyr. Onuň kömegi bilen 125 sany rentgen şöhlelenmesiniň çeşmeleri ýüze çykaryldy, olaryň ýarysyndan köpüsi öň belli bolmadyk çeşmelerdir. 1973-nji ýylda uçurylan, Kopernigiň 500 ýyllyk ýubileýi mynasybetli „Kopernik“ diýip atlandyrylan hemrada ultramelewşe spektrometr bilen üçün edilen, 80 santimetr diametrli teleskop-reflektor oturdylandyr. Onuň kömegi bilen, Ýerden gözegçilik edip bolmaýan, 700 -den 3000\AA çäklerde köp sanly ýyldyzlaryň spektrleri alyndy. Spektrler bellige alynanlarynda teleskopyň ugrukdyrylyşyny awtomatik sistema ýerine ýetirýär we onuň takyklygy $0'', 1$ -e ýetýär.

1990-njy ýylda Ýeriň golaýyndaky orbita 2.4 metrlik „*Habbl*“ teleskopy 15 ýyllyk möhlet bilen çykaryldy. Onuň kömegi bilen örän gowşak, ýyldyz ululygy 30 -a ýetýän asman jisimleriniň fotosuratlaryny alyp bolýar. „*Habbl*“ teleskopyndan başga-da kosmosda „*Spiser*“, „*Çandra*“, „*SWAS*“ teleskoplary bardyr. Bu teleskoplary asman sferasynyň islendik nokadyna ugrukdyrmak, ýagny olary dolandyrmak Ýerden radio- we telearagatnaşyk sistemalarynyň kömegi bilen amala aşyrylýar.

Raketa tehnikasynyň ösmeginiň ýene-de bir netijesi Gün sistemasyny öwrenmekde awtomatik planetaara stansiýalaryň ulanylmagydyr. Planetalary öwrenmek üçin awtomatik planetaara stansiýalaryň (APS) üç dürli görnüşleri peýdalanylýar:

- a) uçup geçýän, ýagny öwrenilýän planetanyň ýakynyndan bir sapar (kähallatlarda iki ýa-da üç sapar) uçup geçýän;
- b) orbital, ýagny emeli hemralaryň orbitasyna çykarylýan;
- c) gonýan, ýagny planetanyň üstüne gonýan.

Uçup geçýän apparatlar özboluşly gözlegçilerdir, olar göwrümi

dörändir.

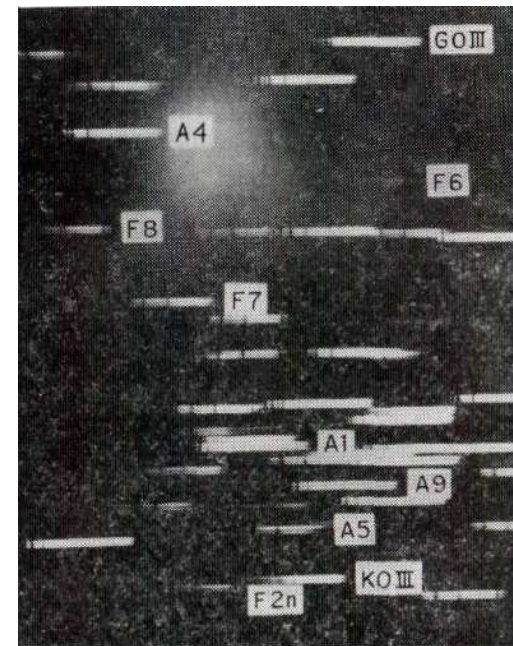
Infragyzył we submillimetr şöhledenmeler üçin ($15mk < \lambda < 1mm$) bu meseläniň çözüwi, umuman alanymyzda, çylşyrymly däldir. Infragyzył radiasiýany siňdirýän esasan hem suw buglarydyr. Suw buglarynyň konsentrasiýasy bolsa beýiklik boýunça çalt kemelýändir. 25-30 km beýikliklerde Ýer atmosferasy infragyzył şöhledenme üçin durydyr. Bu beýikliklere, ýük göterijiligi diametri 1 metre çenli teleskopy götermek üçin ýeterlik bolan, howa şarlary (ballonlary) baryp bilýändir. Bu beýikliklerde gözegçilikleri spektriň göze görüňýän çäklerinde geçirmegiň özboluşly manysy bardyr. Sebäbi bu beýikliklerde, teleskopyň çözüp bilijilik güýjüni çäklendirýän, atmosferanyň sandyramalarynyň täsiri ýeterlik kemelýändir. Ilkinji „ballon“ teleskopy „Stratoskop-1“ (diametri 50sm) ABŞ-da, Günüň granularyny fotosurata düşürmek üçin gurlandy. Amerikan ballon teleskopy "Stratoskop-2" (diametri 90sm) planetalaryň we ýyldyzlaryň infragyzył spektrlerini öwrenmek üçin uçurulandy. Uçuş döwründe bu teleskoplar Ýerden dolandyrylýarlar. 2005-nji ýylda ABŞ-yn kosmos gullugy (NASA) tarapyndan diametri 120 metre, uzynlygy bolsa 140 metre yetyän äpet howa şarynyň kömegi bilen, diametri 2metre ýetýän, "BLAST" atly teleskop, 40 km beýiklige galdyryldy. Bu teleskopyň kuwwaty kosmosdaky "Habbl" teleskopyň kuwwatyndan sähelçe pesdir. Bu teleskop Ýeriň stratosferasynyň yokarky çäklerinden 6-9 gije-gündiziň dowamynda, Ýeriň üstünde gözegçilik edip bolmayan, infragyzył we submillimetr şöhledenmelerine, täze ýyldyzlaryň emele gelişlerine, galaktikalaryň ösüş ýollaryna gözegçilik etmek üçin uçuryldy.

Infragyzył astronomiýa üçin teleskoplaryň uçarlarda ýerleşdirilmegi uly mümkinçilikleri açandyr. Uçarlarda gurnalan obserwatoriýalar ballon teleskoplary ýaly uly beýikliklere galyp bilmeýärler, ýöne olaryň birnäçe artykmaçlyklary bardyr (dolandyrylýan uçuşlar, gözegçiniň uçarda ýerleşmegi we ş.m.).

Spektriň ultramelewşe we rentgen tolkunlarynyň çäklerinde Ýeriň atmosferasynyň siňdirmesi örän güýçlüdir. Bu şöhledenmeleri öwrenmek üçin enjamlary Ýeriň üstünden iň

kömegi bilen alynýandyr. Obýektiw prizma edil teleskopyň obýektiwiniň önünde ýerleşdirilýär we netijede ýyldyzlaryň şekilleri spektrlere süýnýärler. Kamera bolup teleskopyň özi hyzmat edýär, kollimator gerek däldir, sebäbi uzakda ýerleşen ýyldyzdan ýagtylyk parallel şöhle dessesi görnüşinde gelýändir. Enjamyň bu gurluşy onda ýagtylygyň siňdirilmegi sebäpli yitgileri iň az ýagdaýa getirýär. 114-nji çyzgyda obýektiw prizmasynyň kömegi bilen alynan ýyldyzly meýdanyň fotosuraty görkezilen.

Şöhledenmäniň spektral düzümi barada ýüzleý maglumaty ýagtylyk filtrleriniň kömegi bilen alyp bolýar. Spektriň fotografik



114-nji çyzgy. Ýyldyzlaryň spektrleriniň obýektiw prizmasynyň kömegi bilen alynan fotosuratlary.

we göze görüňýän çäklerinde köplenç reňkli aýnadan bolan ýagtylyk filtrleri peýdalanylýar.

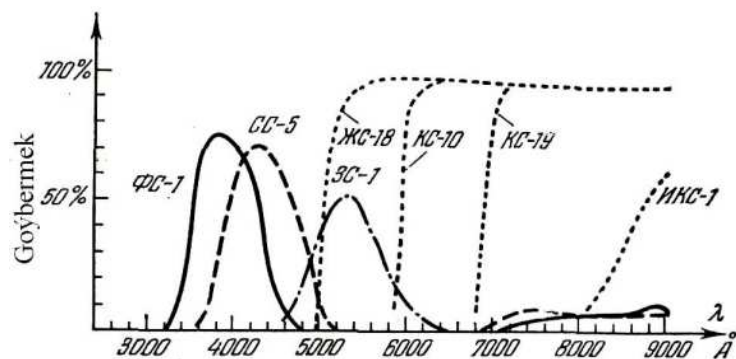
115-nji çyzgyda ýagtylyk filtrleriniň birnäçe görnüşleri üçin olaryň şöhledenmäni goýbermekleriniň tolkun uzynlygyna baglylygynyň egrileri görkezilen. Ýagtylyk filtrlerini degişli kabul edijiler bilen ylalaşykly saýlap alyp, spektriň giňligi birnäçe yüz angstromdan dar bolmadyk zolagyny bölüp alyp bolýar. Reňkli aýnadan bolan

ýagtylyk filtrlerinde ýagtylygy siňdirmäniň (absorbsiýa) tolkun uzynlygyna bagly bolmagy peýdalanylýar. Bu görnüşdäki ýagtylyk filtrlerine *absorbsion* diýilýär.

Ýagtylygyň interferensiýa hadysasy esasynda spektriň dar zolagyny bölüp almaga mümkinçilik berýän ýagtylyk filtrleri

bardyr. Olara *interferension* filtrlr diýilýär we olar ýeterlik dar, ýagny giňligi onlarça angstrom bolan zolagyny almaga mümkinçilik berýärler. Spektriň has dar zolagyny (giňligi 1\AA töweregi) *interferension-polýarizasion* ýagtylyk filtrleri mümkinçilik berýärler.

Dar zolakly ýagtylyk filtrleriniň kömegi bilen obýektiň şeklini spektriň gözegçi üçin wajyp, gyzykly çäklerinde şeklini alyp bolýar. Mysal üçin, Günüň hromosferasyny H_{α} şöhlelerde (wodorodyň spektriniň balmer seriýasynyň gyzyň çyzygy), Gün täjini bolsa ýaşyl we gyzyň çyzyklarda, gaz dumanlyklaryny emission çyzyklarda surata düşürmek.



115-nji çyzgy. Ýagtylyk filtrleriniň birnäçe görnüşleri üçin şöhlelenmäni göýbermekleriniň tolkun uzynlygyna baglylygynyň egrileri.

Günüň häsiýetnamalaryny öwrenmek üçin niýetlenen, ýagny islendik tolkun uzynlygynda onuň monohromatik şeklini almaga mümkinçilik berýän enjamlar döredilendir. Olara *spektrogeliograf* we *spektrogelioskop* diýilýär. Spektrogeliograf çykyşdaky ýarçykdan soň fotografik kasseta ýerleşdirilen monohromatordyr. Kasseta çykyş ýarçygyňa perpendikulýar ugurda hemişelik tizlik bilen hereket edýär. Edil şol tizlik bilen çykyş ýarçygyň tekizliginde Günüň şekili hereket edýär. Netijede, bu ýagdaýda fotografik plastinkada, berlen tolkun uzynlygynda, *spektrogeliogramma* diýilýän, Günüň şekili alynar. Spektrogeliografda çykyşdaky ýarçykdan öň we soň, aýlanýan,

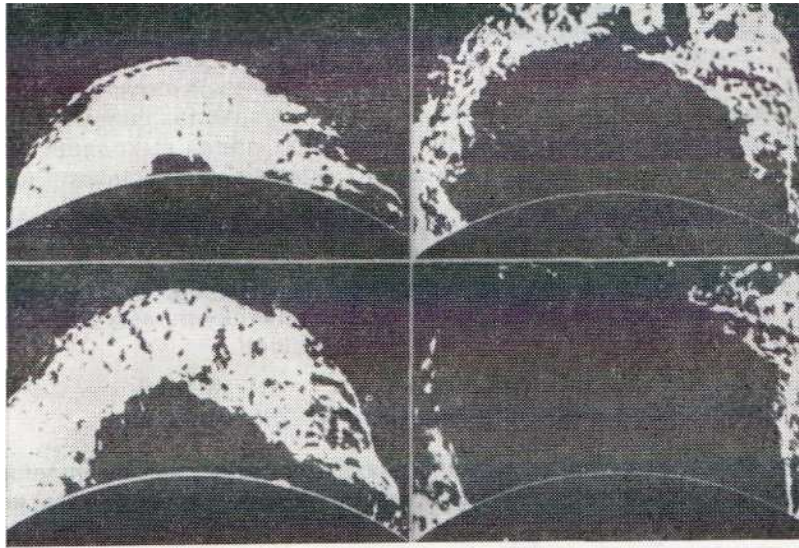
kese-kesikleri kwadrat bolan prizmalar ýerleşdirilendir. Birinji prizmanyň aýlanmagy netijesinde Günüň şekliniň käbir meýdançasý girişdäki ýarçygyň tekizliginde periodiki hereket edýär. Prizmalaryň hereketleri ylalaşyklydyr we bu aýlanma ýeterlik çalt bolýan bolsa, onda görüş turbasynyň kömegi bilen ikinji ýarçyga gözegçilik edip Günüň monohromatik şeklini göreris.

Radioastronomik kabul edijileri bir tolkun uzynlykdan beýleki tolkun uzynlygyna çalt we duýgurlygyny ýeterlik pese düşürmän geçirip bolýan däl. Şonuň üçin kosmos çeşmeleriniň radioşöhlenenmelerini dürli ýygalyklarda geçirilen aýry-aýry ölçegler boýunça gaýtadan dikeltmeli bolýar. Üznüksiz spektr bolan ýagdaýynda, eger ol endigan bolsa, kanagatlanarlydyr. Ýöne bu usul bilen şöhlelenme we siňdirmе çyzyklaryny kesgitlemek çylşyrymlydyr. Şonuň üçin, monohromatik radioçyzyklar (neýtral wodorodyň $\lambda=21\text{cm}$ tolkun uzynlygynda şöhlelenmesi, ýyldyzara molekulalaryň siňdirmе çyzyklary) nazaryýet usullaryň kömegi bilen bolup biljekdikleri çaklanandan we tolkun uzynlyklary hasaplanyp aýdylandan soň açylandyrlar.

§107. Aerostatlaryň, uçarlaryň we komos apparatlarynyň astrofiziki barlaglarda ulanylyşy .Radiolokasiya barada düşünje

XX asyryn kyrkynjy yyllaryna çenli astronomlar geçirýän gözegçiliklerinde esasan hem spektriň göze görinýän we oňa ýakyn ýerleşen bölegini, ýagny $3000\text{-den } 7000\text{\AA}$ aralygyny ulanypdyrlar. Şol asyryň ikinji ýarymyndan başlap barlaglaryň radioastronomik usullary örän çalt depginler bilen ösüp başlandyr (*radioastronomiýa*). Radioastronomiýanyň üstünlikleri barlaglary spektriň täze çäklerinde alyp barmalydygyny, gözegçilikleri tolkun uzynlyklarynyň has giň çäklerinde geçirmelidigini anyk görkezdi. Emma Ýeriň atmosferasy $\lambda < 3000\text{\AA}$ we $15\text{mk} < \lambda < 1\text{mm}$ tolkun uzynlyklary üçin dury däl. Netijede, astronomik barlaglary Ýeriň atmosferasynyň çäklerinden daşynda geçirmek meselesi

diskine proyektirlenende (spektrogeliogrammalarda) protuberanesler egredilen süymler şekilli bolup görünýärler (128-nji “ç” çyzgy). Protuberanesler Gün atmosferasynda has äpet emele gelmedir. Olaryň uzynlyklary ýüzlerçe mün kilometrler, ýöne giňlikleri bolsa 6000-10000 kilometrden geçmeýär. Olaryň aşaky bölekleri hromosfera bilen seplesip gidýär, ýokarky bölekleri bolsa täjiň içine onlarça mün kilometrler ýaýrap gidýärler. Ýöne ondan uly ölçegli protuberanesler hem gabat gelyärler (138-nji çyzgy).



138-nji çyzgy. Eruptiw protuberanesiň bir sagadyň dowamynda gözegçilik edilen ösüşiniň dört tapgyry.

Protuberanesleriň üsti bilen hromosferanyň we täjiň aralarynda mydama maddanyň çalşygy bolýar. Oňa subutnama hökmünde, köplenç gözegçilik edilýän protuberanesleriň özleriniň, şeýle hem aýry-aýry bölekleriniň sekuntda onlarça we ýüzlerçe kilometr tizlikler bilen bolup geçýän hereketlerini görkezmek bolar.

Protuberanesleriň emele gelmegi, ösüşi we hereketi Gün tegmilleriniň toparlarynyň ewolýusiýasy (ösüş ýoly) bilen jebis baglydyr. Tegmilleriň işjeň çäkleriniň ösüşiniň başlangyç tapgyrlarynda olaryň ýakynynda gysga wagat “ýaşaýan” we örän

üç esse üýtgeýär. Hakykatdan-da, (8.5) aňlatmany (8.4)-e goýup, alarys:

$$P_2 = 3P_1 \quad (8.6)$$

H ululyga beýiklik şkalasy diýilýär, sebäbi ol dykzlygyň haýsy aralykda duýarlyk üýtgeýändigini görkezýär. Günün daşky gatlaklaryndaky şertlere ýakyn bolan şertlerde: $T=10000K$, $\mu=1/2$ (ionlaşan wodorod) we $g=2,7 \cdot 10^2 m/s^2$ bolanda, $H=6 \cdot 10^5 m$, ýagny basyşyň üç esse artmasy çuňlugyna 600 km uzaklykda bolup geçýär. Çuňlugyna temperatura artýar, dykzlygyň artmasy haýallaýar.

Günün jümmüşindäki şertler barada käbir maglumatlary, onuň maddasy deňölçegli paýlanan diýip hasaplap, alyp bolýar. Bular ýaly “birhilli” Günün häsiýetnamalarynyň aralyk nokatdaky, ýagny ýarym radiusynyň çuňlugyndaky hakyky häsiýetnamalara deň bolmalydygy aýdyňdyr. Massa deňölçegli paýlanan ýagdaýynda dykzlyk hemme ýerinde, bize belli bolan orta ululyga $\rho_{\odot} = 1,1 g/sm^3$ deň bolmalydyr. Aralyk nokatda basyş kese-kesiginiň meýdany $1 sm^2$ we beýikligi $R_{\odot}/2$ bolan radial sütünjigiň agramyna deňdir (120-nji b çyzgy), ýagny

$$P = \overline{\rho_{\odot}} \frac{R_{\odot}}{2} g \quad (8.7)$$

Aralyk nokatdaky agyrlýk güýjüniň tizlenmesi

$$g = G \frac{\frac{1}{8} M_{\odot}}{\left(\frac{R_{\odot}}{2}\right)^2} = \frac{1}{2} \frac{GM_{\odot}}{R_{\odot}^2} = \frac{1}{2} g_{\odot} = 1,37 \cdot 10^2 m/s^2 \quad (8.8)$$

deňdir, sebäbi massa deňölçegli paýlananda radiusy $R_{\odot}/2$ bolan sferada Günün ähli massasynyň 1/8 bölegi jemlenendir. Diýmek, Günün aralyk nokadyndaky basyş

$$P = \frac{G}{4} \rho_{\odot} \frac{M_{\odot}}{R_{\odot}} = 6,6 \cdot 10^{14} din/sm^2 = 6,6 \cdot 10^{13} Pa \quad (8.9)$$

Basyşy we dykzlygy bilip, gaz halynyň deňlemesinden T temperaturany kesgitlemek ýeňildir:

$$T = \frac{\mu P}{R \rho_{\odot}} = \frac{\mu}{4} \frac{GM_{\odot}}{RR_{\odot}} = 2,8 \cdot 10^6 K \quad (8.10)$$

Şeýlelik bilen biz “birhilli Gün” üçin, radiusyň ýarysyna deň bolan $R_{\odot}/2$ çuňlukda, fiziki häsiýetnamalarynyň aşakdaky bahalaryny aldyk:

$$\begin{aligned} \rho &= 1,4 \text{ g/sm}^3 & (1,3 \text{ g/sm}^3), \\ P &= 6,6 \cdot 10^{13} \text{ Pa} & (6,1 \cdot 10^{13} \text{ Pa}), \\ T &= 2\,800\,000 \text{ K} & (3\,400\,000 \text{ K}). \end{aligned}$$

Ýaýlaryň içinde şol ululyklaryň, Güniň massasynyň paýlanyşynyň birhilli dälligini göz önünde tutýan, has takyk usullar bilen hasaplanan bahalary getirilen. Şeýlelik bilen, aralyk nokat üçin massa deňölçegli paýlanan diýip hasap eden çaklamamyz hakykata ýakyn netijeleri berýär.

Güniň merkezinde basyş, dykzlyk we temperatura has hem ýokary bolmalydyr. 6-njy tablisada Güniň içki gurluşynyň modeli, ýagny onuň fiziki häsiýetnamalarynyň çuňluga baglylygy getirilen.

6-njy tablisa

Güniň içki gurluşynyň modeli

Merkezden uzaklygy R/R_{\odot}	Temperatura T (K)	Basyş P (Pa)	Dykzlyk ρ (g/sm ³)
0	$1,5 \cdot 10^7$	$2,2 \cdot 10^{16}$	150
0,2	10^7	$4,6 \cdot 10^{15}$	36
0,5	$3,4 \cdot 10^6$	$6,1 \cdot 10^{13}$	1,3
0,8	$1,3 \cdot 10^6$	$6,2 \cdot 10^{11}$	0,035
0,98	10^5	10^9	0,001

6-njy tablisadan görnüşi ýaly Güniň jümmüşinde temperatura 10 million gradusdan hem ýokarydyr, basyş bolsa ýüzlerçe milliard atmosfera deňdir. Bu şertlerde aýry-áýry atomlar ägirt, örän uly, wodorod atomy üçin bir sekuntda ýüzlerçe kilometre ýetýän, tizlikler bilen hereket edýärler. Şol bir wagtyň özünde maddanyň dykzlygynyň örän uludygy sebäpli atomlaryň

protonlary tizlendirmek onlarça kiloelektronvolt we birnäçe megaelektronvolt energiýalara çenli ýetýär. Bular ýaly energiýaly bölejikler kosmik şöhleleri bolýandyr. Ýöne bularyň energiýasy bize Galaktikanyň uzakdaky çäklerinden gelýän, kosmik şöhlelerinden gowşakdyr. Şonuň üçin bu şöhlelere “ýumşak” kosmik şöhleler diýilýär. Partlama wagtynda kiçi tizlikleri bolan bölejikler hem döreýändir. Olaryň döredýän bulutlary we korpuskulýar akymlary $500-1000 \text{ km/s}$ tizlikler bilen ýaýraýarlar.

Lowurdamalaryň korpuskulýar şöhlelenmesi olaryň ön seredilip geçilen, örän gyzgyn gazly ýylylyk şöhlelenmesinden tapawutlanýan, aýratyn kuwwatly rentgen we radioşöhlelenmesini düşündirýär, olara ýylylyk *däl* şöhlelenme diýilýär. Birinjiden, lowurdama başlanyndan birnäçe minut geçen soň, tolkun uzynlyklary birnäçe angstrom bolan rentgen şöhleleriniň gözegçilik edilýän güýçlenmesi, kosmik şöhleleriň çalt elektronlarynyň işjeň çäkleriň magnit meýdanlarynda togtadylmagy we hromosferanyň maddasynyň bölejikleri bilen çakyşmalary netijesinde ýüze çykýandyr. Ikinjiden, lowurdama başlanyndan soň käbir ýygylýkda, wagtyň geçmegi bilen ýuwaş-ýuwaşdan peselýän, Güniň radioşöhlelenmesiniň kuwwatynyň örän güýçli (million essä çenli) ulalmasyna gözegçilik edilýär. Radioşöhlelenmäniň bu artmasy plazmadan kosmik şöhleleriniň geçmegi sebäpli onuň, şöhleleriň ýygylýgynda bolup geçýän yrgyldylary sebäplidir. Bu yrgyldylaryň ýygylýklary, lowurdamanyň döreden korpuskulalaryň akymynyň hromosferanyň we täjiň ýokarky gatlaklaryna aralaşdygyça kemelýändir.

Ähli işjeň emele gelmeleriň içinde lowurdamalar geofiziki hadysalara täsirini ýetirip bilmekde aýratyn ukyplylygy bilen tapawutlanýarlar.

Protuberanesler. Has dykz we sowuk, bulut şekilli, takmynan hromosferanyň ýagtylanýan spektral çyzyklarynda ýagtylanýan, Gün täjinde gözegçilik edilýän, işjeň emele gelmeler-*protuberanesler*dir. Olar örän dürli görnüşli we ölçegli bolýarlar. Köplenç olar Güniň üstüne perpendikulýara ýakyn ýerleşen, uzyn, örän tekiz emele gelmedir. Şonuň üçin Gün

ýetmez wagtyň içinde güýçli şöhlenme uzyn damarjygyň ugry boýunça ýaýrap, dowamlylygy on münlerçe kilometre ýetýän çäkleri tutýar. Spektriň göze görünýän çäklerinde ýagtylanmanyň güýçlenmesi esasan hem wodorodyň, ionlaşan kalsiýniň we beýleki metallaryň spektral çyzyklarynda bolýar. Üznüksiz spektriň hem derejesi artýar. Kāwagtlar bolsa bu artma şeýle bir güýçli bolýar, hat-da lowurdama ak ýagtylykda fotosferanyň fonunda duýulýar. Göze görünýän şöhlenmäniň artmagy bilen şol bir wagtyň özünde ultramelewşe we rentgen şöhleleleriniň intensiwligi, şeýle hem Gün radioşöhlenmesiniň kuwwaty güýçli artýar.

Lowurdamalar döwründe iň gysga tolkunly, ýagny has “gaty” rentgen spektral çyzyklary we käbir ýagdaýlarda bolsa gamma-şöhleleleri gözegçilik edilýär. Şöhlenmäniň bu görnüşleriniň ählisiniň artmasy birnäçe minudyň dowamynda bolup geçýär. Maksimal bahasyna ýeteninden soň şöhlenmäniň derejesi onlarça minutlaryň dowamynda ýuwaşlyk bilen gowşaýar.

Lowurdamalar döwründe ýitilgiň ulalmasyndan başga-da gazlaryň kuwwatly hereketleri, aýry-aýry kondensasiýalar we “syçramalar” görnüşinde plazmanyň bulutlarynyň zyňylmaları gözegçilik edilýär.

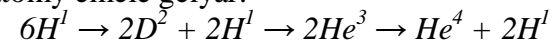
Hemme sanalan hadysalar güýçli birhilli däl magnit meýdanynyň çäklerinde ýerleşen, plazmanyň durnuksyzlygy netijesinde uly mukdardaky energiýanyň bölünmesi bilen düşündirilýär. Magnit meýdany bilen plazmanyň çylşyrymly özara täsirleri netijesinde magnit meýdanyň energiýasynyň köp bölegi ýylylyga öwrülýär. Ol esasan gazy onlarça million gradus temperatura çenli gyzdymaga, şeýle hem plazmanyň bulutlaryny we elementar bölejikleri tizlendirmeklige gidýär.

Bütün proses, hromosferanyň käbir göwrümünde maddanyň güýçli gysylmasy bilen bolup geçýän, partlama häsiýete eýedir. Optiki, ultramelewşe, rentgen we radioşöhlenme görnüşinde bölünip çykyan, şeýle hem plazmany we aýry-aýry bölejikleri tizlendirmek üçin gidýän energiýanyň umumy mukdary 10^{28} - 10^{32} erg, ýagny 10^{21} - 10^{25} J.

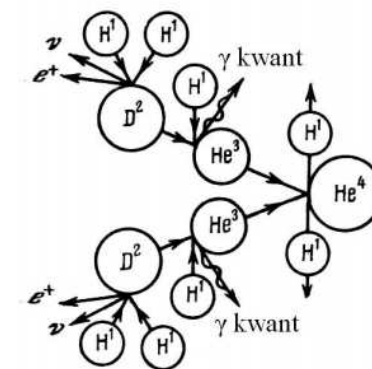
Lowurdamalarda bölejikleri (korpuskulalary)–elektronlary we

çakyşmasy ýygy-ýygdydan bolýandyr. Bular ýaly çakyşmalaryň käbirleri, ýadro reaksiýalarynyň döremegi üçin zerur bolan, atom ýadrolarynyň örän jebis ýakynlaşmaklaryna getirýärler.

Günün jümmüşinde ýadro reaksiýalarynyň iki görnüşü wajyp orun tutýandyr. 121-nji çyzgyda çyzgysy getirilen, ýadro reaksiýalaryň biriniň netijesinde, wodorodyň dört atomyndan geliýniň bir atomy emele gelýär.



H^1 -proton, P^2 -deýteriýniň ýadrosy, He^3 , He^4 -geliýniň izotoplary, e^+ - pozitron.



121 -nji çyzgy. Proton-proton reaksiýasy.

Reaksiýanyň aralyk tapgyrlarynda agyr wodorodyň ýadrolary (deýteriý) we He^3 izotopyň ýadrolary emele gelýärler. Bu reaksiýa proton-proton reaksiýa diýilýär.

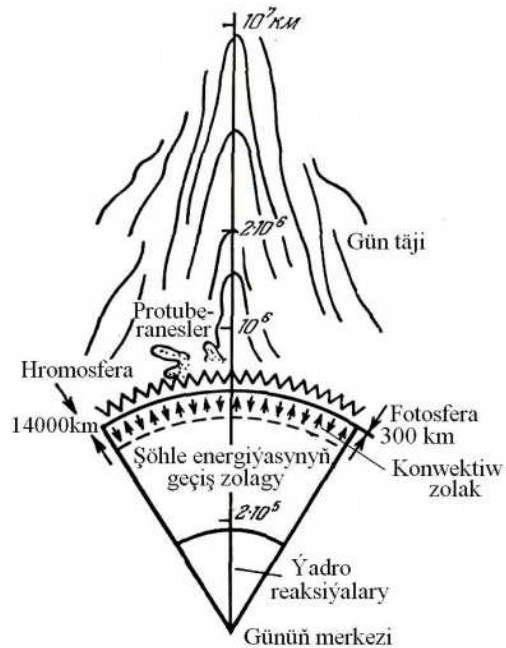
Ýadro reaksiýalaryň beýleki görnüşiniň Günün şertlerinde wajyplygy pesrākdir. Ahyrky netijede bu reaksiýa hem dört sany protondan geliý ýadrosynyň emele gelmegine getirýär. Bu reaksiýanyň geçişi çylşyrymlydyr we diňe uglerodyň bolan mahaly geçýändir, onuň ýadrolary başlangyç tapgyrlarda reaksiýa girip, ahyrky tapgyrlarda bölünýändir. Şeýlelikde, uglerod bu reaksiýanyň katalizatorydyr, şonuň üçin oňa uglerod sikli diýilýär.

Geliýniň ýadrosynyň massasynyň dört sany protonyň massasyndan 1%-e golaý kiçidigini aýratyn wajyp bellemek zerurdyr. Massanyň bu kem gelmesine *massanyň defekti* diýilýär we ýadro reaksiýalarynda köp mukdarda energiýa bölünip çykmagynyň netijesidir. Eýnşteýniň formulasyna görä, massa bilen baglansykly bu energiýa $E = mc^2$ deňdir.

Ýazgysy getirilen reaksiýalar Günün Älem giňişligine şöhlendirýän energiýasynyň çeşmesidir.

Iň uly temperatura we basyş Günün iň çuň gatlaklarynda

bolýandygy sebäpli, ýadro reaksiýalary we onuň bilen baglanyşykly energiýanyň bölünip çykması Günüň merkezinde has intensiw bolup geçýändir. Diňe şu ýerde proton-proton reaksiýa bilen bir hatarda uglerod sikli hem uly orun eýeleýändir.



122-nji çyzgy. Günüň we onuň atmosferasynyň kese-kesiginiň çyzgysy.

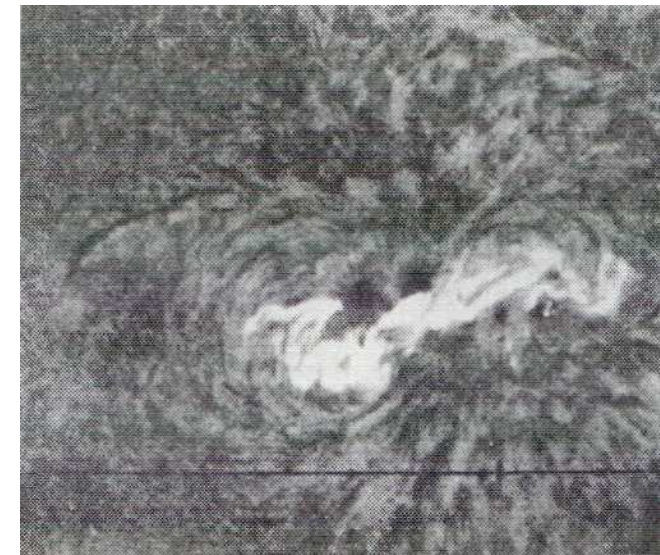
gatlaklarda gamma kwantlar görnüşinde bölünip çykan şöhlelenmäni, aýry-aýry atomlary tarapyndan siňdirilip we täzedən şöhlelendirme esasynda daşky gatlaklara geçirilýär. Her bir siňdirilen uly energiýaly kwantyň ýerine atomlar, düzgün boýunça, kiçi energiýaly birnäçe kwantlary şöhlelendirýändigleri wajypdyr. Bu esasan hem aşakdaky sebäpler boýunça bolýar. Siňdirme netijesinde atom ionlaşýar ýa-da güýçli oýandyrylýar we şöhlelenmäge ukyply bolýar. Ýöne elektronyň başlangyç energetik derejä gaýdyp gelmesi gös-göni bolmaýar, aralyk ýagdaýlaryň üsti bilen bolýar we şol geçişlerde kiçi energiýaly kwantlar şöhlelendirilýär. Şonuň netijesinde has uly energiýaly gaty

Günüň merkezinden daşlaşdygymyza temperatura we basyş kemelýär, uglerod sikliň hasabyna energiýanyň bölünmesi örän çalt tamamlanýar we tä merkezden 0,2-0,3 radiusa çenli aralykda diňe proton-proton reaksiýa wajyp bolup galýar. Merkezden 0,3 radiusdan uly bolan aralykda temperatura 5 million kelwinden, basyş bolsa 10 milliard atmosferadan kiçi bolýar. Bu şertlerde ýadro reaksiýalary düýbünden geçip bilmeýärler. Bu gatlaklar, has içki

Flokkulyň ýitiliginiň onuň daşyny gurşap alan tolgundyrylmadyk hromosfera bilen deňşdireniňde artmagy, onuň temperaturasyny kesgitlemek üçin esas bermeýär. Sebäbi, seýreklandirililen we üznüksiz spektr üçin has durý bolan hromosferada temperatura bilen şöhlelenmäniň arasyndaky baglanyşyk Plankyň kanunyna boýun bolmaýar.

Güýçli çyzyklaryň merkezi böleklerinde flokkulyň ýokary ýitiligi hromosferada temperaturanyň hemişelik bahasynda ýa-da onuň çala ýokary galmagynda, maddanyň dykzlygynyň 3-5 esse artmagy bilen düşündirilýär.

Hromosfera lowurdamalary. Hromosferada, köplenç ösýän tegmilleriň aralygyndaky uly bolmadyk ölçeglerde, esasan hem güýçli magnit meýdanlarynyň polýarlyklarynyň bölünýän araçäkleriniň ýakynynda, has kuwwatly we çalt ösýän, Günüň işjeňliginiň ýüze çykması bolan *hromosfera lowurdamalary* gözegçilik edilýär (137-nji çyzgy).



137-nji çyzgy. Hromosfera lowurdamasy.

Lowurdamanyň başynda flokkulanyň ýagty düwünleriniň birisiniň ýitiligi duýdamsyz artýar. Köplenç, bir minuda ýeter-

Uly tegmilleriň döraninden 3-4 günden soň olaryň töwereginde, häsiýetli radial düzümi bolan, açyk garamtyl ýarymkölege emele gelýär. Wagtyň geçmegi bilen tegmilleriň toparynyň tutýan meýdany ýuwaş-ýuwaşdan ulalýar we iň uly bahasyna onunjy gün ýetýär. Soňra tegmiller ýuwaş-ýuwaşdan kiçelip başlaýar we soňra ýitip gidýär. Ilki bilen has ownuklary, soňra guýruk birnäçe ownuk böleklere bölünip ýitýär, ahrynda bolsa esasy, baş tegmil ýitýär. Tutuşlygyna bu prosess iki aý töweregi dowam edýär, ýöne Gün tegmilleriniň toparlarynyň köpüsi beýan edilen ösüş tapgyrlaryny doly geçip ýetişmeýärler we ýitip gidýärler.

Tegmiliň merkezi bölegi fotosferanyň gaty ýiti bolany sebäpli gara bolup görünýändir. Hakykatda bolsa tegmiliň merkeziniň ýitiligi fotosferanyň ýitiliginden diňe 10 esse kiçidir, ýarymkölegäniň ýitiligi bolsa 3/4 bölegine deňdir. Bu bolsa Stefan-Bolsmanyň kanunyna laýyklykda tegmiliň temperaturasynyň fotosferanyň temperaturasyndan 2-2,5 mün gradus pesdigini aňladýar.

Tegmilde temperaturanyň pese düşmesi magnit meýdanynyň konweksiýa täsiri bilen düşündirilýär. Magnit meýdany, esasan hem ol güýçli bolanda, maddanyň güýç çyzyklarynyň keseligine bolýan hereketlerini togtadýar. Şonuň üçin, tegmiliň aşagynda konwektiv gatlakda, energiýanyň esasy bölegini çuň gatlaklardan daşyna çykarýan, gazlaryň sirkulýasiýasy gowşaýar. Netijede tegmiliň temperaturasy, tolgundyrylmadyk fotosferanyň temperaturasyndan pes bolýar.

Flokkulalar. Hromosferanyň tegmilleriň we fakelleriň üstündäki bölegi öz ýitiligini ulaldýar (tolgundyrylan hromosfera), şunlukda tolgundyrylan we tolgundyrylmadyk hromosferanyň arasyndaky tapawut (kontrast) beýiklik boýunça artýar. 128-nji çyzgyda şol bir wagtda diýen ýaly Güňüň wodorodyň H_{α} , ionlaşan kalsiniň K we wodorodyň L_{α} çyzyklarynda alnan spektrogeliogramalary getirilen. Olar deňişlilikde hromosferanyň 2-3 mün, 5-6 mün we 8-10 mün kilometr beýikliklerdäki gatlaklaryna deňşlidir. Spektrogeliogramalarda görünýän, daşky görnüşi boýunça fotosferadaky fakelleriň ýerleşişleri bilen gabat gelýän, ýiti tegmillere *flokkulalar* diýilýär.

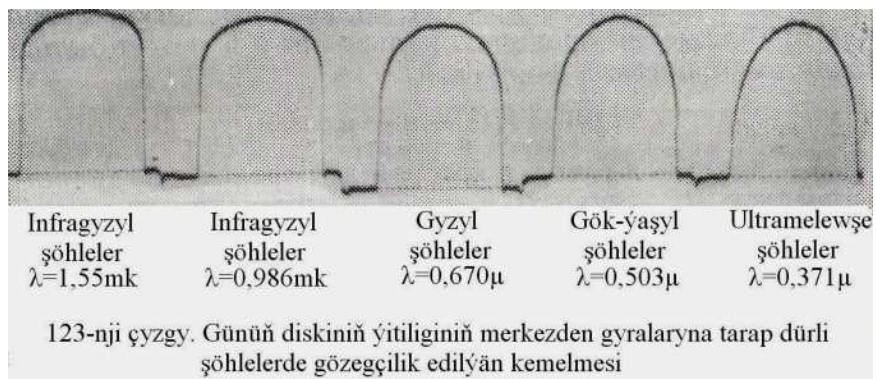
kwantlaryň kiçi energiýaly kwantlara “owradylmasy” bolýar. Şonuň üçin gamma şöhleleriň ýerine rentgen, rentgen şöhleleriň ýerine – ultramelewşe we olar bolsa eýýäm daşky gatlaklarda göze görünýän we ýylylyk şöhleleriň kwantlaryna owradylýarlar, olar hem Gün tarapyndan şöhlelendirilýärler.

Ýadro reaksiýalaryň hasabyna energiýanyň bölünip çykmasynyň ähmiýetini ýitirip, energiýany şöhlelenmäni siňdirmе we soňra ony gaýtadan, täzeden şöhlelendirmе esasynda geçirme prosessi başlanýan Güňüň bölegine *şöhle deňagramlylyk* zolagy diýilýär. Onuň tutýan çäkleri Güňüň merkezinden 0,3-den 0,7- R_{\odot} çenli aralykdyr. Bu derejeden ýokarda energiýanyň geçirilişine maddanyň özi gatnaşyp başlaýar we Güňüň gös-göni gözegçilik edilýän daşky gatlaklarynyň aşagynda, onuň 0,3 R_{\odot} -na deň bolan aralykda, energiýanyň konweksiýanyň hasabyna geçirilýän, *konwektiv zolagy* döreýär.

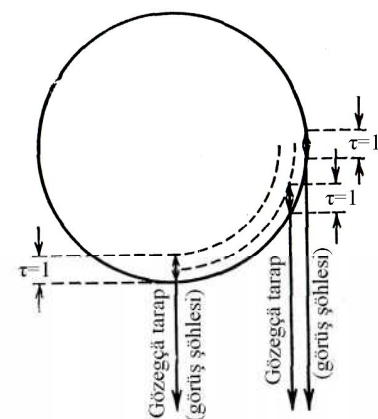
Şöhlelenmesini gözegçilik edip bolýan, Güňüň iň daşky gatlaklaryna *Gün atmosferasy* diýilýär. Ol esasan hem üç gatlakdan ybaratdyr we olara *fotosfera*, *hromosfera* we *Gün täji* diýilýär. Güňüň, umuman beýan edilen gurluşynyň çyzgysy 122-nji çyzgyda getirilen.

§113. Fotosfera

Üznüksiz spektri we göze görünýän şöhlelenmäniň döreýän ýeri bolan Güňüň atmosferasynyň esasy bölegine fotosfera diýilýär. Şeýlelik bilen, fotosfera bize gelýän Gün energiýasynyň ählisini şöhlelendirýär diýen ýalydyr. Fotosfera Güne gös-göni ak ýagtylykda gözegçilik edilende onuň “üstü” ýaly bolup görünýär. Bular ýaly gözegçiliklerde ilki bilen Gün diskiniň (togonalagynyň) gyralaryna tarap süýşdügiňçe, onuň endigan garamtyllaşmagy göze ilýändir. Merkezden näçe daşlaşdygymyzça ýitilik has çalt kemelýär, esasan hem gyralarda bu kemelme çürt-kesikdir. 123-nji çyzgyda Güňüň diskiniň ýitiliginiň merkezden uzaklyga baglylykda, dürli şöhlelerde gözegçilik edilen üýtgemesi şekillendirilen.



Gün diskiniň gyzalaryna tarap garalmagy, fotosferada çuňluga baglylykda temperaturanyň artýanlygy bilen düşündirilýändir. Gün diskiniň dürli nokatlary, görüş şöhlesiniň Günüň üstüniň seredilýän nokadynyň normaly bilen emele getirýän θ burçy bilen häsiýetlendirilýär (124-nji çyzgy).



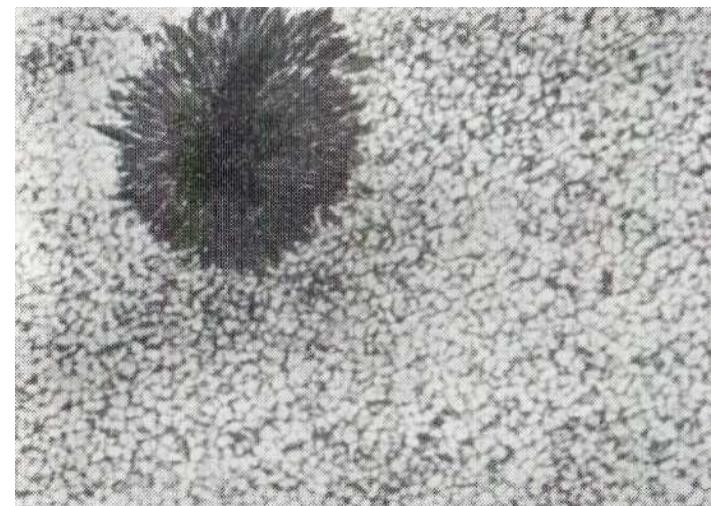
Diskiň merkezinde bu burç nola deň we görüş şöhlesi Günün radiusy bilen gabat gelýär. Gün diskiniň gyrasynda $\theta=90^0$ deň we görüş şöhlesi Günün gatlaklaryna galtaşýan ugur bolýar. §97-de görkezilişi ýaly, käbir gaz gatlagy üçin şöhlelenmäniň köp bölegi $\tau \approx 1$ bolan optiki çuňlukda ýerleşen derejä degişlidir. Haçan-da

Tegmiller. Fakelleriň bar ýerinde magnit meýdanynyň has uly güýçlenmesi bilen Gün *tegmilleri* döräp bilýärler.

Gün tegmili ilkibaşda granulalary biri-birinden çäklendirýän, garamtyl aralyklardan çala tapawutlanýan, kiçijek öýjük görnüşinde ýüze çykýar. Bir günden soň ol ösüp, araçağı çürtkesik seljerilýän, diametri kem-kemden ulalyp, onlarça mün kilometre ýetýän, tegelek garamtyl tegmile öwrülýär (136-njy çyzgy).

Bu hadysa magnit meýdanynyň endigan artmagy bilen bilelikde bolup geçýär. Iri tegmilleriň merkezinde magnit meýdanynyň güýjenmesi birnäçe müň erstede ýetýär.

Käwagtlar ekwatora parallel ugurda süýnmek bolan, uly bolmadyk meýdançanyň çäklerinde birnäçe sany tegmiller döreýär we oňa tegmiller topary diýilýär. Özbaşdak, aýry tegmiller köplenç bu meýdançanyň günbatar we gündogar gyralarynda döreýärler. Olaryň içinde beýlekilere garanynda iki tegmil—*esasy* (günbatar) we *guýruk* (gündogar) has çalt ösýändirler. Iki esasy tegmiliň we olaryň ýakynyndaky ownuk tegmilleriň hem polýarlygy gapma-garşylyklydyr. Şonuň üçin bular ýaly tegmiller toparyna bipolýar diýilýär.



Fakeller Gün diskiniň gyalarynda has gowy görünýärler (bu ýerde olaryň fotosfera bilen kontrasty, ýitiliginiň tapawudy 20% töweregidir), diskiň merkezinde bolsa olar düýbünden görünmeýär diýen ýalydyr. Bu bolsa fakeliň fotosferada, käbir derejede, goňşy, tolgundyrylmadyk ýerlerden 200-300K gyzgyn, başga käbir çuňluklarda bolsa tersligine, birneme sowukdygyny aňladýar.



135-nji çyzgy. Fakeliň fotosuraty.

Fakeliň döremegi magnit meýdanyň wajyp häsiýeti, ýagny ionlaşan maddanyň magnit meýdanyň güýç çyzyklarynyň keseligine bolýan hereketine päsgelçilik döredýänligi bilen baglydyr. Eger magnit meýdanyň energiýasy ýeterlik uly bolsa, onda ol maddanyň diňe güýç çyzyklarynyň ugruna bolan hereketine “ýol berýär”. Fakeliň magnit meýdany gowşak bolsa, onda ol ýeterlik güýçli bolan konwektiw hereketleri togtadyp bilmeýär. Ýöne ol bu hereketlere has dogry häsiýet berip bilýär. Adatça konweksiýanyň her bir elementi, wertikal boýunça umumy ýokaryk ýa-da aşak bolan hereketden başga-da, gorizontall tekizlikde, uly bolmadyk, tertipsiz hereketleri edýändir. Konweksiýanyň aýry-aýry elementleriniň arasyndaky sürtülmäniň döremegine getirýän bu hereketler, fakeliň çägendäki magnit meýdany tarapyndan togtadylýar. Bu bolsa konweksiýany ýenilleşdirýär we gyzgyn gazlara has ýokaryk galmaga, uly energiýa akymyny geçirmäge mümkinçilik berýär. Şeýlelik bilen, fakeliň döremegi, gowşak magnit meýdanyň ýüze çykarýan, konweksiýanyň güýçlenmegi bilem baglydyr.

Fakeller oňnositel durnukly emele gelmelerdir. Olar üýtgemän diýen ýaly birnäçe hepdeleriň we aýlaryň dowamynda “ýaşap”, bolup bilýärler.

görüň şöhlesi fotosferanyň gatlaklaryny uly θ burç bilen kesende, $\tau=1$ optiki çuňluk temperaturasy pes bolan, has daşky gatlaklarda ýetilýär. Şol sebäpli Gün diskiniň gyalarynyň şöhlemenmesiniň intensiwligi onuň merkeziniň şöhlemenmesiniň intensiwliginden kiçidir (125-nji çyzgy).

Günüň diski boýunça ýagtylygyň ýitiliginiň paýlanyşynyň takyk ölçemeleri fotosferanyň esasy häsiýetnamalarynyň çuňluk boýunça üýtgemelerini hasaplamaga mümkinçilik berýär. Bular ýaly hasaplamalara fotosferanyň modelini gurmak diýilýär.

Temperaturanyň çuňluga baglylygyny kesgitlemek. Günüň diskiniň gyalarynda ýitiliginiň kemelmegi birinji ýakynlaşmada $\cos\theta$ proporsionaldyr we empiriki formula bilen aňladylýp biliner:

$$I(\theta)=I_0(1-u+u\cos\theta) \quad (8.11)$$

bu ýerde $I(\theta)$ —görüň şöhlesiniň normal bilen θ burç emele getirýän nokadyndaky ýitilik, I_0 — diskiň merkezindäki şöhlemenmäniň ýitiligi, u —tolkun uzynlygyna bagly bolan proporsionallyk koeffisiýenti. 123-nji çyzga laýyklykda, gyzyň şöhleler üçin u bahasy gök reňkiňkiden kiçidir. Tolkun uzynlygy $\lambda=5000\text{\AA}$ bolan ýaşyl şöhleler üçin $u=0,65$ deň, $\Delta\lambda=1m$ üçin

$$I_0 = 4,6 \cdot 10^{13} \text{ Wt} / (m^2 \cdot sr)$$

Indi bolsa gözegçilik edilýän ýitiligiň maddanyň $\tau = 1$ optiki çuňlukda şöhlenenijilik ukybyna takmynan deňdiginden peýdalanalyň. Gün diskiniň merkezinden gyalaryna geçnimizde gözegçilik edilýän burçuň üýtgeýänligi sebäpli, disk boýunça $I(\theta)$ ýitiligiň üýtgemesi atmosferanyň çuňluk boýunça şöhlenenijilik ukybynyň degişli üýtgemesini görkezýär (ýa-da radius boýunça ölçenilýän optiki galyňlygyň üýtgemesi boýunça). 125-nji çyzgydan görnüşi ýaly, radiusyň kesiminiň ugry boýunça maddanyň mukdary, şol konsentrik gatlaklar bilen çäklen, görüň şöhlesiniň kesiminiň ugry boýunça ýerleşen maddanyň mukdaryndan $\sec\theta$ esse azdyr. Diýmek, diskiň berlen nokadynda hakyky gözegçilik edilýän gatlak (ýagny görüň şöhlesiniň ugry boýunça $\tau=1$ bolan optiki çuňlukda ýerleşen), radiusyň ugry boýunça $\tau=\cos\theta$ deň bolan optiki çuňlukda ýerleşendir. Bu bahany (8.11) aňlatmada ornuna goýup, radiusyň ugry boýunça optiki çuňluga görä atmosferanyň şöhlenenijilik ukybynyň üýtgemesini

alarys:

$$I(\tau) = I_0(1 - u + u\tau) \quad (8.12)$$

ýa-da, ýaşyl şöhleler üçin:

$$I_{5000}(\tau_{5000}) = (0,35 + 0,65\tau_{5000}) \cdot 4,6 \cdot 10^{13} \text{ Wt} / (m^3 \cdot sr)$$

Şeýlelikde, fotosferanyň radiusyň ugry boýunça hasaplanylýan τ_λ optiki çuňlukda şöhlelenmesi, Gün diskiniň $\cos \theta = \tau_\lambda$ bolan nokadyndaky ýitilgine takmynan deňdir.

Fotosferanyň şöhlelenmesi güýçlidir, diýmek, göze görünýän bütin üznüksiz spektrde şöhlelenmäni siňdirýändir. Bu bolsa fotosferanyň şöhlelenmesine §98-de formulirlenen, ýylylyk deňagramlylyk kanunyny ulanmaga mümkinçilik berýär. Onda, fotosferanyň kesgitli çuňlukda ýerleşen her bir gatlagy üçin, seredilýän şöhlelenmäniň (biziň mysalymyzda tolkun uzynlygy $\lambda = 5000 \text{ Å}$) ýitilgi (8.12) formula boýunça kesgitlenýän $I(\tau)$ deň bolar ýaly temperaturanyň bahasyny tapyp bolýar. Bu ýol bilen kesgitlenen temperaturanyň optiki çuňluga baglylygy 7-nji tablisada getirilen.

7-nji tablica

Fotosferada fiziki şertler

Optiki çuňluk ($\lambda = 5000 \text{ Å}$)	Temperatu ra T(K)	Geometriki çuňluk h(km)	Basyş $P \cdot 10^{-5}$ (Pa)	Dykyzlyk $\rho \cdot 10^7 (\text{g/sm}^3)$
0,01	4500	+148	0,1	0,04
0,10	4900	-155	2,5	1,0
0,50	5900	-280	10	2,7
1,00	6400	-330	12	3,6

Tablisadan görnüşi ýaly, fotosferada temperatura çuňluk boýunça artýar we onuň ortaça bahasy 6000 K deň. §119-da alnan netijeleri ýatlasak, şonda temperaturanyň ýüze çykarylan minimumynyň fotosferanyň ýokarky gatlaklary bilen gabat gelýändigini görmek bolýar. Şeýle hem fotosferada wodorodyň gowşak ionlaşandygy gelip çykýar

Fotosferanyň ölçegini kesgitlemek. Fotosferanyň ölçegini kesgitlemek üçin, §112-de girizen beýiklik şkalasy diýen

Soňky gözegçilikler Gün atmosferasynyň örän uzak aralyklara, Ýer orbitasynyň çäklerine çenli ýetýändigini görkezdi. Zodiakal ýagtylygyň ýüze çykarylan gowşak polýarlanan bolmagy onuň tassyknamasydyr (132-nji çyzgy). Ondan başga-da, kometalaryň guýrugynda maddanyň hereketini öwrenmegiň esasynda, Günden daşlaşdygyça tizligi ýuwaş-ýuwaşdan artýan we Günden Ýere çenli uzaklyklarda $300\text{-}400 \text{ km/s}$ ýetýän tizlik bilen Gün täjinden hemişe plazmanyň akýandygy anyklanyldy. Gün täjiniň planetaara giňişligine giňelmesine *Gün ýeli* diýilýär.

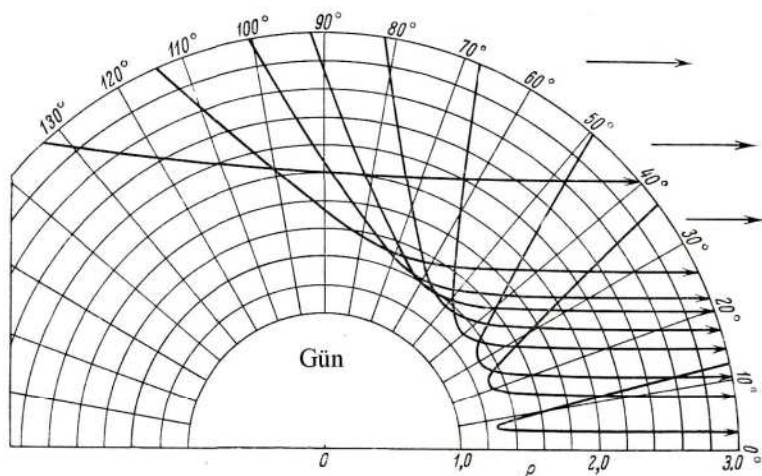
Planetaara plazmany kosmos aparatlarynyň kömegi bilen geçirilen barlaglar Gün ýeliniň protonlarynyň we elektronlarynyň akymyny bellige almaga mümkinçilik berdi. Olaryň Günden ýaýrama tizlikleri birnäçe yüz km/s we Ýeriň ýakynynda konsentrasiýasy $1\text{-}10 \text{ proton/sm}^3$ deňdir.

§119. Gün atmosferasynda işjeň emele gelmeler

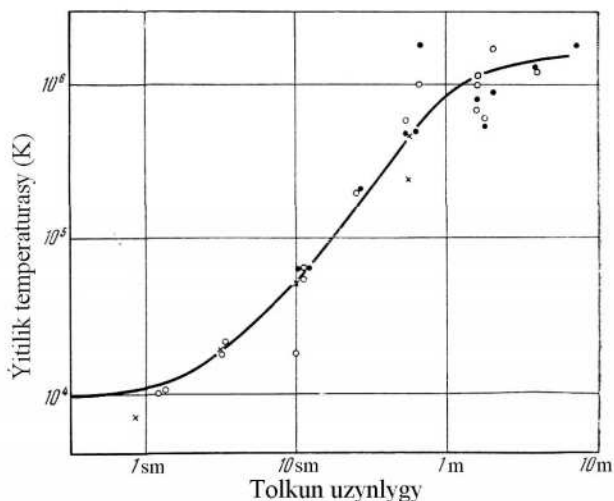
Wagtal-wagtal Gün atmosferasynda çalt üýtgeýän, häsiýetleri we düzümi wagtyň geçmegi bilen düýbünden üýtgemeyär diýen ýaly, tolgundyrylmadyk ýerlerinden çürt-kesik tapawutlanýan, işjeň emele gelmeler döreýär. Fotosferada, hromosferada we täçde Günüň işjeňliginiň ýüze çykmalary ýeterlik tapawutlydyrlar. Ýöne olaryň hemmesiniň sebäbi birdir. Ol sebäp işjeň emele gelmelerde mydama bolýan magnit meýdanydyr.

Fakeller. Fotosferanyň tolgundyrylmadyk ýerlerinde, güýjenmesi takmynan *1erstede* deň bolan, diňe Günüň umumy magnit meýdany bardyr. İşjeň ýerlerinde bolsa magnit meýdanynyň güýjenmesi yüzlerçe, münlerçe esse artýandyr.

Magnit meýdanynyň güýjenmesiniň onlarça we yüzlerçe erstede ýetýän uly bolmadyk güýçlenmesi, fotosferada, *fakel* diýip atlandyrylýan, has ýiti ýerleriniň emele gelmegini ýüze çykarýar. Umuman alynanda fakeller Günüň görünýän üstüniň ýeterlik bölegini tutup bilerler. Olar häsiýetli inçe düzümi bilen tapawutlanýarlar we köpsanly damarlardan, ýagty nokatlardan we düwünlerden–fakel granulalaryndan ybaratdyrlar (135-nji çyzgy).



133-nji çyzgy. Radiotolkunlaryň Gün täjinde döwürleşmesi.



134-nji çyzgy. Asuda Güniň ýitilik temperaturasynyň radiotolkunyň uzynlygyna baglylygy.

bölekleriniň Leňneç şekilli dumanlygynyň öňüni “tutma” pursatynda, çeşmäniň radioşöhlelenmesiniň ýitiligi peselýär. Bu usul bilen ýüze çykarylan, täjiň Günden has uzakda ýerleşen böleklerine aşatäç diýilýär.

düşünjeden peýdalanalyň. Atmosferanyň ýokarky araçäginde P_1 basyş nula ymtylýar, onda onuň esasyndaky basyş

$$P_2 \approx \rho g H \quad (8.13)$$

H ululygy, esasynda döredýän basyşy öwrenilýän gatlagyň basyşyna deň bolan, hemişelik ρ dykzlykly birhilli atmosferanyň ölçegi hökmünde seretmek bolar. Şol sebäpli H ululygy köplenç *birhilli atmosferanyň beýikligi* diýilýär. Ol atmosferanyň ölçegini häsiýetlendirýär. Hakykatdan-da, (8.13) aňlatmany şu görnüşde ýazyp bileris:

$$mg_{\odot} H = kT \quad (8.14)$$

Soňky aňlatmadan, atmosfera gazlarynyň bölejikleriniň ähtimal kinetik energiýalary, beýiklik şkalasy bilen gabat gelýän H beýiklige (8.5) degişli potensial energiýa deň bolar ýaly paýlanandyr.

Fotosfera esasan hem ionlaşmadyk wodoroddan ybaratdyr we onuň üçin $\mu \approx 1$. Bu bahany (8.14) formulada ornuna goýup we $T = 6000K$, $g_{\odot} = 2,7 \cdot 10^2 m/s^2$ diýip kabul edip, alarys:

$$H = \frac{RT}{\mu g_{\odot}} \approx 180 km \quad (8.15)$$

Diýmek, fotosferada dykzlygynyň ýeterlik üýtgemesi ýüzlerçe kilometriň dowamynda bolýar, bu bolsa Gün radiusynyň 1/3000 bölegine deňdir.

Fotosferada maddanyň dykzlygy we basyşy. §108-de iň köp şöhlelenme döredýän gatlagyň $\tau = 1$ optiki galyňlykda ýerleşmelidigi görkezilipdi. Şonuň üçin, optiki galyňlygyň kesgitlemesine laýyklykda (6.29):

$$\tau = \chi \rho H \approx 1. \quad (8.16)$$

Bu aňlatmada χ – *Igram* madda üçin hasaplanan siňdirme koeffisiýenti. Fotosferanyň maddasy üçin onuň orta bahasy $0,6 sm^2/g$ deňdir. Onda, $H = 180 km$ diýip, alarys:

$$\rho = \frac{1}{\chi H} = \frac{1}{0,6(sm^2/g) \cdot 1,8 \cdot 10^7 sm} = 10^{-7} g/sm^3$$

Has takyk hasaplamalar, dykzlygynyň fotosferanyň ýokary

gatlaklarynda $0,1 \cdot 10^{-7} \text{ g/sm}^3$ -dan başlap, aşaky çuň gatlaklarynda $5 \cdot 10^{-7} \text{ g/sm}^3$ -a çenli aralykda üýtgeýändigini görkezýär. Wodorod atomynyň massasy $1,6 \cdot 10^{-24} \text{ g}$ bolany üçin, fotosferanyň 1 sm^3 göwrümünde $6 \cdot 10^{15}$ -den $3 \cdot 10^{17}$ -ä çenli atom bardyr (adaty şertlerde howanyň 1 sm^3 göwrümünde takmynan $2,7 \cdot 10^{19}$ molekula bolýandyr). Indi, $\mu = 1 \text{ g/mol}$ we $T = 6000 \text{ K}$ diýip kabul edip, (6.9) formula boýunça gazyň basyşyny tapmak ýeňildir, onuň bahasy $5 \cdot 10^2$ -den $2,5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ çenli aralyklarda üýtgeýär. 10^4 Pa basyş *100 millibar* ýa-da *0,1 atmosfera* basyşyna deňdir.

Ulanylan pikir ýöretmeler, fotosferanyň maddasynyň fiziki häsiýetlerini kesgitlemek üçin hasaplamalaryň esasy tapgyrlaryny görkezýär. Alnan netijeleriň ähli san ululyklary takmynandyr. Emma muňa garamazdan, alnan netijeler fotosferadaky şertler barada dogry düşünje berýärler we 6-njy tablisada getirilen has takyk ululyklar bilen gowy ylalaşyklygy görkezýärler. Bu tablisada geometrik çuňluk h , Günüň gözegçilik edilýän gyrasyna degişli derejeden ýokarlygyna “+” alamaty, fotosferanyň içine tarap bolsa “-” alamaty bilen alnandyr.

Şeýlelikde, fotosfera–konsentrasiýasy 1 sm^3 -da 10^{16} - 10^{17} bölejik bolan, 5-6 müň kelwin temperaturaly we *0,1 atmosfera* basyşy bolan, has dury däl, galyňlygy birnäçe ýüz kilometr bolan, ýuka gaz gatlagydyr.

Bu şertlerde uly bolmadyk ionlaşma potensialy bolan ähli himiki elementler (birnäçe wolt, mysal üçin, Na, K, Ca) ionlaşýarlar. Beýleki elementler, şol sanda wodorod hem, esasan neýtral ýagdaýda bolýarlar.

Neýtral wodorodyň Günde bar ýeri diňe fotosferadyr. Emma wodorodyň ujypsyzja ionlaşmasy we metallaryň tutuşlygyna ionlaşmasy netijesinde fotosferada erkin elektronlar bardyr. Bu elektronlaryň wajyp ähmiýeti bardyr, olar wodorodyň neýtral atomlary bilen birleşip, wodorodyň otrisatel ionlaryny emele getirýärler (H^-). Bu ionlar proton bilen baglanyşykly bolan iki elektrondan ybaratdyr. Wodorodyň otrisatel ionlary ujypsyzja mukdarda emele gelýändir, ýagny ýüz million wodorod atomyndan ortaça diňe biri otrisatel iona öwürülýändir. H^- ionlar şöhlemenäni, esasan hem spektriň infragyzyly we göze görünýän

galyňlygyndan ýüzlerçe esse ulydygyny we ýüzlerçe müň kilometre deňdigini alarys. Bu bolsa gözegçiliklerde alynýan maglumatlara laýyk gelýändir.

§118. Günüň radiotolkunlary şöhlelendirmegi

Günüň radioşöhlenenmesi, esasan hem pes ýgylyklarda, güýçli üýtgeýänligi bilen tapawutlanýar. Şöhlemenäniň kuwwadynyň in pes ululygyny bellige alyp, gözegçilik edilýän şöhlemenäni iki, hemişlik we üýtgeýän bölekler bölüp bolýar. Olaryň birinjisine *asuda Günüň* radioşöhlenenmesi, ikinjisine bolsa *tolgundyrylan Günüň* radioşöhlenenmesi diýilýär.

Gün täji göze görünýän şöhlenenme üçin aýratyn durudyr, ýöne radiotolkunlary erbet geçirýändir, ýagny olar güýçli siňdirilýärler we döwürler (133-nji çyzgy). Diýmek, Gün täji radiotolkunlary temperaturasy milion kelwin bolan absolyut gara jisim ýaly şöhlelendirmelidir. Şonuň üçin Gün täjiniň temperaturasyny Günüň radioşöhlenenmesiniň ýitilik temperaturasyny ölçemeler boýunça kesgitleýärler.

Metr uzynlykly tolkunlarda täjiň temperaturasy hakykatdan hem million kelwin töweregidir. Has gysga tolkunlarda temperatura peselýändir. Bu bolsa şöhlemenäniň çykýan çuňlugynyň artmagy, plazmanyň siňdirme häsiýetleriniň kemelmegi bilen baglydyr (134-nji çyzgy). Mysal üçin, şantimetr uzynlykly tolkunlarda şöhlenenme päsgelçiliksiz ýokarky hromosferadan, millimetr uzynlykly tolkunlarda bolsa hromosferanyň aralyk we aşaky gatlaklaryndan päsgelçiliksiz çykýandyr.

Radiussullar Gün täjini örän uly, onlarça Gün radiusyna deň bolan aralyklara çenli yzarlamaga, öwrenmäge mümkinçilik berýärler. Gün özünüň ekliptika boýunça hereketinde, her ýylyň iýun aýy radioşöhlemenäniň kuwwatly çeşmesi bolan, Öküzçe ýyldyz toparyndaky Leňneç şekilli dumanlygynyň gabadyndan geçýänligi sebäpli mümkindir. Bu çeşmä degişli radiotolkunlar Gün täjinden geçenlerinde, onuň aýry-aýry birhili dälliklerinden dagynyk serpikýärler. Şonuň netijesinde, Gün täjiniň daşky

wodorodyň spektral çyzyklary düýbünden ýokdur. Şeýlelikde, täçde bölejikleriň umumy konsentrasiýasy ionlar bilen erkin elektronlaryň konsentrasiýalarynyň jemine, ýagny ululygy boýunça $\sim 2 \cdot 10^8 \text{ sm}^{-3}$ töweregi bolmalydyr.

Gün täjiniň emission çyzyklary, ionlaşmanyň ýokary derejesinde bolan, adaty himiki elementlere degişlidir. Has intensiw, tolkun uzynlygy 5303\AA bolan, täje degişli ýaşyl çyzyk, 13 sany elektronyny ýitiren demir atomy, ýagny *Fe XIV* ion tarapyndan şöhlelendirilýändir. Başga bir intensiw çyzyk, täje degişli gyzyk çyzyk ($\lambda=6374\text{\AA}$), dokuz elektronyny ýitiren demir atomynyň, ýagny *FeX* iona degişlidir. Galan emission çyzyklar *FeXI*, *FeXIII*, *NiXIII*, *NiXV*, *NiXVI*, *CaXII*, *CaXV*, *ArX* we beýleki ionlara degişlidir.

Täje degişli, ýagny täç çyzyklary gadagan çyzyklardyr. Olaryň ýüze çykmagy täjiň maddasynyň örän seýreklendirilendigi barada habar berýär. Ýokary, güýçli ionlaşmasy bolan ionlaryň emele gelmegi üçin yüzlerçe elektron–wolta deň bolan, uly energiýalar gerekdir (mysal üçin, *FeX* ionlaşma potensialy $233W$, *FeXIV*- $355W$, *CaXV*- $814W$). Deňeşdirmek üçin, wodorod atomynyň ýeke-täk elektronyny goparmak üçin, bary–ýogy $13,6 \text{ eV}$ energiýa gerekdir. Gün täjiniň şöhlelenmesiniň, maddanyň güýçli ionlaşmasyny döretmek üçin örän gowşaklygy sebäpli, ionlaşmanyň sebäbi atomlaryň erkin elektronlar bilen çakyşmasydyr. Bu elektronlaryň energiýasy yüzlerçe elektron–wolta, tizlikleri bolsa, sekuntda münlerçe kilometre deň bolmalydyr. Bu ululyklar Gün täjiniň temperaturasy kesgitlenende ulanylandyr we million kelwine deň baha alynandyr.

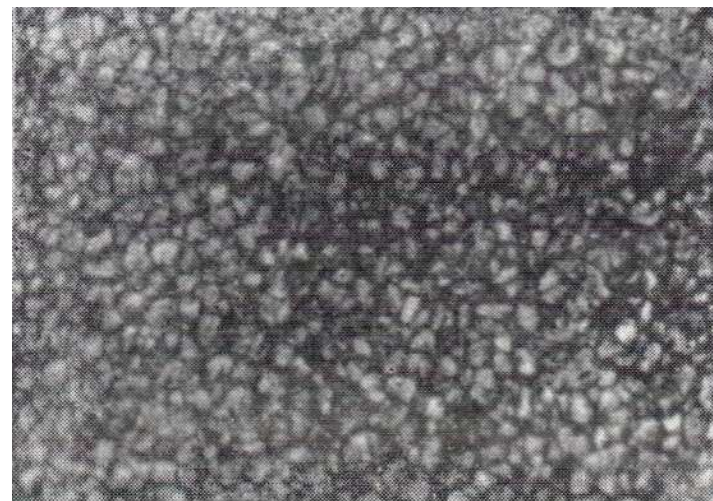
Şeýlelikde Gün täji temperaturasy million kelwin töweregi bolan, seýreklendirilen plazmadyr.

Gün täjiniň adatdan daşary ölçegleriniň, uzynlygynyň bolmagy, onuň ýokary temperaturasynyň barlygynyň netijesidir. Hakykatdan-da, (8,5) formula laýyklykda, beýiklik şkalasy temperatura proporsionaldyr. Gün täjiniň ionlaşan gazynyň fotosferadaky neýtral wodorodyň molekulýar agramyndan iki esse kiçidigini, temperaturasynyň bolsa 150 esse ulydygyny göz önünde tutup, täjiň ölçeginiň, dowamlylygynyň fotosferanyň

çäklerinde örän güýçli siňdirýändir. Şonuň üçin, konsentrasiýasynyň örän ujypsyz bolmagyna garamazdan, wodorodyň otrisatel ionlary, fotosfera maddasynyň spektriň göze görünýän şöhlelenmesini siňdirmesini kesgitleýän, esasy sebäbidir.

§114. Konwektiw zolak we granulýasiýa

Fotosfera atmosferanyň örän amatly şertleri dörän wagtynda geçirilýän wizual we fotografik göreçilikler, onuň örän ýakyn ýerleşen, topbak bulutlary ýa-da sepelenen şaly dänelerini ýadyňa salýan, has ownuk, ýuka gurluşyny-strukturasyny ýüze çykarmaga mümkinçilik berýär (126-njy çyzgy). Ýagty tegelek emele gelmelere granular diýilýär, bütin struktura bolsa granulýasiýa diýilýär. Granulalaryň burç ölçegleriniň orta bahalary duganyň $1''$ -dan uly däl, bu bolsa Günün üstünde 700 km -den az däl. Her bir aýry granularyň “ýaşayşynyň” dowamlylygy ortaça 5-10 minut töweregidir, soňra ol dargaýar we onuň ýerinde täzeleri döreýändir.



126-njy çyzgy. Günün granulýasiýasy.

Granulalar öýjükleri emele getirýän, garamtyl aralyklar bilen çäklenendirler. Granulalaryň we olaryň garamtyl araçäkleriniň spektrleri degişlilikde gök we gyzyl tarapa süýşendirler. Bu bolsa granulalaryň maddasynyň ýokarlygyna, araçäkleriň maddasynyň bolsa aşaklygyna hereket edýändigini aňladýar. Bu hereketleriň tizligi $1-2 \text{ km/s}$.

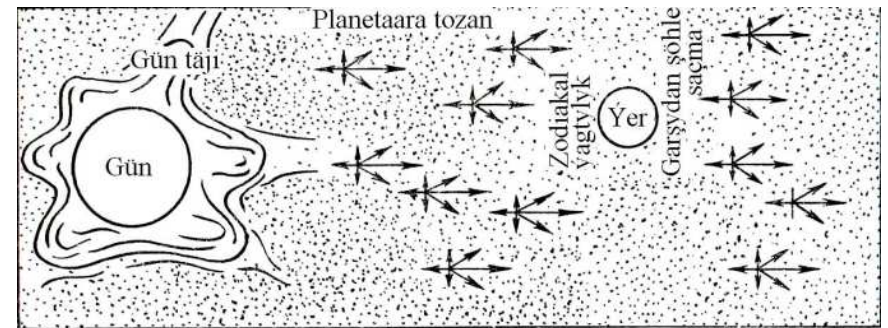
Granulýasiýa–fotosferadan aşakda ýerleşen konwektiw zolagyň fotosferada gözegçilik edilýän ýüze çykmasıdyr. Konwektiw zolakda gazyň aýry-aýry massalarynyň (konweksiýa elementleriniň) ýokary göterilmesi we aşaklygyna göýberilmesi netijesinde maddanyň garyşmasy bolýar. Takmynan öz ölçeglerine deň bolan ýoly geçip, daşky gurşawda (sredada) eräp gidýän ýaly bolýarlar. Daşky, has sowuk gatlaklarda bular ýaly birhilli dällikleriň ölçegleri kiçiräkdir.

Günüň daşky gatlaklarynda konweksiýanyň döremeginiň sebäbiniň iki wajyp ýagdaýy bardyr. Bir tarapdan, fotosferanyň gös-göni aşagynda temperatura çuňlugyna tarap örän çalt artýar we has çuňda ýerleşen gyzgyn gatlaklaryň şöhlelenmesiniň daşyna çykmagyny şöhle göýberme üpjün edip bilmeýär. Şonuň üçin energiýany hereket edýän birhilli dällikleriň özleri geçirýärler. Beýleki bir tarapdan bolsa, bu birhilli dälliklerdäki gaz doly däl-de bölekleyin ionlaşan bolsa, onda ionlaşma energiýasynyň hasabyna olaryň temperaturasy üýtgemeyär diýen ýalydyr we temperaturanyň artykmaçlygy uzak wagtlap saklanýar, birhilli dälligiň “ýaşayş” wagty uly bolýar.

Fotosferanyň aşaky gatlaklaryna geçilende bu iki ýagdaýyň täsiri ýitýär. Sebäbi, şöhlelenme sebäpli ýitgiler üçin temperatura çürt-kesik peselýär we onuň ýokarlygyna kemelme tizligi peselýär, gaz bolsa bütewiligine neýtrallaşyp, ionlaşma energiýasy bolmany üçin durnukly birhilli dällikleri emele getirip bilmeýär. Şonuň üçin, konwektiw zolagyň iň ýokarky gatlaklarynda, fotosferanyň gös-göni aşagynda, konwektiw hereketler çürt-kesik togtayar we konweksiýa duýdansyz tamamlanýar. Şeýlelik bilen, fotosfera mydama aşagyndan konwektiw elementler tarapyndan “bombalanýan” ýaly bolýar. Bu urgylardan onda, granulalar görnüşinde gözegçilik edilýän, tolgunmalar döreýär, onuň özi

dagynyk serpidirmäge ukyplydyrlar (132-nji çyzgy). Şonuň üçin tozanjyklarda dagynyk serpidirmäniň intensiwliginiň iň uly bahasy Günüň ýakynynda bolýandyr we “ýalan täç” duýgusyny döredýändir. Bu ýagtylanmany Günden has uzak aralyklarda hem gözegçilik edip bolýandyr we oňa *zodiakal ýagtylyk* diýilýär.

Gün täjiniň her bir nokadyndaky ýitilik görüş şöhlesindäki ýerleşen elektronlaryň mukdaryna proporsionaldyr. Her bir erkin elektron 1 sm^2 meýdança düşýän şöhlelenmäniň mukdarynyň 10^{-24} bölegini dagynyk serpidirýändir. Gün täjiniň ýitiliginiň fotosfera bilen deňeşdirilende millionlarça esse kiçi bolany üçin, görüş şöhlesiniň ugry boýunça, kese-kesiginiň meýdany 1 sm^2 bolan sütünjikde $10^{-6}/10^{-24} = 10^{18}$ erkin elektron bardyr.



132-nji çyzgy. Günüň şöhlelenmesiniň planetaara tozanjyklarda dagynyk serpidmesi we fraungofer täjiniň emele gelmegi.

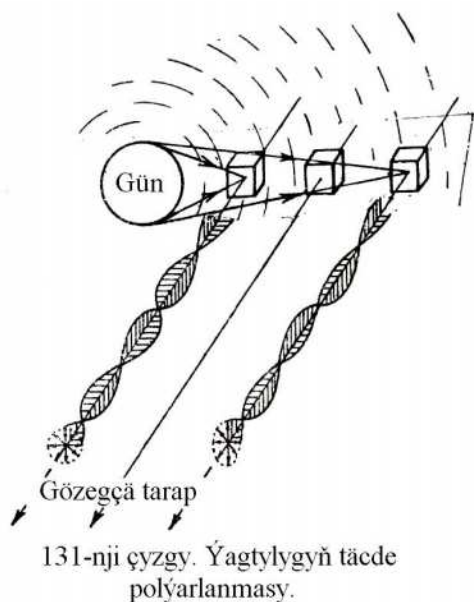
Täjiň beýiklik şkalasy boýunça ölçenýän ölçegi Günüň radiusyndan birnäçe esse kiçi, ýagny 10^{10} sm bolany sebäpli, täjiň maddasynyň 1 sm^3 -da ortaça $10^{18}/10^{10} = 10^8$ erkin elektron bolmalydyr.

Bu erkin elektronlaryň ýüze çykmagy maddanyň ionlaşmasy bilen bagly bolmagy mümkindir. Emma bütewiligine alnanda ionlaşan gaz (plazma) neýtral bolmalydyr. Diýmek, täçdäki ionlaryň konsentrasiýasy hem 10^8 sm^{-3} töweregi bolmalydyr. Bu ionlaryň esasy köplügi Günde iň köp bolan element–wodorodyň ionlaşmagy netijesinde döremelidir. Şol wagtyň özünde täçde neýtral wodorod bolmaly däl, sebäbi onuň emission spektrinde

dagynyk serpikdirän, Gün täjiniň meýdançalarynyň ýerleşýändikleri sebäpli, gözegçilik edilýän polýarlanma bölekleyin bolýandy (131-nji çyzgy).

Täjiň Günden has uzakdaky nokatlary üçin görüş şöhlesi bilen düşýän şöhleleriň arasyndaky burç 90^0 -a ýakyndyr. Şonuň üçin, Gün täji boýunça ýokarlygyna galyndygyça polýarlanma derejesi artmalydyr. Bu hakykatdan hem şeýledir, Gün täjiniň içki böleginde beýiklik boýunça polýarlanma derejesi artýandyr. Emma daşky täçde bu artma kemelme bilen çalyşýandyr. Bu bolsa beýiklik boýunça otnositel paýy artýan, şöhlelenmäniň polýarlanmadyk böleginiň bardygyny görkezýär.

Bu polýarlanmadyk düzüji daşky täçde fraungofer çyzyklarynyň ýüze çykmagyna sebäp bolýandyr we şonuň üçin oňa *fraungofer täji* hem diýilýär. Fraungofer täjiniň Gün atmosferasyna hiç-hili degişlilik ýokdur. Fraungofer täji Ýer bilen Günün aralygyndaky giňişlikde ýerleşen, planetaara ownuk



tozanjyklardan dagynyk serpigen Gün şöhleleridir. Ýagtylygy dagynyk serpikdirmek bilen, ony gowşak polýarlandyryýandyr. Bu tozanjyklar ýagtylygynyň köp bölegini düşýän ugry boýunça

bolsa fotosferanyň hususy yrgyldylarynyň ýygylgyna (5 min) deň bolan, period bilen yrgyldap başlaýar. Fotosferada döreýän bu yrgyldylar we tolgunmalar, onda tebigaty boýunça howadaky ses tolkunlaryna meňzeş bolan tolkunlary döredýärler. Bu tolkunlaryň Gün atmosferasynyň has ýokarky gatnaklary üçin wajyp ähmiýetiniň barlygyny indiki paragraflarda göreris.

§115. Gün atmosferasynyň daşky gatnaklary

Öň belleýşimiz ýaly, fotosferada maddanyň dykzlygy beýiklik boýunça çalt kemelýär we Gün atmosferasynyň ýokarky gatnaklary örän seýrekendir bolýarlar.

Fotosferanyň daşky gatnaklarynda, ýagny dykzlygynyň $3 \cdot 10^{-8} \text{ g/sm}^3$ ululyga çenli kemelýän ýerinde temperatura takmynan 4500K -e çenli kemelýär. Temperaturanyň bu bahasy bütün Gün atmosferasynda iň pes temperaturadyr. Has ýokarky gatnaklarda temperatura ýene ýokary galyp başlaýar. Ilkibaşda temperaturanyň, wodorodyň ionlaşmasy, soňra geliýniň hem ionlaşmasy bilen bolup geçýän, haýallyk bilen onlarça mün gradusa çenli artmasy bolýar. Gün atmosferasynyň bu bölegine hromosfera diýilýär.

Hromosferanyň ýokarky, seýreklenmäniň 10^{-15} g/sm^3 ýetýän gatnaklarynda, ýagny her bir santimetr kub göwrümde baryýogy 10^9 atom bolanda, temperaturanyň çürt-kesik, takmynan million gradusa ýetýän, artmasy bolup geçýär. Şol ýerden Gün atmosferasynyň iň daşky we iň seýrekendirilen, Gün täji diýip atlandyrylýan gatlagy başlanýar.

Gün atmosferasynyň has daşky gatnaklarynyň örän ýokary temperaturalara çenli gyzdrylmagynyň sebäbi, §114-de belläp geçişimiz ýaly, konweksiýa elementleriniň hereketi netijesinde döreýän akustik (ses) tolkunlaryň energiýasydyr. Ýokarlygyna, dykzlygy az bolan gatnaklara ýaýranda, bu tolkunlaryň amplitudasy birnäçe kilometrere ýetýär we olar urgy tolkunlaryna öwürülýär.

Urgy tolkunlary adaty tolkunlardan tolkundaky bilen

deňşdireniňde tolgundyrylmadyk gurşawdaky gazyň temperaturasynyň, basyşynyň we dykzlygynyň çürt-kesik pese düşmesi bilen tapawutlanýar. Onuň bolmagynyň esasy sebäbi, Gün atmosferasynyň gysylan ýerinde temperatura we dykzlyk artýandyr, diýmek sesiň ýaýraýş tizligi hem artýandyr. Şol sebäpli uly amplitudaly tolkunlar öz gurluşyny ýeterlik üýtgedýärler, gysylan ýerlerinde tolkunyň ýaýraýan ugry boýunça maddanyň dykzlanmasy bolýar we tolkunyň tolgundyrylmadyk madda bilen aralygynda çürt-kesik araçäk–urgy tolkunyň kert fronty döreýär.

Urgy tolkunlarynyň döremegi netijesinde atmosferanyň uly çäkli tolkun şekilli dogry hereketleri has ownuk, tertipsiz hereket edýän, aýry-aýry gaz massalaryna bölünýär. Bu prosesse tolkunlaryň *dissipasiýasy* diýilýär. Dissipasiýanyň has hem güýçli bolup geçýän ýeri bolan hromosferada we Gün täjinde, aýry-aýry atamlaryň tertipsiz hereketiniň tizlikleri artýar, ýagny bölejikleriň ýylylyk hereketleri güýçlenýär. Onuň netijesinde bolsa, hromosferada we Gün täjinde temperaturanyň ulalmasy bolýar.

§116. Hromosfera

Hromosferanyň integral, ýagny bütün spektr boýunça ýitiligi, has intensiw çyzyklarda şöhlelenmeleriniň deňdigine garamazdan, fotosferanyň ýitiliginden ýüzlerçe esse kiçidir. Şol sebäpli hromosferany gözegçilik etmek üçin onuň gowşak şöhlelenmesini fotosferanyň radiasiýasynyň kuwwatly akymyndan bölüp almaga mümkinçilik berýän ýörite usullary peýdalanmak zerurdyr.

Has amatly we taryhy ilkinji usullaryň biri, doly Gün tutulanda ikinji we üçünji kontaktlaryň ýakynynda geçirilýän gözegçiliklerdir. Haçanda Aý fotosferany doly ýapan wagtynda, kontakt nokadynyň ýanynda hromosferanyň ýalpyldaýan gülgüne oragy lowurdaýar. Bular ýaly oragyň giňligi hromosferanyň ölçegi (dowamlylygy) barada düşünje berýär. Onuň ölçegleri $16-20''$, ýagny çyzykly ölçegi $12-15$ müň kilometrdur. Hromosferanyň ýiti çyzyklardan ybarat bolan, emission spektri bardyr (127-nji çyzgy).

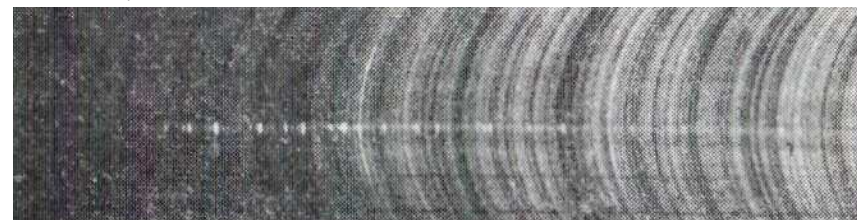
egrelýärler.

Içki täçde hem dugany, aýry-aýry bulutlary (täç kondensasiýalary) ýadyňa salýan, dürli görnüşli (struktura) düzüm emele gelmeleri bardyr. Ony esasy häsiýetlendiriji emele gelme, käwagtlar polyuslarynda gysga göni şöhleleriň emele getirýän we polýar çotgajyklary diýilýän görnüşidir.

Gün täjiniň spektriniň birnäçe wajyp özboluşlygy bardyr. Onuň esasy gowşak üznüksiz fon bolup, onda energýanyň paýlanylyşy Günüň üznüksiz spektrinde energýanyň paýlanyşyna meňzeşdir. Bu üznüksiz spektriň fonunda içki täçde, Günden daşlaşdygyňça intensiwligi kemelýän, ýiti emission çyzyklar gözegçilik edilýändir (130-njy çyzgy). Bu çyzyklaryň aglabasyny tejribede alynýan spektrlerde alyp bolmaýar. Daşky täçde, fotosferadakydan uly galyndy intensiwligi bilen tapawutlanýan, Gün spektriniň fraungofer çyzyklary gözegçilik edilýär.

Täjiň şöhlelenmesi polýarlanandyr, özi hem Günüň gyrasyndan $0,5 R_{\odot}$ aralykda polýarlanma 50%-e çenli ýetýär, has uzak aralyklarda bolsa ýene kemelýändir.

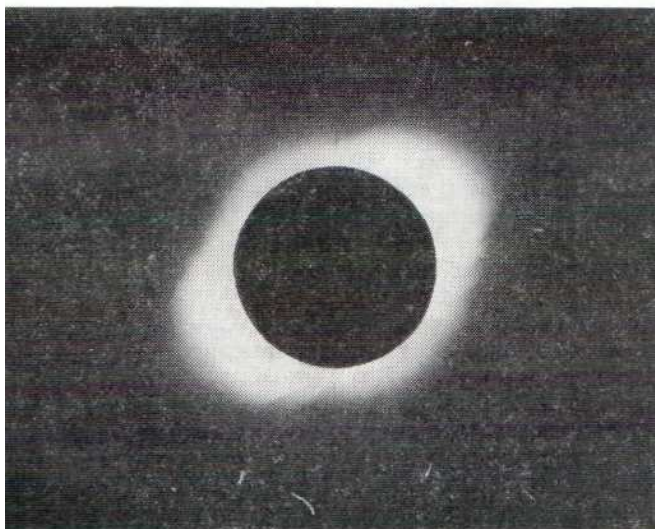
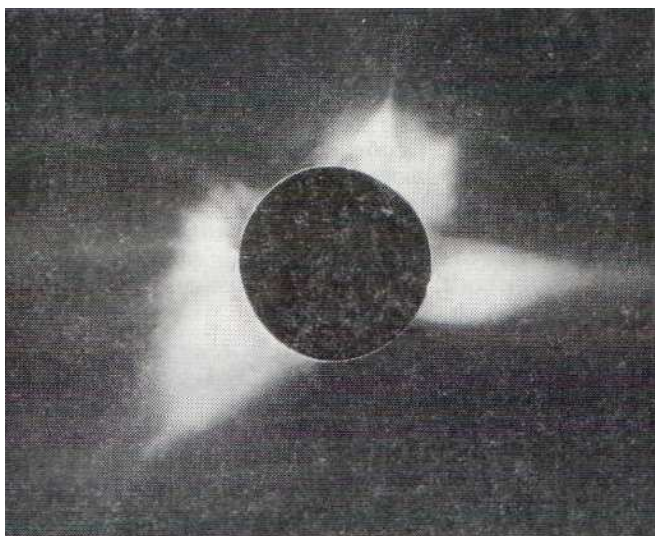
Täjiň we fotosferanyň üznüksiz spektrlerinde energýanyň paýlanyşynyň meňzeş bolmagy, täjiň şöhlelenmesiniň, fotosferanyň ýagtylygynyň dagynyk serpikdirilmesidigini görkezýär.



130-njy çyzgy. Gün täjiniň we protuberanesiň koronografyň kömegi bilen alynan spektrleri.

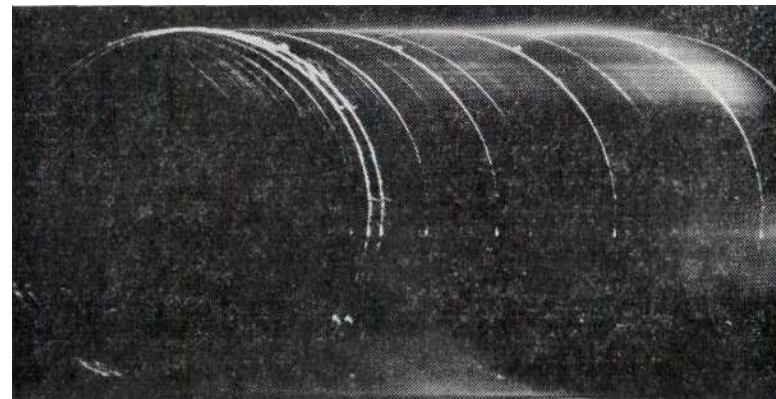
Bu ýagtylygyň polýarlanan bolmagy, ony dagynyk serpikdirýän bölejikleriň tebigatyny anyklamaga mümkinçilik berýär. Bular ýaly güýçli polýarlanmany diňe erkin elektronlar döredip bilerler.

Görüş şölesiniň ugry boýunça, üstüne düşýän fotosferanyň şöhlelenmesini diňe 90^0 burç bilen däl-de, islendik burç bilen



129-njy çyzgy. Gün täjiniň menekleriň maksimumy (a) we minimumy (b) döwründe alynan fotosuratlary.

(strukturasy). Şöhleler dürli uzynlyklarda, ýagny onlarça we ondan hem köp Gün radiusyna çenli bolup bilýärler. Esasyň ýakynynda şöhleler adaty ýognaýarlar, käbirleri bolsa goňşylaryna tarap

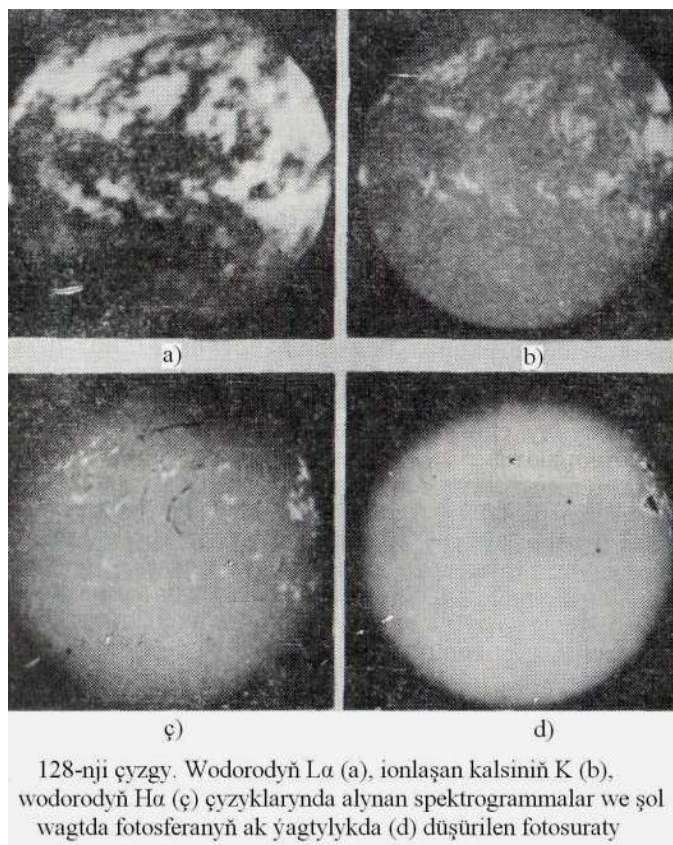


127-nji çyzgy. Hromosferanyň spektri.

Gözegçiliklerde olar tutulmanyň doly farasy bolan pursatynda lowurdap görüňän ýaly bolýar. Onuň üçin hromosferanyň spektri *lowurdama spektri* diýip atlandyrylandyr. Bu spektr, hemme siňdirmе çyzyklary şöhlelenme çyzyklary bilen çalşylan, üznüksiz spektri bolsa düýbünden bolmadyk, Gün spektrine meňzeşdir. Emma hromosferanyň spektrinde ionlaşan elementleriň çyzyklary fotosferanyň spektrindäkiden güýçlidir. Mysal üçin, hromosferanyň spektrinde geliýniň çyzyklary güýçlidir, ýöne şol wagtyň özünde bu çyzyklar fraunhofer spektrinde düýbünden görünmeýär. Spektriň bu aýratynlyklary hromosferada temperaturanyň artýandygyny tassyklaýar. Hromosferanyň spektrinde ionlaşan kalsiýniň, wodorodyň we geliýniň çyzyklary has intensiwdir. Bu çyzyklarda hromosfera dury däl, ýöne göze görüňän üznüksiz şöhlelenme üçin aýratyn durudyr. Netijede, güýçli fraunhoferiň çyzyklarynyň merkezi böleklerinde biz fotosferanyň dälde, hromosferanyň şöhlelenmesini görýäris. Bu ýagdaý, hromosferany haýsy hem bolsa bir çyzygyň (köplenç wodorodyň H_α ýa-da ionlaşan kalsiýniň K çyzygynda) merkezi bölegine degişli bolan, spektriň örän darajyk çäginde öwrenmegiň wajyp usulynyň esasynda durandyr. Onuň üçin Güni ýörite enjamyň–spektrogeliografiň kömegi bilen fotosurata düşürýärler. Bu çyzyklarda şöhlelenmä hromosfera dury däl we şonuň üçin

fotosuratda (spektrogeliogrammada) gözegçilik edilýän şekilleriň detallary hromosfera degişlidir (128-nji çyzgy).

Şeýlelik bilen, fraungoferiň çyzyklarynyň şöhlelenmesine gözegçilik edip, Gün atmosferasynyň dürli çuňluklarda ýerleşen gatklaryny öwrenmek mümkindir. Siňdirme koeffisiýenti näçe kiçi boldugyça, ýagny madda näçe dury boldugyça, şonça-da has çuňda ýerleşen gatklary gözegçilik edip bilýäris. §99-da görkezilişi ýaly, spektral çyzyklarda merkezinden ganatlaryna tarap uzaklaşdygymyzça siňdirme kemelýändir. Şonuň üçin



çyzyklaryň ganatlarynda, şeýle hem gowşak çyzyklaryň merkezlerinde fotosferanyň beýikligi boýunça dürli derejelerini gözegçilik edip bolýar, güýçli çyzyklaryň merkezi bölekleri bolsa

hromosferany öwrenmäge mümkinçilik berýär.

Hromosferanyň fotosuratlary öwrenilende, fotosferadaky granulýasiýa bilen deňeşdirilende has aýdyň we ýiti ýüze çykyan, birhilli dällikler ilki bilen ünsi özüne çekýär. Hromosferada has ownuk düzüm emele gelmelere *spikula* diýilýär. Olaryň süýnmegräk görnüşi bolup, süýnmekligi esasan radial ugurda ugrukdyrlandyr. Olaryň uzunlygy birnäçe mün, galyňlygy bolsa bir mün kilometre deňdir. Spikulalar sekuntda onlarça kilometr tizlik bilen hromosferadan ýokarlygyna galyp, Gün täjine ýetýärler we onda ereýärler. Şeýlelik bilen spikulanyň üsti bilen hromosferanyň we ýokarda ýerleşen Gün täjiniň arasynda maddanyň çalyşmasy bolýar. Gün täjiniň maddasynyň hem öz gezeginde aşak, hromosfera düşüp bilýändigini görkezýär. Öz gezeginde spikulalar hem has uly düzümi emele getirýärler. Oňa *hromosfera tory* diýilýär. Olaryň emele gelmesiniň esasy sebäbi fotosferadan hem çuňda ýerleşen konwektiv zolagyň elementleri bilen baglydyr.

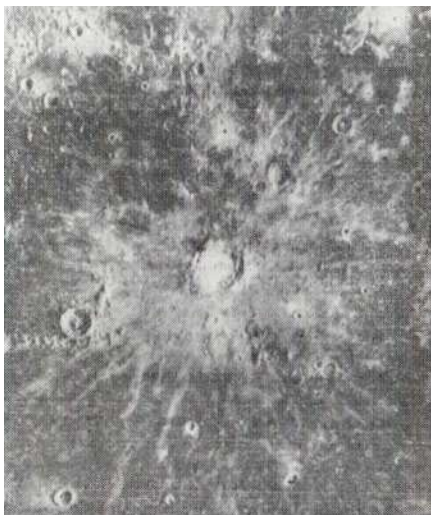
§117. Gün täji

Gün täjiniň ýitiligi fotosfera bilen deňeşdirilende millionlarça esse kiçidir we doly Aý döwründe onuň ýagtylygundan uly däl. Şonuň üçin Gün täjini Gün tutulmalarynyň doly fazasy döwründe, galan wagtlary bolsa koronograflaryň kömegi bilen gözegçilik edip bolýandyr.

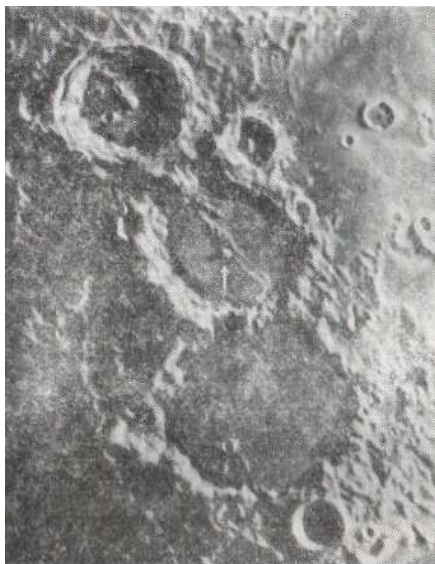
Gün täjiniň çürt-kesik çäkleri ýokdur, wagta görä güýçli üýtgeýän, nädogry görnüşi bardyr. Onuň şeýledigine, dürli Gün tutulmalarynda düşürilen fotosuratlary deňeşdirip, göz ýetirmek bolýar (129-njy çyzgy).

Täjiň ýitiligi, Günüň gyrasyndan onuň radiusyna deň aralyga uzaklaşanymyzda, onlarça esse kemelýändir. Täjiň has ýagty, limbdan 0,2-0,3 Gün radiusyna deň uzaklyga çenli dowam edýän bölegine- *içki täç*, galan has dowamly bölegine bolsa - *daşky täç* diýilýär.

Gün täjiniň wajyp aýratynlygy onuň şöhle düzümidir



147-nji çyzgy. Tupanlar Okeanyndaky Kopernik krateri. Merkezi emele gelmeden çykýan ýagty şöhleler sistemasy görüňär. Çepde, Apennin dag gerişleriniň golaýynda Eratosfen krateri görüňär.



148-nji çyzgy. Ptolemey sirki (aşakda) we Alfons (merkezde), Arzahel (ýokarda) kraterleri.

çalt üýtgeýän protuberanesler emele gelyärler. Has ahyrky tapgyrlarda, birnäçe hepdeleriň, käwagt aýyň dowamynda göze görüňän üýtgemesiz “ýaşaýan”, durnukly we asuda protuberanesler emele gelyärler. Soňra güýçli hereketleriň döremegi, maddanyň täje zyňylmagy we çalt hereket edýän protuberanesleriň döremegi bilen bolup geçýän, protuberanesiň işjeňleşme tapgyry duýdansyz başlap bilýär.

Täçde işjeň emele gelmeler. Gün täjiniň daşky görnüşi onuň atmosferasynyň has aşaky gatlaklarynda işjeňligiň ýüze çykmasy bilen jebis baglanyşyklydyr. Tegmilleriň üstünde, egredilen şöhleler görnüşli, şahalary ýadyňa salýan häsiýetli emele gelmeler, şeýle hem togalak bulut görnüşli täjiň maddasynyň dykyzlanmalary–*täç kondensasiýalary* gözegçilik edilýär. Fakelleriň üstünde gönüçyzykly, çalaja tolkunly şöhleleriň tutuş sistemalary görüňärler. Protuberanesler bolsa adaty täjiň dykyzlandyrylan maddasynyň dugalary bilen gurşalandyr. Tegmilleriň, fakelleriň we protuberanesleriň üstlerindäki bu emele gelmeleriň hemmesi, köplenç Günüň birnäçe radiusyna deň bolan aralyklary tutýan, uzyn şöhlelere geçýär.

Gün işjeňliginiň merkezi barada düşünje. Beýan edilen Gün atmosferasynda işjeň emele gelmeleriň hemmesi biri-biri bilen özara baglanyşyklydyr. Fakelleriň we flokkullaryň döremegi mydama tegmilleriň ýüze çykmagynyň ön ýanynda bolýar. Lowurdamalar tegmilleriň has çalt ösýän wagtlary ýa-da olarda bolup geçýän güýçli üýtgemeleriň netijesinde döreyärler. Şol wagtyň özünde hem, işjeň çäkler dargandan soň hem uzak wagtlap bolup bilýän, protuberanesler döreyärler. Gün atmosferasynyň berlen çäkleri bilen bagly bolan we kesgitli wagtyň dowamynda ösýän, Gün işjeňliginiň ähli ýüze çykmalarynyň köplüğine *Gün işjeňliginiň merkezi* diýilýär.

Gün täjiniň gurluşy hem Gün işjeňliginiň merkezlerinden çykýan we täjiň içine uly aralyklara çenli ýetýän, magnit meýdanynyň güýç çyzyklarynyň ýerleşşi we täsiri bilen kesgitlenýär.

Hereket edýän magnit meýdany ionlaşan maddany (plazmany) özi bilen alyp gidýär, bu bolsa häsiýetli düzüm görnüşinde

dykzlanmany emele getirýär. Mysal üçin, täç şöhleleri lowurdama wagtynda emele gelýän korpuskulýar akymalaryň täjiň içinde hereketleri netijesinde döreyändirler.

§120. Gün işjeňligi

Tegmilleriň sany we onuň bilen bagly bolan Günüň işjeňliginiň ýüze çykmalary periodiki üýtgeýär. İşjeňlik merkezleriniň sanynyň iň köp döwrüne *Gün işjeňliginiň maksimumy*, olaryň ýok wagtyna bolsa *minimumy* diýilýär.

Günüň işjeňliginiň derejesiniň ölçegi hökmünde tegmilleriň umumy sanynyň (f) we toparlarynyň sanynyň (g) oňa köpeldilmeginiň jemine proporsional bolan, *Wolfyň sany* ulanylýar

$$W = k(f + 10g). \quad (8.17)$$

Proporsionallyk koeffisiýenti k ulanylýan guralyň kuwwatyna baglydyr. Adatça Wolfyň sanynyň orta bahasyny (aý üçin, ýyl üçin) alýarlar we Günüň işjeňliginiň wagta baglylygynyň grafigini gurýarlar. 139-njy çyzygyda Günüň işjeňliginiň egrisi şekillendirilen. Ondan görnüşi ýaly, maksimumlar we minimumlar ortaça her 11 ýyldan gaýtalanýarlar, ýöne aýry-aýry yzygiderli maksimumlaryň wagat aralygy 7-den 17-i ýyl aralyklarynda üýtgeýär.

Minimum döwründe käbir wagtyň dowamynda, adatça Günde tegmiller düýbünden ýokdur. Soňra olar ekwatorдан uzakda, takmynan $\pm 35^\circ$ giňliklerde dörap başlaýarlar. Soňra tegmilleriň emele gelme ýerleri ekwatora tarap ýuwaş-ýuwaşdan süýşýärler (*Şpereriň kanuny*). Emma ekwatorдан 8° -dan az uzaklaşan nokatlarda tegmiller örän seýrek bolýandyrlar.

Günüň işjeňliginiň wajyp aýratynlygy tegmilleriň magnit polýarlygynyň üýtgeме kanunydyr. Her 11 ýyllyk aýlawyň dowamynda bipolar toparlaryň esasy tegmilleriniň demirgazyk ýarymşarda bir polýarlyga, günortada bolsa ters polýarlyga eýedirler. Esasy tegmillere görä garşylykly polýarlygy bolan, guýruk tegmiller üçin hem demirgazyk we günorta ýarymşarlarda polýarlyk gapma-garşylyklydyrlar. Şonuň bilen birlikde,

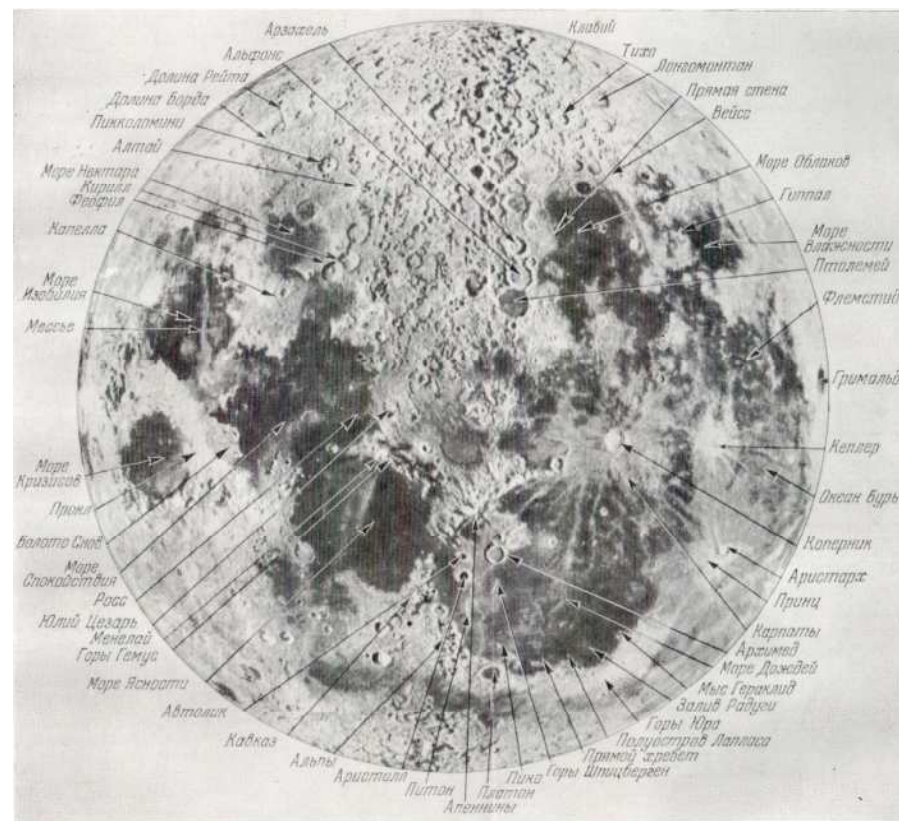


Рис. 155. Фотографическая карта Луны. Вид в телескоп.

(Platon, Ptolemeý we ş. m.). Käbir kraterleriň golaýynda, radial ugurda çykýan, şöhleleri emele getirýän ýagty madda gözegçilik edilýär. Şöhleler toplumu Tiho krateriň töwereginde has ösendir. Aý relýefinde beýleki görnüşlerden belentlikleri, ýaryklary, okarajyklar ýaly çukurjyklary we kiçik kraterleri bellemek bolar. Aý relýefiniň görnüşleriniň gurluşlarynda we ýerleşişlerinde kesgitli kanunalaýyklygy bellemek mümkindir. Mysal üçin, deňizler giňligi (ini) 60° töweregi bolan, merkezi çyzygy bolsa uly aýlaw boýunça gidýän, nädogry görnüşli guşak emele getirýändir. Ol Aý ekwatorна 23° ýapgytdyr. Materiklerde diňizlere görä kraterler we sirkler örän köpdür. Halka şekilli daşky belentligiň we merkezi belentligiň umumy göwrümi krateriň düýbünü emele

Bilşimiz ýaly onuň öz okunyň daşyndan aýlanma periody Ýeriň töwereginde aýlanma periodyna deňdir. Diňe librasiýa hadysasy sebäpli Aýyň üstüniň ýarysyndan köpräk bölegini görüp bolýandyr. Bular ýaly görnüşli aýlanma *sinhron* diýilýär.

Aý üstüniň iri detallary–“deňizler” we uly *daglar* guralysyz, ýöne göz bilen hem görmek mümkindir. Islendik teleskop, görüş turbasy ýa-da dürbi bilen Aý relýefiniň özboluşly görnüşine gözegçilik edip bolýar. Ilkinji bolup Aýa teleskoply Galileý gözegçilik edipdir. Ol Aý üstüniň garamtyl bolup görünýän uly böleklerini deňizler diýip atlandyrypdyr. Aý deňizlerinde suwuň ýoklugyna garamazdan, bu atlandyрма taryhy saklanyp galandyr.

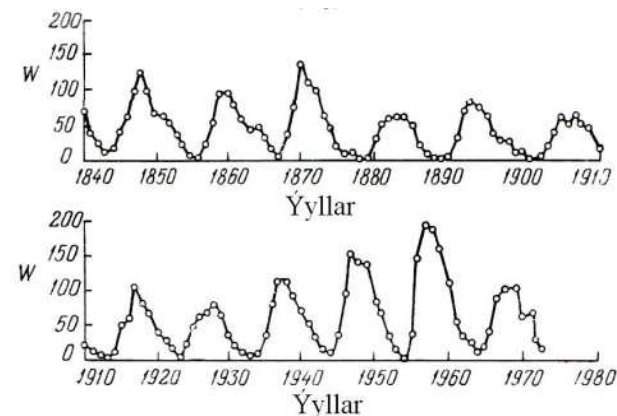
146-njy çyzgyda Aý üstüniň kartasy getirilen, onuň kömegi bilen Aý relýefiniň özboluşly aýratynlyklary bilen tanyşyp bolýar. Aý üstüniň uly, ýagty, *materikler* diýip atlandyrylýan bölekleri onuň görünýän diskiniň 60 %-ini tutýar. Üstüniň galan 40 %-i deňizler, tekiz ýylmanak bölekleridir. XVII asyrdan olara Asudalyk deňzi, Ýagyşlar deňzi, Tupanlar Okeany we ş. m. atlar dakylandy. Ýer üstüniň relýefine meňzeşlikde Aýyň üstünde aýlaglar, köller diýip atlandyrylýan ýerleri bardyr.

Materikleri dag gerşleri kesip geçýändir. Olar esasan hem deňiz kenarlarynyň ugry boýunça ýerleşendirler. Aýdaky dag gerşlerine Ýerdäki dag gerşleriniň atlary dakylandy: Kawkaz, Alplar, Altaý.

Aý relýefiniň iň häsiýetli görnüşleriniň biri *kraterler*dir. Aý krateri içinde tekiz bölegi (düýbi) ýerleşen, halka görnüşli belentlikden ybaratdyr. Tekiz böleginiň merkezinde bolsa, merkezi belentlik ýerleşendir. Onuň beýikligi daşky halka görnüşli belentlikden pesdir. Iň uly kraterleriň diametri 100 km-e çenli ýetýändir. Uly kraterlere alymlaryň atlary dakylandy. Olaryň käbirleri 147-nji we 148-nji çyzgylarda görkezilen. Ownuk kraterleriň sany örän köpdür. Amerikan “Reýndjer” stansiýalar tapgyrynyň 1 km aralykdan alan fotosuratlarynda diametri 1 metr töweregi bolan kraterler aýdyň görünýärler (149-njy çyzgy).

Kraterlere meňzeş, ýöne merkezinde belentligi bolmadyk emele gelmelere *sirk* diýilýär. Içki tekiz bölegi, ýagny düýbi garamtyl bolanda (deňizlere meňzeş) sirklere *krater deňizleri* diýilýär. Sirklere hem kraterler ýaly alymlaryň atlary dakylandyr

polýuslary aýlanma polýuslarynyň ýakynynda ýerleşen, Günün umumy magnit meýdanynyň polýarlygy hem üýtgeýändir.



139-njy çyzgy. Wolfyň sanynyň wagta görä üýtgemesi.

Günün esasy häsiýetnamalary bolan: fakelleriň we flokkulalaryň Günün üstüniň meýdanynyň näçe bölegini tutýanlygy, lowurdamalaryň ýygylgy, protuberanesleriň sany, şeýle hem täjiň görnüşi we Gün şemalynyň kuwwaty hem onbirýyllyk gaýtalanma döwrüne eýedirler.

Gün tegmilleriniň minimumy döwründe täjiň süýnmek görnüşi bardyr. Oňa bu görnüşi ekwatora tarap egrelýän uzyn şöhleler berýärler. Polýuslarda bolsa häsiýetli gysga şöhleler–“polýar çotgajyklar” gözegçilik edilýär. Tegmilleriň maksimumy wagtynda, köp sanly göni radial şöhleleriň hasabyna, täjiň tegelek görnüşi bardyr.

Gün işjeňliginiň aýlawynyň sebäbi–Günün iň gyzykly syrlarynyň biridir. Ol esasan hem fotosferadan aşaky gatlaklarda bolýan, magnit meýdanynyň işjeň gatnaşýan, käbir yrgyldyly proses bilen baglanyşyklydyr. Bir çaklamalara görä, fotosferada mydama gözegçilik edilýän, Günün gowşak magnit meýdany, magnit meýdanynyň güýç çyzyklaryny “bulaşdyrýan”, konwektiv hereketleriň netijesinde periodiki güýçlenýändir. Ýene bir çaklama görä magnit meýdany, dürli geliogeografik giňliklerde aýlanma tizliginiň dürli bolany üçin güýçlenýändir. Onuň netijesinde

meridional güýç çyzyklary ekwatora parallelde süýnýärler we Günüň daşyndan aýlanyp, magnit meýdanyň güýç çyzyklarynyň turbajyklarynyň emele gelmegine getirýärler. Güýçli magnit meýdanly ýerler magnit basyşynyň täsiri netijesinde giňelýärler, gurşap alan gazdan ýeňil bolýarlar, ýokaryk çykyp, Gün işjeňliginiň dürli hadysalaryny döredýärler.

polýar şapak görnüşinde gözegçilik edilyän, şöhlelenmäni oýandyryan goşmaça ionlaşmany döredýär.

Geofizikanyň bu ýerde seredilen köp meseleleri goşmaça barlaglary we anyklamalary talap edýändir. Emma muňa garanzadan Ýer baradaky bilimlerimiz beýleki planetalar öwrenilende olaryň tebigatyna düşünmekde “nusga” görnüşde wajypdyr.

§124. Aý

Aý Ýere iň ýakyn asman jisimidir. Onuň radiusy *1738 km*, Ýerden ortaça uzaklygy *384400 km*. Aýyň massasy Ýeriň massasyndan *81,3* esse azdyr, onuň üstünde agyrylyk güýjüniň tizlenmesi

$$g = \gamma \frac{M}{R^2} = 163 \text{ sm} / \text{s}^2$$

deňdir, ýagny Ýerdäkiden takmynan 6 esse kiçidir. Aýyň üstünde parabolik tizlik

$$g_p = \sqrt{2gR} = 2,38 \text{ km/s}$$

deňdir, ýa-da Ýerdäkiden 4,6 esse kiçidir. Ýere ýakyndygy, agyrylyk güýjüniň we üstünde parabolik tizligiň kiçiligi sebäpli, Aýyň üstüne kosmos gämisini gondurmak, şeýle hem onuň üstünden uçurmak oňnositel ýönekey amala aşyrylyp biliner. Şonuň üçin Aý—üstüne kosmonawtlar gonan ilkinji we ýeke-täk tebigy asman jisimidir (1969-njy ýyl, N. Armstrong we E. Oldrin).

Aýyň massasynyň Ýeriň massasyna bolan gatnaşygy (1/81,3) beýleki planetalaryň hemralarynyň degişli gatnaşyklary bilen deňeşdirilende örän uludyr. Tertip boýunça indiki orny Neptunyň hemrasy Triton eýeleýändir, ýöne onuň massasy planetanyň massasyndan 700 esse kiçidir. Şonuň üçin Ýer-Aý sistemasyny goşa planeta diýip hasaplamaga esas bardyr. Aýyň ýene bir aýratynlygy orta dykzlygynyň ($3,3 \text{ g/sm}^3$) oňnositel kiçiligidir, ýagny Ýeriň orta dykzlygyndan ($5,5 \text{ g/sm}^3$) bir ýarym esse kiçidir.

Aýyň öz okunyň daşyndan aýlanmasyny §72-de beýan edipdik.

güýçli çeşmesiniň täsiri netijesinde üýtgesidir. Güýçli magnit tupanlarynyň Gün diskiniň merkeziniň ýakynlarynda tegmilleriň uly toparlarynyň bar wagtlary bolýandygy anyklanylýar. Ýöne soňky geçirilen gözegçilikler magnit tupanlarynyň tegmiller bilen däl-de, tegmilleriň toparlarynyň ösýän döwürleri döreýän Gün lowurdamalary bilen baglanyşyklydygyny ýüze çykardy.

Lowurdamanyň „gaty“ şöhlelenmesi, akymlaryň ýüze çykmagyny döredýän we Ýeriň umumy magnit meýdanynyň tolgunmasyny ýüze çykarýan, ionosferada ionlaşmanyň çüört-kesik goşmaça ulalmasyny döredýär. Lowurdamalar wagtynda esasan hem rentgen şöhleleriniň has gaty düzüjileri güýçlenýär, olar bolsa ionosferanyň esasan hem D gatlagynyň ionlaşmasyny ulaldýar (5-10 esse). Gatlak gysga, 100 m çenli tolkun uzynlygy bolan radiotolkunlary güýçli siňdirýär we kilometr uzynlykly tolkunlary bolsa serpidirýär. Bularyň birinjisi gysga radiotolkunlarda radioaragatnaşygy bozýar, ikinjisi bolsa uzyn tolkunlaryň uzaklara ýaýramagyny üpjün edýär.

Lowurdamalar bilen baglanyşykly bolan Günün korpuskulýar şöhlelenmesi magnit tupanyny we polýar şapagyny döredýär.

Adatça 1000 km/s töweregi tizlik bilen hereket edýän korpuskulýar akym Ýeriň üstüne hromosferada lowurdama gözegçilik edilenden bir gün soň gelip ýetýär. Korpuskulýar akym-ionlaşan gazyň magnit güýç çyzyklarynyň keseligine bolan hereketlerine päsgelçilik görnüşinde Ýeriň magnit meýdany tarapyndan tormozlanýan, örän çalt hereket edýän plazmadyr. Şunlukda korpuskulýar akym, magnit güýç çyzyklaryny deformirläp, ýagny Ýeriň magnit meýdanynyň tolgunmalaryny—magnit tupanlaryny döredip, togtatýar.

Korpuskulýar akymlaryň bölejikleri Ýeriň magnit meýdanynyň täsirine düşýärler we daşky radiasiýa guşagyny doldurýarlar. Polýar çäklerde bölejikleriň magnit meýdanyň täsirine düşmegi üçin şertler amatly däl. Bu ýerde elektronlar we protonlar güýç çyzyklarynyň ugruna spiral boýunça hereket edip, korpuskulýar akymlara degişli pes energiýalarda atmosfera aralaşyp bilýärler. Atmosferanyň ýokarky gatlaklarynda korpuskulýar akymlaryň bölejikleri radiotolkunlaryň ýaýrama şertlerini üýtgedýän we

IX bap. GÜN SISTEMASY

§121. Umumy maglumatlar

Günün töwereginde häsiýetnamalary boýunça tapawutlanýan örän köp jisimler aýlawly hereket edýändir. Gün sistemasynyň düzümine planetalar we olaryň hemralary, asteroidler (kiçi planetalar), kometalar, meteor akymlary, meteor jisimleri, planetaara gaz girýändir.

Merkuriý, Wenera, Mars, Ýupiter we Saturn gadymy döwürlerden bellidir. Uran planetasy W. Gerşel tarapyndan 1781-nji ýylda açylandyr. 1846-njy ýylda 8-nji planeta Neptun açylandyr. 1930-njy ýylda amerikan astronomy K.Tombo negatiwlerde 15^m ýyldyz ululygy bolan, haýallyk bilen hereket edýän, ýyldyz şekilli obýekti kesgitleýär. Bu obýekt dokuzynjy, ýagny Pluton planetasydyr. Tombo köp ýyllaryň dowamynda Plutondan aňyrdan planetalaryň gözleglerini dowam etdirip, ekliptikadan $\pm 7^0,5$ guşaklykda we 18^m ýyldyz ululygyndan ýiti hiç hili planetanyň ýokdugyny kesgittäldir.

2006-njy ýylyň awgustynda Halkara maslahatynda “planeta” adalgasy kesgitlenende, astronomlar Plutony planetalaryň hataryndan çykardylar.

Ýeriň hemrasy Aý asmanda Günden soň has gowy görünýän asman jisimleriniň biridir. Galileý Ýupiteriň daşynda hem hemralarynyň aýlawlar boýunça hereket edýändiklerini kesgittäldir. Ondan soň Saturnyň, Marsyň, Uranyň, Neptunyň hemralary açylandyr. Hemralaryň gözlegleri we açyşlary häzirki günlere çenli dowam edýändir. Täze asteroidleriň we kometalaryň açyşlary her ýyl diýen ýaly bolýandyr.

Merkuriý, Wenera, Ýer we Mars planetalary fiziki häsiýetnamalary boýunça Ýupiter, Saturn, Uran we Neptun planetalaryndan düýpli tapawutlanýandyrlar. Planetalar iki topara bölünýärler. Birinji topara Merkuriý, Wenera, Ýer we Mars planetalary degişlidir we bulara Ýere meňzeş planetalar diýilýär. Ikinji topara Ýupiter, Saturn, Uran we Neptun planetalary degişlidir we olara äpet planetalar diýilýär. Ýere meňzeş planetalar

öwrenilende alynýan maglumatlar Ýere degişli maglumatlar bilen deňeşdirilýär. Marsyň, Ýupiteriň we Saturnyň disklerinde gözegçiliklerde görünýän gyzykly detallar köpdür. Olaryň bir topary planetalaryň üstlerine degişli bolsa, galanlary olaryň atmosferalaryna degişlidir. Öňler bu detallara gözegçiliklere uly üns berilipdir, sebäbi bu gözegçilikler planetalaryň tebigaty barada maglumat almagyň ýeke-täk usuly bolupdyr. Emma Ýerden gözegçilik edilende atmosferanyň sandyramalary sebäpli, has güýçli teleskoplaryň ulanylmagyna garamazdan, şekilleriň hilini çäksiz ýokarlandyryp bolmaýar. Burç boýunça çözüp bilijilik ukybynyň ($0'', 2-0'', 3$) çägi, baryp geçen asyryň başynda ýetilendir. Soňky döwürlerde planetalaryň disklerindäki detallara gözegçilikler diňe olaryň üýtgeýişlerini bellige almak üçin geçirilýär. Öňki gözegçilik edilýän detallardan has inçe detallary tapmak, ýüze çykarmak üçin kosmos apparatlarynda oturdylan fototelewizion kameralaryň kömegi bilen planetalaryň üstleri surata düşürilip, öwrenilýär. Bu usullar bilen alnan şekillerde, Ýerden gozegçilik edip bolýan detallardan ýüzlerçe esse ownuk detallary görmek bolýar. Planetalaryň üstlerini we atmosferalaryny öwrenmekde astrofiziki usullar—ultramelewşe we infragyzyl çäkleri öz içine alýan, dürli tolkun uzynlyklarda spektroskopik we fotometrik, şeýle hem radioastronomik barlaglar örän wajyp orun eýeleýändirler. Şunlukda ölçegler Ýeriň üstünde ýerleşen teleskoplaryň, şeýle hem uçup geçýän we planetaara orbital stansiýalarda ýerleşdirilen enjamlaryň kömegi bilen geçirilýändir. Planetaara stansiýalaryň ulanylmaklygy planetalary has takyk öwrenmäge uly mümkinçilikleri döredýär. Planetalaryň üstlerine gonýan apparatlar olaryň atmosferalarynyň we üstleriniň gös-göni fiziki-himiki häsiýetlerini öwrenmäge mümkinçilik berýärler. Aýyň üstünde barlaglar hereket edýän çylşyrymly awtomatlaryň (“Lunahod”) we onuň üstüne düşürilen astronawtlaryň kömegi bilen geçirilendir. Gün sistemasynyň planetalaryna we Aýa awtomatik planetaara stansiýalaryň uçurylmany netijesinde olar baradaky düşüňjelerimiz giňelýändir.

Kosmos apparatlarynyň uçuşlary planetalary öwrenmekde esasy ugurlaryň biridir. Ýöne oňa garamazdan Ýer üstündäki

häsiýetnamalary wagta görä örän çalt üýtgeýärler.



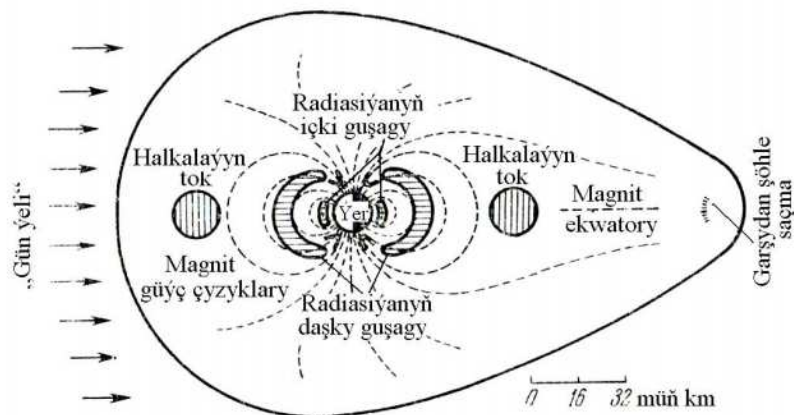
145-nji çyzgy. Polýar şapagy.

Polýar şapaklarynyň spektri emission çyzyklardan we zolaklardan ybaratdyr. Şapaklaryň spektrinde gijeki asmanyň käbir emission çyzyklary, ilki bilen kislorodyň ýaşyl we gyzyly, ýagny degişlilikde tolkun uzynlyklary $\lambda=5577\text{Å}$ we $\lambda=6300\text{Å}$ bolan çyzyklary güýçlenýärler. Intensiwlige boýunça bu çyzyklaryň biriniň beýlekisinden birnäçe esse güýçli ýagdaýlary hem bolýar we ol şapagyň reňkiniň ýaşyl ýa-da gyzyly bolmagyny kesgitleýär.

Magnit meýdanynyň tolgunmalary Ýer üstüniň polýar çäklerinde radioaragatnaşygyň bozulmalaryna getirýär. Radioaragatnaşygyň bozulmalarynyň sebäbi ionosferanyň üýtgemesidir, ýagny magnit tupanlary wagtynda ionlaşmanyň

derňelende haýsy ululykdaky energiýaly we nähili bölejikleriň hasaba alynandygyna baglydyr. 50 000—60 000 km beýikliklerde üçünji radiasiýa guşagy, ýa-da 200 eV energiýaly elektronlardan ybarat bolan, tok güýji 10^7 A deň halkalaýyn elektrik akymy ýerleşendir.

Ýeriň magnit meýdanyna hereket edýän, zarýadlanan bölejikler bilen doldurylan, Ýere ýakyn giňişligiň bölegine *magnitosfera* diýilýär (144-nji çyzgy). Ol planetaara giňişlikden *magnitopauza* bilen bölünendir.



144-nji çyzgy. Magnitosfera

Korpuskulýar akymalaryň barlygy emeli hemralaryň eýýamy başlamazdan öň hem belli bolupdyr. Ýeriň magnit meýdanynyň gysga wagtlaýyn üýtgemelere sezewar bolýanlygy baryp XVIII asyrdan belli bolupdyr. Magnit gyşarmasy we ýapgytlygy käwagt birnäçe sagadyň dowamynda üýtgeýärler we yrgyldaýarlar, soňra bolsa, ilkişadaky ýagdaýyna gaýdyp gelýärler. Bu hadysa *magnit tupany* diýilýär. Magnit tupany köplenç duýdansyz we ähli ýerde birwagtda başlanýar.

Ýokary giňliklerde magnit meýdanynyň tolgunmalary wagtynda *polýar şapagyna* gözegçilik edilýär (145-nji çyzgy).

Polýar şapagy birnäçe minudyň, köplenç bolsa, birnäçe sagadyň dowamynda görünýär. Polýar şapaklary görnüşi, reňki we intensiwligi boýunça güýçli tapawutlanýarlar, özi hem bu

astronomik obserwatoriýalardaky geçirilýän gözegçilikler wajyplygyny ýitirýän däl we planetalary öwrenmekde täze maglumatlary almaga mümkinçilik berýändir. Planetalary öwrenmek diňe astrofizikanyň wezipesi bolman, oňa öz goşandyny geofizika, geohimiýa, geologiýa ylymlary goşýandyr we bu ylymlaryň astronomiýa bilen sepleşýän ýerinde täze ugurlar (planetalaryň fizikasy, planetalaryň himiýasy, planetologiýa) döreýändir.

§122. Ýer

Ýer Gün sistemasynyň beýleki planetalary bilen deňeşdirilende has gowy öwrenilendir. Şonuň üçin olara geçmezden öň Ýeriň fiziki häsiýetnamalaryna seredip geçeliň. Ýeriň daşky görnüşi, massasy, orbitasy boýunça hereketi, öz okunyň daşynda aýlanmasy ýaly soraglary öň öwrenip geçdik. Biz bu ýerde Ýeriň içki gurluşyna, onuň atmosferasynyň gurluşyna, atmosfera bilen planetaara giňişligiň araçägindäki fiziki şertleri baradaky maglumatlara seredip geçiris.

Litosfera we gidrosfera. Ýeriň fiziki gurluşyna wertikal boýunça seretsek, onda onuň birnäçe konsentrik sferik ýa-da sfera ýakyn gabyklardan ybaratdygyna göz ýetirmek mümkindir. Iň daşky gabygy—gaz *atmosfera*, soňra bolsa suwuk gabygy—*gidrosfera* gelýär. Gidrosfera Ýeriň esasy massasy jemlenen *litosferany* bölekleyin ýapýandyr. Litosfera we atmosfera öz gezeginde fiziki häsiýetleri boýunça tapawutlanýan birnäçe gatlaklara bölünýändir.

Ilki bilen litosfera seredeliň. Onuň häsiýetleriniň çuňluk boýunça üýtgeýşine seredeliň. Ýeriň üstünde ýerleşip, onuň içki gurluşy barada bilmek mümkin däl ýaly bolup görünýär. Sebäbi aşa çuň guýularyň (skwažinalar) çuňlugy hem onlarça kilometrden çuň däl. Ýeriň radiusy bilen deňeşdirilende guýularyň çuňlugy örän kiçidir.

Emma oňa garamazdan häzirki döwürde litosferanyň gurluşy barada ýeterlik maglumat toplanandyr. Bu maglumatlary esasan

hem Ýerin inersiýa momenti we Ýer titremeleri berýär. Ýeriň orta dykzlygy $5,5g/sm^3$ deňdir. Bu bolsa onuň üstki jynslarynyň dykzlygyndan ($3g/sm^3$) iki esse töweregi uludyr. Diýmek, çuňluk boýunça dykzlyk ulalýan bolmalydyr. Dykzlygy merkezine tarap artýan şaryň inersiýa momenti dykzlygy birhilli şaryň inersiýa momentinden kiçidir. Massa merkeze näçe köp jemlenen bolsa, inersiýa momenti şonça kiçidir. Ýeriň inersiýa momentini gije-gündiz deňleşme nokatlarynyň presessiýasynyň tizligi boýunça kesgitlemek bolýandyр. Ol birhilli şaryň inersiýa momentiniň

0,83-e deňdir. Munuň özi eýýäm massasynyň merkeze konsentrirenme (jemlenme) derejesine kesgitli çäklendirmeleri girizýär, ýagny ol has uly ýa-da has kiçi bolup bilmeli dälдir.

Ondan aňyrky takykklamalary *seýsmologiýanyň*—Ýer titremeleri baradaky ylmyň kömegi bilen alynýar. Ýer titremeleri wagtynda, şeýle hem güýçli partlamalar döwründe, litosferada, Ýeriň has çuň gatlaklaryna çenli ýetýän, seýsmiki tolkunlaryň ýaýraýandygy kesgitlenendir. Bu tolkunlar seýsmograflaryň, ýagny topragyň yrgyldylaryny ýazýan guralyň kömegi bilen bellige alynýar.

Seýsmiki tolkunlar iki hilidir: boý we kesedir. Boý tolkunlarda bölejikler tolkunyň ýaýraýan ugry boýunça süýşýärler (ses tolkunlaryndaky ýaly), kese tolkunlarda bolsa ýaýrama ugruna perpendikulýar süýşýärler. Boý tolkunlarynyň tizligi kese tolkunlaryňkydan uludyr. Seýsmiki tolkun bölünme araçäğine gabat gelende onuň serpikmesi we döwürleşmesi bolýar.

Seýsmiki yrgyldylary Ýer üstüniň dürli nokatlarynda gozegçilik edip we tolkunlaryň dürli görnüşiniň aralygy geçmek üçin sarp eden wagtyny bilip, Ýeriň häsiýetnamalarynyň üýtgeýän araçäginiň cuňlugyny we üýtgemäniň ululygyny kesgitläp bolýar. Kese tolkunlar suwuklykda ýaýrap bilmeýändirler, sebäbi suwuklyk keseligine süýşmeklige garşylyk görkezmeýär. Şonuň üçin kese tolkunlaryň bolmagy litosferanyň uly çuňluklara çenli gatydygy barada habar berýär. Emma geçen asyryň başynda, 3000 km çuňlukdan başlap kese tolkunlaryň ýaýrap bilmejekdikleri subut edilendir. Bu ýerden şeýle netije çykarylýar: litosferanyň

silindriň radiusy (larmor radiusy diýilýär) şonça uludyr. Eger larmor radiusy Ýeriň radiusyndan köp kiçi bolsa, onda bölejik Ýere ýetmeýär. Bölejik Ýeriň magnit meýdanynyň täsirine düşýär. Eger larmor radiusy Ýeriň radiusyndan köp uly bolsa, onda bölejik magnit meýdany ýok ýaly hereket edýär. Hasaplamalar, eger bölejikleriň energiýalary $10^9 eW$ uly bolsa, onda olaryň Ýeriň magnit meýdanynyň ekwatora ýakyn çäklerde geçýändiglerini görkezýär. Bular ýaly bölejikler atmosfera aralaşyp, onuň atomlary bilen çakyşanlarynda ikilenç kosmiki şöhleleriň kesgitli mukdaryny berýän, ýadro özgertermelerini döredýär. Bu ikilenç kosmiki şöhleleri Ýeriň üstünde bellige alynýar. Kosmiki şöhleleri olaryň başlangyç görnüşlerinde öwrenmek üçin (başlangyç kosmiki şöhleleri) enjamlary raketalarda we Ýeriň emeli hemralarynda ýerleşdirýärler. Ýeriň magnit ekranyny “böwsüp” geçýän güýçli bölejikleriň 99%-i galaktiki gelip çykyşy bolan kosmos şöhleleridir we diňe 1% töweregi Günde emele gelýändir.

1958-nji ýylda kosmiki şöhleleri öwrenmek üçin niýetlenen enjamlar (Geýgeriň hasapçysy we ssintillýasion hasapçy) Ýeriň emeli hemralarynda uçurylanda, öwrenijiler garaşylmadyk hadysa gabat geldiler: enjamlar Ýeriň ýakyn töwereginde güýçli bölejikleriň örän uly dykzlyklaryny görkezýär. Bu hadysa doly düşünilmänligi üçin ol soňky ýyllarda hem öwrenilendir. Ýeriň magnit meýdanynyň güýçli bölejikleriň, ýagny elektronlaryň we protonlaryň ummasyz sanyny saklaýandygy anyklanandyр. Olaryň energiýasy we konsentrasiýasy Ýere çenli aralyga we geomagnit giňlige baglydyр. Bölejikler Ýeriň geomagnit ekwatoryny gurşap alan äpet halkalary ýa-da guşaklary doldurýarlar.

Iki sany radiasiýa guşagy anyklanandyр. Içki guşak energiýasy takmynan $10^8 eW$ bolan protonlardan we energiýasy 20-500keW bolan elektronlardan ybaratdyр. Ol 2400 km beýiklikde başlap 5600 km beýiklikde gutarýandyр we $\pm 30^\circ$ giňlikleriň aralygynda ýerleşendir.

Radiasiýanyň daşky guşagy 12000 km-den—20000 km-e çenli beýiklikleriň aralygynda ýerleşendir, kiçi energiýaly elektronlardan we protonlardan ybaratdyр. Guşaklar düşüňjesi belli bir derejede şertlidir, olaryň ölçegleri we araçäkleri ölçegler

Şu üýtgemeler bilen baglylykda paleomagnetizm hadysasy uly gyzyklanma döredýändir. Bu hadysa lawa sowanda we gatanda gowşak magnitlenmesini saklap galmagydyr, özi-de meýdanyň ugry material dörandäki ugruny üýtgetmeýär. Bular ýaly nusgalaryň magnit meýdanlaryny tejribehanalarda öwrenip, gadymy döwürde magnit meýdanynyň nähili bolany kesgitlemek bolýar. Bu usulyň ulanylmagy örän gyzykly netijeleri almaga mümkinçilik berýär. Mysal üçin, Ýeriň magnit meýdany geçmişde alamatyny üýtgedipdir.

Ýeriň we beýleki planetalaryň magnit meýdanlarynyň döremegi dinamo-mehanizm bilen bagly bolmaly diýip hasaplanýar. Magnit meýdany suwuk ýadroda gidrodinamik hereketleriň netijesinde döreýär diýip çak edilýär. Suwuk ýadroda maddanyň temperaturasy örän ýokarydyr (birnäçe mün gradus) we ol ýeterlik geçirijilige eýedir. Eger ýadro haýsy hem bolsa başlangyç magnit meýdanyna eýe bolsa (goý, başda örän gowşak bolsun), onda bu meýdan geçiriji maddanyň akymy bilen kesişende elektrik akymy (togy) döreýär. Elektrik akymy magnit meýdanyny döredýär. Akymlyň amatly geometriýasy bolan ýagdaýynda ol başlangyç meýdany güýçlendirip bilýär, bu bolsa akymy güýçlendirer. Güýçlendirme prosessi tä elektrik akymynyň ulalmagy bilen Joule ýylylygyna artýan ýitgiler gidrodinamiki hereketleriň hasabyna gelýän energiýanyň akymy bilen deňleşýänçä dowam eder.

Ýeriň magnit meýdany onuň töweregindäki planetaara giňişlikde hereket edýän zaryadly bölejiklere güýçli täsir edýär. Bu bölejikleri iki topara bölmek bolýandyr. Olaryň biri *kosmiki şöhleler*, ýagny ýagtylygyň tizligine golaý tizlikler bilen, esasan hem Galaktikanyň beýleki böleklerinden gelýän elektronlar, protonlar we agyr elementleriň ýadrolarydyr. Ikinji topara bolsa *korpuskulýar akym*, ýagny Günden zyňylýan elektrik bölejikleriň akymy degişlidir. Magnit meýdanynda zaryadly bölejikler spiral boýunça hereket edýärler. Bölejigiň traýektoriasy oky boýunça güýç çyzyklary geçýän, silindriň daşyna saralýan ýalydyr. Bu göz önüne getirilýän silindriň radiusy meýdanyň güýjenmesine we bölejigiň energiýasyna baglydyr. Bölejigiň energiýasy näçe uly bolsa, meýdanyň berlen güýjenmesinde göz önüne getirilýän

içki bölegi, (ergin) erän ýagdaýda bolan, *ýadrony* emele getirýär. Has soňraky geçirilen barlaglaryň netijesinde ýadronyň iki zolaga: gaty ýagdaýda bolmagy ähtimal bolan *içki ýadro* (radiusy takmynan 1300 km) we suwuk görnüşde bolan *daşky ýadro* (radiusy takmynan 3400 km) bölünýär. Gaty gabyk hem birhilli däl, onda hem takmynan 40 km çuňlukda curt-kesik bölünme üsti bardyr. Bu araçäge *Mohorowiçiň üsti* diýilýär. Mohorowiçiň üstünden ýokarky bölege *gabyk*, aşaky bölegine bolsa *mantiýa* diýilýär. Edil gabyk ýaly, mantiýa hem, lawalar ýerleşen aýry-aýry “jübilerden” başga ýerleri gatydyr. Mantiýanyň dykzlygy çuňluk boýunça Mohorowiçiň üstünde $3,3\text{g/sm}^3$ -dan başlap ýadronyň araçäginde $5,2\text{g/sm}^3$ -a ýetýändir. Ýadronyň araçäginde dykzlyk çürt-kesik, böküş görnüşli artýar we $9,4\text{g/sm}^3$ -a çenli ýetýär. Ýeriň merkezinde dykzlyk $14,5\text{g/sm}^3$ -dan 18g/sm^3 -a çenli çäklerdäki baha eýedir. Mantiýanyň esasy çägendäki basyş 1300 000 atm-a deňdir. Tejribe üsti bilen bular ýaly basyş almak başardýan däl. Uzak wagtlap ýadro erän demirden ybarat diýen çaklama dogry hasaplanylýpdyr. Häzirki çaklamalara göre onuň düzümi mantiýanyň düzümine (kremniýniň, magniýniň, demiriň okislerinden ybarat hasaplanylýar) meňzeş diýip hasaplanylýar, fiziki häsiýetnamalarynyň tapawutlary örän ýokary basyş bilen baglanyşyklydyr.

Şahtalara aşaklygyna düşülende temperaturanyň örän çalt ýokary galýandygy, ýagny her km-de 20 gradus artýandygy anyklanandyr. Eger-de temperatura çuňluk boýunça şu depginde artýan bolsa, onda onuň ululygy Ýeriň merkezinde 100 000K-den uly bolardy. Emma belli bolşy ýaly, mantiýa gaty ýagdaýdadyr, diýmek, onuň temperaturasy hiç bir ýerinde ereme nokadyndan ýokary bolup bilmeýär. Bu bolsa mantiýanyň aşaky araçägendäki temperaturanyň ýokary çäginin 5000K-den uly dälidigini görkezýär. Ýeriň merkezindäki temperatura bolsa, 10000K-den ýokary bolmaly däl. Ýeriň merkezine ýakynlaşyldygyça temperaturanyň çuňluk boýunça artma depgininiň peselýändigini sebäpli, ýylylyk çeşmesi litosferanyň daşky böleklerinde, mantiýada ýerleşen bolmagy has ähtimaldyr. Mantiýanyň

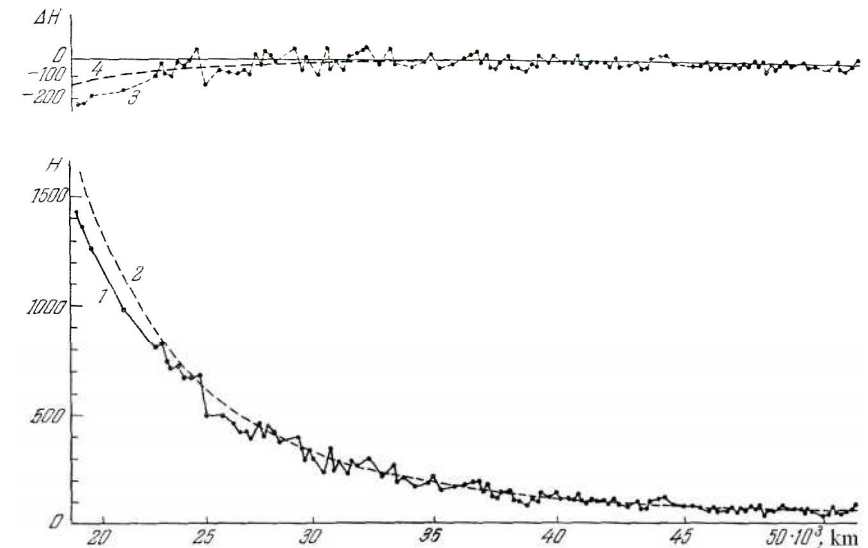
gyzdyrylmagynyň göz önüne getirip bolýan ýeke-täk çeşmesi radioişjeň dargamadyr. Mantiýanyň käbir ýerlerinde temperatura ereme nokadyndan ýokarydyr, şol ýerlerde bolsa lawalar jübileri emele getirýärler. Lawalaryň ýerleşen jübilerinde bolýan fiziki hadysalar bilen wulkanlar we Ýer titremeleri baglanyşyklydyr diýip hasaplanylýar.

Gabygyň hem birhili bolmadyk düzümi bardyr. Gury Ýer üstünden tapawutlylykda, okeanlaryň çöket ýerlerinde gabygyň galyňlygy ýukalanýandyr. Häzirki döwürde gabyk gidrosfera we atmosfera bilen bilelikde wulkanlaryň işjeňligi, ýagny mantiýanyň içki gatlaklaryndan lawanyň, buguň we gazlaryň çogup çykmagy (zyňylmagy) netijesinde döräpdir diýip hasaplanylýar. Şeýle hem wulkanlaryň işjeňligi daglaryň emele gelmegine getirendir. Ýer gabygynyň ýaşy takmynan $4,5 \cdot 10^9$ ýyl diýip hasaplanylýar. Bu ululyk radioişjeň elementleriň we olaryň dargama önümleriniň otnositel mukdary boýunça hasaplanylandyr.

Ýer üstüniň 71%-ni gidrosferanyň esasy bölegini düzýän okeanlar tutýandyr. Ýer Gün sistemasynyň planetalarynyň arasynda gidrosferasy bolan ýeke-täk planetadyr. Gidrosferada suwuň sirkulýasiýasy (aýlanmasy) we onuň uly ýylylyk sygymy dürli giňliklerde klimatik şertleri deňlesdirýär. Gidrosfera atmosferany suw buglary bilen üpjün edýär. Suw buglary infragyzyň şöhlelenmäni siňdirýänligi üçin ýeterlik derejede parnik hadysasyny döredýär, bu bolsa Ýer üstüniň temperaturasynyň orta bahasyny takmynan 40°C ýokary göterýär. Bu hadysanyň fiziki manysy şeýledir. Energiýanyň tolkun uzynlygy boýunça paýlanyşynda maksimumy $0,55\text{mkm}$ bolan Günüň şöhlelenmesi Ýer atmosferasynda az siňdirilýär we Ýeriň üstüne ýetýär. Ýeriň üsti bu şöhlelenmäni siňdirip, infragyzyň tolkun uzynlyklarda gaýtadan şöhlelenendirýär. (Winiň kanunyna laýyklykda maksimumy 10mkm bolan, Ýeriň orta temperaturasy 290K degişli). Ýöne infragyzyň çäklerde suw buglary şöhlelenmäniň belli bir bölegini siňdirýär. Netijede Ýeriň temperaturasy, onuň daşynda suw buglaryndan ybarat bolan “köýnegi” bolmadyk ýagdaýyndakydan ýokary bolýar. Gidrosfera howa şertlerine başga usullar bilen hem täsirini ýetirýär. Ol tomsuna ýylylygyň köp

öwrenilende peýdalanylýar. Geomagnetit polýuslarynyň ýerleşşi wagtyň geçmegi bilen üýtgemeyär diýen ýalydyr. Demirgazyk geomagnetit polýusynyň geografik koordinatalary $\varphi = 78^{\circ},6$ demirgazyk giňlik we $\lambda = 70^{\circ},1$ günbatar uzaklyk hasaplanýar (Demirgazyk Grenlandiýa).

Meýdanyň güýjenmesi geomagnetit polýuslarda $0,63\text{ e}$ (ersted) ýetýär, geomagnetit ekwatorada bolsa, $0,31\text{ e}$ deňdir. Ýeriň emeli hemralary we kosmos raketalary Ýeriň magnet meýdanyny uzak aralyklarda öwrenmäge mümkinçilik berdi. 143-nji çyzgyda



143-nji çyzgy. Kosmos raketalarynda geçirilen ölçegler boýunça kesgitlenen magnet meýdanynyň güýjenmesiniň aralyga baglylygy.
1-ölçegler; 2-dipolyň meýdany üçin hasaplanan baglylyk;
3- ΔH , 1 we 2 tapawudy; 4- ýylmanan egri.

kosmos raketalarynda geçirilen ölçegler boýunça kesgitlenen magnet meýdanynyň güýjenmesiniň aralyga baglylygy görkezilendir. Ýeriň üstünden uzaklarda meýdanyň birhili dällikleri ýylmanýar we ol ekwiwalent dipolyň meýdanyna örän ýakyn bolýar.

Ýeriň magnet meýdany asyrylyk üýtgemelere sezewar bolýandyr. Üýtgemäniň tizligi we häsiýeti dürli geografik giňliklerde dürlidir.

güýçlenýär, sebäbi dagynyk serpigen ýagtylygyň ýitiligi λ^{-4} -e proporsionaldyr. Gündizki asmanyň reňkiniň mawy bolmagy şonuň bilen düşündirilýändir. Eger aşaky atmosferada aerozollar köp bolsa, onda asman agymtyk reňkde bolýar, sebäbi olaryň dagynyk serpikdirme ukyby tolkun uzynlygyndan gowşak baglydyr.

§123. Ýeriň magnit meýdany. Gün-Ýer arabaglanyşygy

Ýeriň magnit meýdanynyň täsiri netijesinde diliniň ugruny üýtgedýän kompas öz döwründe okeanlarda ýüzülende wajyp orun eýeländir. Sebäbi kompas islendik howa şertlerinde ugur kesgitlemäge mümkinçilik beripdir. Emma kompasyň erkin asylan dili takyk demirgazyk ugry görkezmän, demirgazyk magnit polýusa bolan ugry görkezýändir. Kompasyň diliniň ugry bilen demirgazyga hakyky uguryň aralygyndaky burça magnit gyşarmasy, güýç çyzyklary bilen gorizonta tekizligiň arasyndaky burça bolsa, ýapgytlygy diýilýär. Onuň in uly bahasy Ýeriň *magnit polýuslarynda* bolýar.

Magnit polýuslarynyň ýerleşen ýagdaýlary wagtyň geçmegi bilen üýtgeýärler. Demirgazyk magnit polýusy ýylda 5-6 km tizlik bilen üýtgeýändigini (dreýf) anyklanandyr. Ýeriň magnit meýdanynyň güýç çyzyklary käbir dipolyň güýç çyzyklaryna ýakyndyr. Diňe Ýer gabygynyň magnitlenen jynslary bolan ýerlerinde tapawutlanýandyr. Magnit meýdany Ýeriň magnit meýdanyna has gabat gelýän, göz önüne getirilýän dipola ekwiwalent magnit dipoly diýilýär. Ekwiwalent magnit dipolyň okuna geomagnit oky diýilýär. Geomagnit okuň Ýer üsti bilen kesime nokatlaryna geomagnit polýuslary diýilýär. Geomagnit polýuslary magnit polýuslary bilen gabat gelmeýär, sebäbi ekwiwalent dipolyň we Ýeriň magnit meýdany takyk gabat gelmeýärler. Geografik koordinatalara meňzeşlikde *geomagnit giňligi* we *uzaklygy* girizmek bolýar. Geomagnit koordinatalar sistemasy köplenç Ýeriň magnit meýdany bilen baglanyşykly bolan hadysalar, ýagny demirgazyk şapagy, magnit tupany

mukdaryny toplaýar we ýuwaşlyk bilen gyşyna yzyna gaýtarýar. Netijede pasyllar boýunça temperaturanyň üýtgemeleriniň uly bolmazlygyny üpjün edýär. Ondan başga-da ol ýylylygy ekwatorial çäklerden aram guşaklyklara, hatda polýar giňliklere çenli getirýär.

Ýeriň üstünde ýaşaýşyň döremeginde gidrosferanyň kesgitleýji, wajyp orny bardyr. Bilşimiz ýaly ýaşaýş okeanlarda dörändir we gury ýere geçýänçä birnäçe milliard ýyllar geçendir.

Atmosfera. Ýeriň atmosferasy litosfera bilen deňşdirenimizde has ýokarky gatlaklaryna çenli gowy öwrenilendir. Ýer atmosferasynyň ýokarky gatlaklaryny we onuň planetaara giňligi bilen araçäkleşýän bölegini has işjeň öwrenmeklik XX asyryň ikinji ýarymynda raketalary we Ýeriň emeli hemralaryny ulanmak arkaly ýerine ýetirilendir. Şonda alynan maglumatlar beýleki planetalaryň atmosferalary öwrenilende olara düşünmek üçin ulanylýar. Ýeriň atmosferasynyň deňiz derejesindäki himiki düzümi 8-nji tablisada getirilendir. Onuň esasy düzüjileri kislorod (20% töweregi) we azotdyr (80% töweregi). Ýeriň atmosferasynyň häzirki döwürdäki düzümi gabygyň emele gelýän, ýagny $4,5 \cdot 10^9$ ýyl mundan öňki döwürdäkidən ýeterlik tapawutlanýandyr. Kislorod ösümlikleriň ýaşaýş işjeňligi netijesinde emele gelendir diýip hasaplamak kabul edilendir. Ilkibaşda atmosfera düzüminde köp kömürturşy gazyny we az mukdarda kislorody saklan bolmaly diýip hasaplanylýar.

Ýeriň atmosferasynyň düzümindäki kislorodyň mukdary ösümlikler tarapyndan birnäçe müň ýyllaryň dowamynda işlenip çykarylan bolmaly. Kömürturşy gazyň atmosferadaky mukdary biologik prosesser bilen sazlanýlar, ol fotosintez netijesinde ýitýär, janly-jandarlar dem alanda bolsa, emele geýýär. Kömürturşy gazynyň tebigatda aýlaw döwri 35 ýyla deňdir. Azot organiki maddalaryny düzüminde bardyr we biosferada üýtgemelerin çylşyrymly aýlawyny geçýändir. Azodyň aýlaw döwri has uzakdyr we 108 ýyl töweregidir. Şeýlelik bilen biosfera—ösümlikler, janly-jandarlar, mikroorganizmler Ýeriň umumy häsiýetnamasy bolan atmosferanyň himiki düzümine düýpli täsirini ýetirýändir.

8-nji tablisa

Ýeriň atmosferasynyň himiki düzümi
(deňiz derejesinde)

Düzüjiler	Düzümdäki mukdary (göwrüm boýunça)
Azot, N ₂	78
Kislorod, O ₂	21
Kömürturşy gazy, CO ₂	0,03
Argon, Ar	0,93
Neon, Ne	$1,8 \cdot 10^{-3}$
Geliý, He	$5,2 \cdot 10^{-4}$
Kripton, Kr	$1,1 \cdot 10^{-4}$
Ksenon, Xe	$8,7 \cdot 10^{-6}$
Wodorod, H ₂	$5 \cdot 10^{-7}$
Metan, CH ₄	$1,5 \cdot 10^{-6}$
Azodyň okisi, N ₂ O	$5 \cdot 10^{-7}$
Wajyp düzüjiler: Suw bugy, H ₂ O Ozon, O ₃	0-2 $3 \cdot 10^{-6}$ - deňiz derejesinde, 1-den $3 \cdot 10^{-4}$ çenli - 20-30 km beýiklikde

140-njy we 141-nji çyzyklarda Ýeriň atmosferasynyň wertikal düzümi görkezilen. Atmosferanyň asaky gatlagy—*troposferadyr*. Troposferada temperatura beýiklik boýunça çalt pese düşýär (ortaça 6 grad/km). Onuň esasy sebäbi troposferanyň düzümindäki ýeterlik mukdardaky suw buglarynyň, Ýeriň üstüniň infragyzyň şöhlelenmelerini güýçli siňdirmegi netijesinde gyzmagydyr. Başgaça aýdanymyzda troposferanyň şöhle ýylylyk geçirijiligi azdyr, netijede onda temperaturanyň üýtgemesi güýçlidir. Ýer üstüniň şöhlendirýän ýylylygynyň belli bir bölegi troposferada konweksiya arkaly äkidilýär we şonuň üçin troposfera atmosferanyň *konwektiw zolagy* hem diýilýär. Troposferadan ýokarda *stratosfera* ýerleşýär. Stratosferada temperatura beýiklik

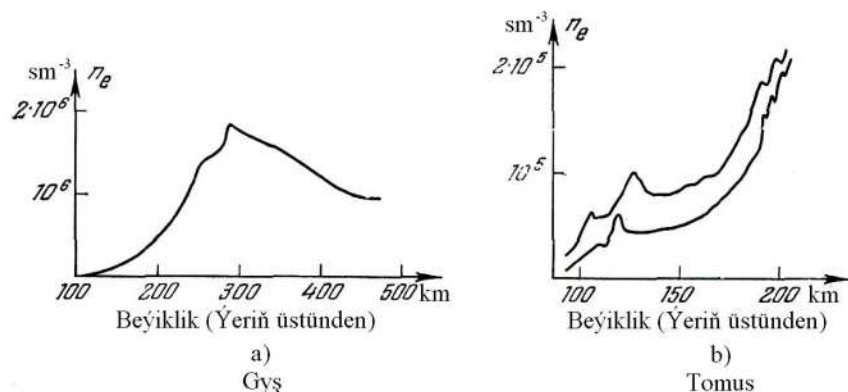
Gijeki asmanyň ýagtylanmasy Ýerden gözegçilik edip bolýan kosmos obýektleriniň minimal ýitilgini çäklendirýär. Gijeki asmanyň ýitilgi kwadrat gradusdan 4^m, ýa-da kwadrat sekundan 22^m ululyga deňdir.

Ýyldyzyň sandyramasynyň normal diskiniň radiusy 1^{''} töweregi bolany sebäpli, ýyldyz ululygy 22^m—den bir-iki birlik gowşak bolan ýyldyzlar gijeki asmanyň ýagtylanmasynyň fony sebäpli görünmez. Gijeki asmanyň ýagtylanmasynyň spektri örän çylşyrymlydyr. Ol üstünde köp sanly şöhlelenme çyzyklary ýerleşýän üznüksiz emissiýa spektridir. Has ýiti çyzyklaryň biri

$\lambda = 5777 \text{ Å}$ bolan ýaşyl, beýlekisi bolsa $\lambda = 6300 \text{ Å}$ bolan gyzyň çyzyklardyr. Bularyň ikisi hem kislorodyň atomyna degişlidir we gadagan çyzyklardyr. Takmynan $\lambda = 6000 \text{ Å}$ başlap 4mk çenli aralygy OH erkin gidroksil molekulasyň şöhlelenmesiniň güýçli zolaklarynyň toparlary tutýarlar. Ýokarky atmosferanyň ýagtylanmasyny gündizine raketlardan gözegçilik edilendir. Ýagtylanmanyň gündizine gijekiden köp esse güýçlidigi anyklanandyr.

Ýerden gözegçilik edilende gündizki asmanyň ýagtylanmasynyň ýitilgi gijekiden 10⁷ esse uludyr. Bu esasan hem Günüň ýagtylygynyň atmosferanyň aşaky gatlaklarynda dagynyk serpikmesi bilen baglanyşyklydyr. Dagynyk serpikdirme gaz molekulalary (releý dagynyk serpikmesi) we ölçegleri birnäçe mikron bolan, suwuk we gaty bölejikler, ýagny aerzollary tarapyndan amala aşyrylýar. Olar atmosferada gaýmalayan ýagdaýda uzak saklanmak üçin örän kiçi, Günüň ýagtylygyny güýçli dagynyk serpikdirmek üçin bolsa örän uludyr. Haçanda Gün ýaşan badyna aňsam alagaraňky düşýär. Şonda Gün şöhleleri atmosferanyň kesgitli beýikliginden ýokarysyny ýagtylandyrýarlar. Gün gözyetimden näçe aşak düşdigiçe atmosferanyň ýagtylandyrylyp başlanýan beýikligi şonça-da ulalýar, asmanyň ýagtylanmasy kiçelýär. Gün gözyetimden 18⁰ aşak düşende, atmosferanyň Gün şöhlelerini dagynyk serpikdirmesi duýulman başlaýar we asmanyň ýagtylygy ýokarky atmosferanyň şöhlelenmesi bilen kesgitlenýär. Releýiň dagynyk serpikmesi tolkun uzynlygynyň kiçelmegi bilen çürt-kesik

serpikdirýärler. Şeýlelik bilen, ionosfera dürli ýygyllykly radiotolkunlary iberip we ondan serpigienleri kabul edip, n_e -niň beýiklige baglylygyny kesgitlep bolýandyr. Ionosfera stansiýalarynyň işleýişi şu usula esaslanandyr. Ýeriň emeli hemralarynda oturdylan enjamlar ionosferadaky zarýadlaryň dykzylygyny gös-göni usullar bilen ölçemekligi üpjün edýärler.

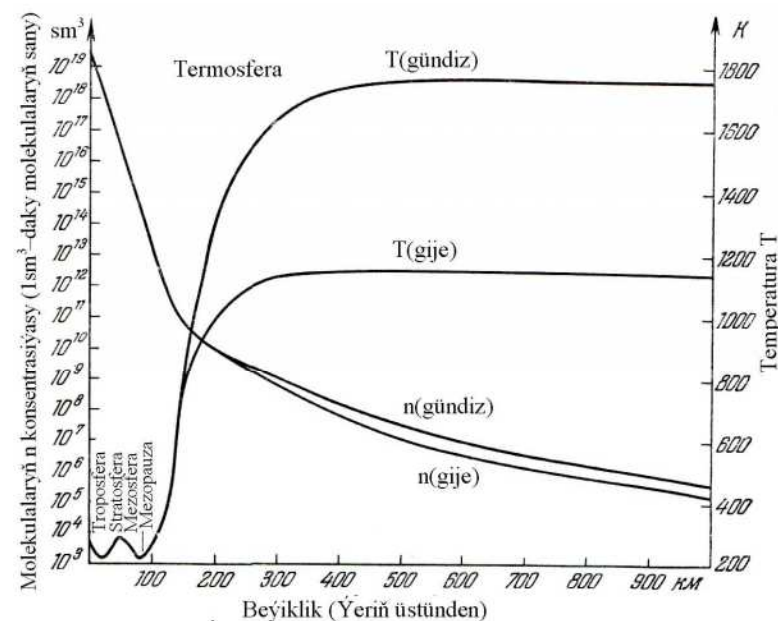


142-nji çyzgy. Elektronlaryň konsentrasiýasynyň beýiklige baglylygy.

Elektronlaryň konsentrasiýasynyň beýiklige baglylygynyň üznüksizligine garamazdan, ionosferany birnäçe gatlaklara şertli bölmek taryhy saklanyp galandyr. D we F gatlaklar barada biz aýdyp geçipdik. D we F gatlaklaryň arasynda ýene-de bir gatlak— E gatlak bardyr (gündizine $n_e \approx 10^5 \text{ sm}^{-3}$). Ol 100 km töweregi beýikliklerde O_2 ionlaşmagy netijesinde döreýär. Çürt-kesik araçäkli ionosfera gatlaklary barada düşünje radiotolkunlar bilen zondirleme esasynda dörändir. Indi biziň bilşimiz ýaly, gatlaklaryň araçäkleri ol radiotolkunlaryň serpikmesini ýüze çykarýan, elektronlaryň dykzylygynyň paýlanyşygyndaky uly bolmadyk birhilli dälliklerdir.

Ionlaryň we elektronlaryň rekombinasiýasynda (şeýle hem atomlaryň molekulalara birleşmesinde), gijesine asmanyň ýagtylanmasy ýaly bolup görünýän, gowşak şöhlelenme berýän, oýandyrylan atomlar we molekulalar emele gelýärler. Ýokarky atmosferada bolýan käbir himiki reaksiýalar hem ýagtylanmany döredýärler.

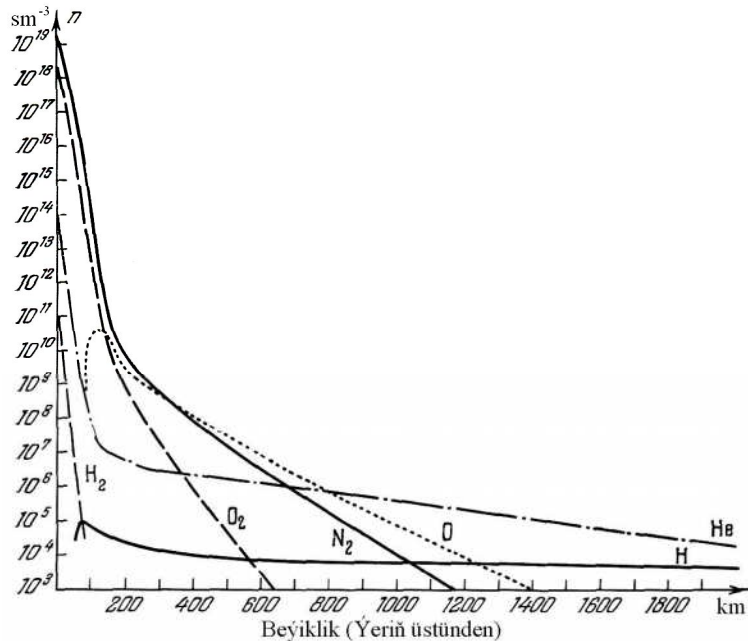
boýunça az üýtgeýär we birinji ýakynlaşmada ony hemişelik diýip hasaplap bolýar. Onuň ululygy 220K töweregidir. Stratosferada aşakdan gelýän infragyzyl şöhlelenme gowşak siňdirilýär, onuň şöhle ýylylyk geçirijiligi uludyr, şonuň üçin temperaturanyň üýtgemesi kiçidir. Infragyzyl şöhlelenmäniň siňdirilmesiniň beýiklik boýunça kemelmesi, temperaturanyň pese düşmegi sebäpli suw buglarynyň doňýanlygy bilen düşündirilýär. Troposferanyň stratosfera bilen araçäğine tropopauza diýilýär. Orta giňliklerde ol 10-12 km beýikliklerde ýerleşendir.



140-njy çyzgy. Ýeriň atmosferasynda T temperaturanyň we molekulalaryň n doly konsentrasiýasynyň beýiklige baglylygy (Gün işjeňliginiň maksimumy döwründe).

Aşak we ýokary giňlikleriň arasyndaky temperaturalaryň tapawudy atmosferanyň sirkulýasiýasy netijesinde deňleşdirilýär. Aşak giňliklerde atmosfera massasy gyzyýar we ýokary galýar, onuň ýerine bolsa demirgazykdan we günortadan has sowuk atmosfera massasy gelýär. Ýer üstüniň ýakynynda howa

polýuslardan ekwatora tarap, troposferanyň ýokarky böleklerinde



141-nji çyzgy. Ýokarky atmosferanyň himiki düzüminiň beýiklik boýunça üýtgeýişi. Ordinata oky boýunça düzüjileriň her biriniň konsentrasiýasynyň beýiklige baglylygy görkezilen.

bolsa tersligine hereket edýändir. Koriolis güýji akym çyzyklaryny süýşürýär we paralleller boýunça ugrukdyrylan düzüjileri döredýär. Netijede, gorizonttal masştablary birnäçe mün km bolan, özboluşly halkalaýyn aýlawlar emele gelýärler. Ýerde howanyň umumy sirkulýasiýasy, ýylylyk sygymy örän uly bolan suw okeanlarynyň bolany sebäpli, örän çylşyrymlydyr. Otnositel ýyly bolan suw üstüniň giňişliklerinden howa massasynyň ýokary galmagy, radius boýunça käbir merkeze ugrukdyrylan, ýerli hereketleriň döremegine getirýär. Koriolis güýjüniň täsiri netijesinde hereketler spiral görnüşli bolýar. Netijede ýerli uly aýlaw öýjügi emele gelýär we oňa *siklon* diýilýär. Otnositel sowuk ýerlerde hereketleriň ugurlary tersliginedir we bu ýagdaýda *antisiklon* emele gelip biler. Bular ýaly görnüşdäki dinamiki prosessler, umuman howanyň çalyşma hadysasyny kesgitleýärler we olary öwrenmeklik howa çaklamalary üçin wajyp orny

nygtamak üçin *ionosfera* diýilýär. Ionosferanyň her bir nokadynda položitel we otrisatel zaryadlaryň dykzlygy islendik plazmada bolşy ýaly, birmeňzeşdir. Eger tötänleýin üýtgemeleriň netijesinde bir alamatly zaryadly bölejikler az-kem artykmaçlyk edip başlan badyna bu artykmaçlyk ters alamatly zaryadlary özüne dartýar we deňagramlylyk dikeldilýär. Bu häsiýete plazmanyň kwazineýtrallygy diýilýär. Kwazi goşulma plazmanyň özüni diňe neýtral bölejiklerden ybarat bolan gazdan tapawutly alyp barýandygyny görkezýär. Elektronlaryň hereketliligi ionlaryňkydan köp esse uludyr we olar elektrik we magnit meýdanynyň üýtgemesini örän çalt duýýarlar. Plazmada elektromagnit şöhleleri döwürýärler, serpikýärler we siňdirilýärler.

Elektrik zaryadlarynyň konsentrasiýasy (elektronlaryň konsentrasiýasy ionlaryňka deňdir) Ýer atmosferasynda 300 km beýiklikde gündizine takmynan 10^6 cm^{-3} deňdir. Bular ýaly dykzlykly plazma 20 m uzynlykly radiotolkunlary serpikdirýär, has gysgalary bolsa geçirýändir. Kritiki ýyglyk (goýberýän çägi) elektron konsentrasiýa baglydyr we

$$\nu_o = 9 \cdot 10^3 \sqrt{n_e}$$

gerse deňdir.

Günüň ultramelewşe şöhledenmesiniň intensiwliginiň üýtgeýänligi üçin ν_o kritiki ýyglyk hem üýtgeýändir. Gijesine, ionlaşmanyň çeşmesiniň ýok wagty, elektron dykzlygy nola deň bolup ionosfera ýitip gidäýmeli ýaly bolup görünýär. Hakykatdan hem, ionosferanyň aşaky bölegi (70 km beýiklikdäki *D* gatlak) gijesine ýitýär we irden täzedan emele gelýär. Emma ionosferanyň has dykz we dowamly bölegi (200-500km beýiklikdäki *F* gatlak) gijesine hem saklanýandyr. Onuň sebäbi ionlar bilen elektronlaryň rekombinasiýa (birleşme) prosessi atmosferanyň aşaky gatlaklarynda çalt, seýreklenen ýokarky gatlaklarynda bolsa, haýalrak bolup geçýänligidir.

Ionosferada elektronlaryň konsentrasiýasynyň n_e beýiklige baglylygy 142-nji çyzgyda görkezilen. Bu egri ýylmanak däl, onda aýry-aýry böküş görnüşli üýtgemeler bardyr. Böküşleriň ýerleşen derejeleri ýyglyklary ν_o -dan uly bolan radiotolkunlary

beýikliklerde atmosferanyň otnositel himiki düzümini kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Dykzlygyň beýiklige baglylygyny bilip, beýiklikleriň şkalasyny kesgitläp bolýar. Atmosferanyň himiki düzümini we beýiklikler şkalasyny bilenimizden soň, (9.4) formula boýunça temperaturany alarys.

500 km beýiklikde atmosferanyň dykzlygy, molekulalaryň we atomlaryň erkin ylgaw ýolunyň uzynlygynyň takmynan beýiklikleriň şkalasyna $H \approx 100 \text{ km}$ deň bolmagyna mümkinçilik döredýär. Atomlaryň in ähtimal tizlikleri (§96 seret)

$$g^* = \sqrt{\frac{2kt}{m}}.$$

m massaly atomlaryň bir böleginiň tizligi g^* -den uludyr, bir böleginiň tizligi bolsa kiçidir. Molekulalaryň bir bölegi kritiki derejeden parabolik tizlikden (11 km/s) uly tizlikler bilen uçup çykýarlar we Ýeri hemişelik taşlap gidýärler. Bu hadysa atmosfera gazlarynyň dissipasiýasy diýilýär. Temperatura uly, molekula ýeňil we parabolik tizlik kiçi boldugyça, dissipasiýa şonça çalt gidýär.

Dissipasiýa tizlikleriniň bahalary, Ýeriň atmosferasyndaky kislorodyň mukdarynyň 3 esse azalmasy 10^{26} ýyldan, wodorodyň mukdary bolsa, bary-ýogy 10^3 ýyldan boljakdygyny görkezýär. Şunlukda, dissipasiýa netijesinde ýüze çykýan ýitgileriň öwezi atmosfera gazyň täze mukdarlarynyň gelmegi bilen dolmaýar. Getirilen sanlar Ýeriň kislorody ýeterlik haýal ýitirýändigini görkezýär we bu ýitgini hasaba alman boljakdygyny görkezýär. Tersine, wodorod we geliý örän çalt ýitirim bolýarlar. Atmosferanyň düzüminde bu elementleriň barlygy bolsa, olaryň ýitgisiniň öweziniň dolunýandygyny aňladýar. Wodorodyň ýitgisi suw buglarynyň Günüň ultramelewşe şöhlelenmesi bilen dissosiasiasynyň hasabyna dolýar. Geliý bolsa radioişjeň dargama prosessleri netijesinde Ýer gabygy tarapyndan bölünýär.

Günüň ultramelewşe şöhlelenmesiniň O, O₂, N₂ ionlaşdyrmasy ýokarky atmosferada ionlaryň we elektronlaryň emele gelmegine getirýär. Şeýlelik bilen termosfera, ionlaşan gaz—*plazma*dyr we oňa köplenç özünde zarýadlanan bölekleri saklaýandygyny

eýeleýändir.

20-25 km beýikliklerde temperaturanyň ýokarlanmasy başlanýar. Onuň sebäbi ozonyň dargamagynyň ekzotermik (ýagny, ýylylyk bölünip çykmagy bilen bolýan) fotohimik reaksiýadyr:



Ozon kislorodyň O₂ molekulasyň fotohimiki dargamagy netijesinde



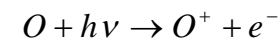
we soňky üçleýin çakyşma reaksiýasy netijesinde



ýüze çykýar, bu ýerde M —üçünji molekula.

(9.1) reaksiýanyň netijesinde ozon tolkun uzynlyklary 2000-den 3000 Å-e çenli bolan ultramelewşe şöhlelenmäni siňdirýär we netijede atmosfera gyzdyrylýar. Temperatura takmynan 50 km-e çenli artýar we maksimum bahany (270K) alýar. Atmosferanyň otnositel ýyly bolan bu çäklerine *mezosfera* (ýa-da *ozonosfera*) diýilýär. Yokarky atmosferada ýerleşen ozon özboluşly galkan ýaly bolup, Günüň ultramelewşe şöhlelenmesinden bizi goraýar. Ýerdäki ýaşaýyşy häzirkä görnüşde bu galkansyz göz önüne getirmek mümkin däldir.

Mezosferadan ýokarda temperatura minimumy—*mezopauza* ýerleşendir. Ýokarky temperatura ýene-de artýandyr. Onuň sebäbi, atomar kislorodyň ionlaşmagy bilen bagly bolan, Günüň ultramelewşe şöhlelenmesiniň 150-300 km beýikliklerde siňdirilmesidir.



Mezopauzadan ýokarda, 400 km beýikliklere çenli, temperatura üznüksiz ýokarlanýar we gündizine, Günüň işjeňliginiň maksimumy döwründe 1800K ýetýär. Günüň işjeňliginiň minimumy döwründe bu çäk 1000K-den kiçi bolup biler. 400km-den ýokarda atmosfera izotermikdir. Atmosferanyň bu bölegine *termosfera* diýilýär.

§112-de beýiklik şkalasy diýen düşünje bilen tanyşypdyk (8.5 formula)

$$H = \frac{RT}{\mu g}.$$

Bu aňlatmany

$$H = \frac{kT}{\mu m_H g} \quad (9.4)$$

görnüşde ýazmak bolýar. Bu ýerde k —Bolsman hemişeligi ($1,38 \cdot 10^{-16} \text{ erg/grad}$) we $m_H = 1,67 \cdot 10^{-24} \text{ g}$ —wodorod atomynyň massasy.

Temperatura näçe uly we molekula näçe ýeňil boldugyça, beýiklik boýunça basyş we molekulalaryň konsentrasiýasy, ýagny 1 sm^3 göwrümdäki molekulalaryň sany (olar $p=nkT$ ýönekeý gatnaşyk bilen baglanyşykdadyr) şonça-da haýal kemelýär.

(9.4) aňlatmada haýsy molýar massany-atmosferanyň düzümine girýän her gaz üçin hususy bahasyny ýa-da orta bahany goýmaly diýen sorag ýüze çykýar. Eger orta bahany goýsak, onda himiki düzüm beýiklik boýunça üýtgemez. Eger her düzüji üçin hususy bahasyny goýsak, onda ýeňil düzüjileriň oňnositel mukdary beýiklik boýunça ulalar. Orta bahany eger gazlar mehaniki garyşdyrylan bolsa almalydygy düşnükli. Düzüjileriň garyşmagyna konweksiýa prosessleri, ýagny ýokarlygyna we aşaklygyna ugrukdyrylan gaz akymlyry getirýär. *Diffuziýa* prosessi bolsa tersligine täsir edýär, ýagny her bir gaz üçin öz beýiklik şkalasyny goýmaga ymtylýar. Diffuziýa tizligi basyşa ters proporsionaldyr. Deňiz derejesinde ol ujypsyzdyr we garyşma tizligi bilen diňe $100\text{-}120 \text{ km}$ beýikliklerde deňeşdirerlik bolýandyr. Atmosferanyň $100\text{-}120 \text{ km}$ beýikliklerden aşakda ýerleşen bölegine doly garyşma, ondan ýokardaky bölegine bolsa diffuz bölünme bölegi diýilýär. Doly garyşma böleginde atmosferanyň oňnositel himiki düzümi beýiklik boýunça üýtgemelýär (molekulalaryň dissosiasiýasy we kondensasiýa sebäpli az-kem üýtgemeleriň bolmagy mümkindir). Bu ýagdaýda (9.4) formulada orta molekulýar agramy $\bar{\mu} \cdot m_H$ goýmalydyr. Deňiz derejesinde atmosferanyň orta molekulýar agramy $29\text{-}a$ deňdir. Ortaça temperatura $T=290\text{K}$ we erkin gaçmanyň tizlenmesi $g=980 \text{ sm/s}^2$. Bu ululyklary (9.4) formulada ornuna goýup, alarys:

$$H = \frac{1,38 \cdot 10^{-16} \cdot 290}{29 \cdot 1,67 \cdot 10^{-24} \cdot 980} = 8 \cdot 10^5 \text{ sm} = 8 \text{ km}$$

Diýmek, 8 km beýiklikde basyş deňiz derejesindäkiden takmynan üç esse peselýändir. Eger-de 100 km beýiklige galsak, onda basyş we molekulalaryň konsentrasiýasy deňiz derejesindäkiden takmynan million esse kiçi bolar.

$100\text{-}120 \text{ km}$ beýikliklerden ýokarda, diffuz bölünme çäklerde, kislorod esasan hem atomar ýagdaýda, şol wagtyň özünde azot bolsa molekulýar ýagdaýda bolýandyr. Şonuň üçin azodyň oňnositel mukdary beýiklik boýunça kemelýändir. Netijede, $400\text{-}500 \text{ km}$ beýikliklerde, konsentrasiýa deňiz derejesindäkiden $10^{11}\text{-}10^{12}$ esse kiçi ýerinde, atmosfera esasan hem kisloroddan ybaratdyr. Ýöne beýiklik şkalasy geliý üçin 8 , wodorod üçin bolsa 16 esse kislorodyňkydan uludyr. Netijede 700 km -den ýokarda esasy düzüjiler eýýäm geliý we wodoroddyr. 1000 km beýikliklerde molekulalaryň konsentrasiýasy ortaça $3 \cdot 10^5 \text{ sm}^{-3}$ deňdir, ýagny deňiz derejesindäkiden 10^{14} esse kiçidir. Atmosferanyň wodoroddan ybarat bolan iň daşky bölegi birnäçe Ýer radiusyna deň bolan uzaklyklara çenli ýetýändir we wodoroddan *geotäji* emele getirýändir. Geotäçde wodorod atomlarynyň konsentrasiýasy $10^2 - 10^3 \text{ sm}^{-3}$.

Uly beýikliklerde atmosferany öwrenmegiň usullary barada şulary aýtmak zerurdyr. 300 km beýikliklere çenli basyş raketalarda goýulan manometrleriň kömegi bilen ýeterlik takyklykda kesgitlenýär. Has uly beýikliklerde manometrleri ulanmak çylşyrymlydyr, sebäbi enjam we raketanyň korpussy, daşyny gurşap alan atmosferadakydan köp gaz bölüp çykarýarlar. 200 km beýiklikden başlap atmosferanyň dykzlygy Ýeriň emeli hemralarynyň togtamasy boýunça örän takyk kesgitlenýändir. Bu usul boýunça dykzlyk 1800 km beýiklige çenli hasaplanandyr. Atmosferanyň dykzlygynyň 300 km -den ýokarda gündüzine gijedäkiden birnäçe esse uludygy kesgitlenendir. Bu bolsa gündüzine termosferanyň temperaturasynyň ýokarydygy we H beýiklik şkalasynyň uludygy bilen düşündirilýär.

Raketalarda we hemralarda oturdylyan mass-spektrometrler uly

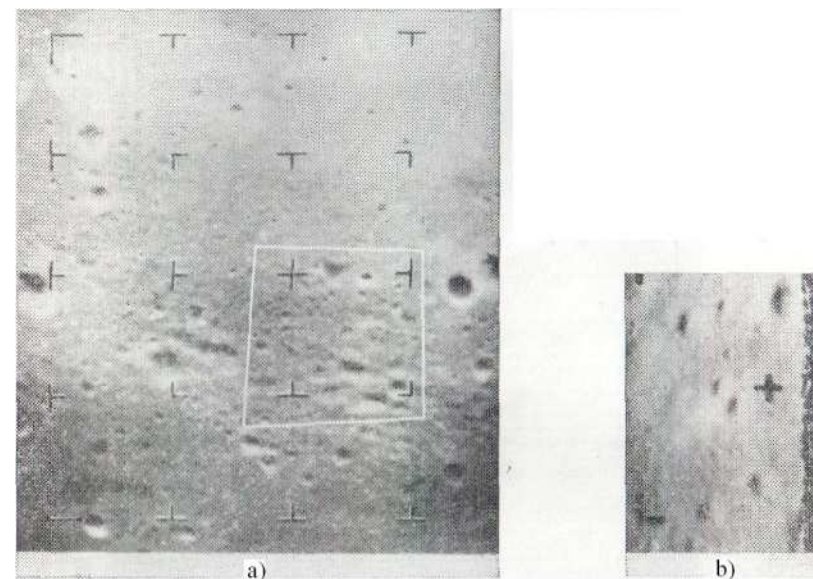
(~0,01 %), ozonyň yzlary ýüze çykarylly.

Marsyň polýar örtükleriniň çylşyrymly tebigaty bardyr. Görünýän polýar örtügiň esasy bölegi planetanyň üstündäki gaty çökündidir, özi hem doňan CO_2 -niň adaty suw buzjagazlary bilen garyndysydyr. Polýar örtüklerde (esasan hem doly ýitmeýän günorta polýusda) CO_2 we H_2O atmosferadakydan köpdür. Şeýle gyzykly çaklama aýdylýar: Marsyň polýar okunyň presessiýasy sebäpli, 50000 ýylda bir gezek polýar örtükleriň ikisi hem doly ýitýär we şonda atmosferada basyş artýar, H_2O mukdary artýar we suw peýda bolýar. Şeýle döwürlerde hanalarynyň yzy galan derýalaryň akan bolmagy ahmaldyr.

APS-lar Marsyň töwereginde uçanlarynda, edil Wenera öwrenilendäki ýaly, planetanyň atmosferasyny radiotolkunlar bilen zondirmek boýunça tejribeler geçirilendir. Bu tejribeler esasynda atmosfera basyşy we temperatura $h \leq 40km$ beýikliklerde kesgitlenildi. Ondan başga-da planetanyň ionosferasynda elektronlaryň konsentrasiýasy kesgitlendi. Ionlaşma maksimumy 120km beýiklikde ýerleşendir. Planetanyň gündiz tarapynda elektronlaryň konsentrasiýasy $10^5 sm^{-3}$ deň, ýagny Ýeriň ionosferasyndaky konsentrasiýadan on esse pesdir.

Marsyň iki sany tebigy hemrasy—Fobos we Deýmos bardyr. Olar 1877-nji ýylda amerikan astronomy A.Holl tarapyndan açyldy. Marsyň hemralaryna diňe güýçli teleskoplarda gözegçilik edip bolýar. Hemralaryň ikisini hem kosmos apparatlary surata düşürendirler, olaryň ölçegleri $27km \times 21km \times 19km$ (Fobos) we $15km \times 12km \times 8km$ (Deýmos) bolan nädogry görnüşlidir (165-nji çyzgy). Hemralaryň üstünde meteoritleriň urulmagynyň netijesi bolan (sebäbi kiçi jisimleriň jümmüşinde wulkanlaryň bolmagy mümkin däl), diametrleri 15 metrden 10 kilometre çenli bolan kraterler köpdür.

Hemralar dogry ugurda ekwatoryň tekizligine $2^\circ,7$ ýapgytlygy bolan orbitalar boýunça hereket edýärler we mydama planeta garşy bir taraplary öwürülendir (hemranyň şekiliniň uly oky planeta ugrukdyrylandyr), sebäbi öz okunyň we planetanyň daşyndan aýlanma periodlary deňdirler. Fobos Marsyň töwereginde ortaça uzaklygy 9400 km bolan orbita boýunça bir aýlawy $7^h 39^m,2$



149-njy çyzgy. “Reýndjer” stansiýalar tapgyrynyň telewizion kameralarynyň golaý aralykdan alan Aý üstüniň fotosuratlary.
a) aralyk 19,6km, iň kiçi kraterleriň diametrleri 15 m töweregi;
b) aralyk 3000m töweregi, fotosuratda şekillendirilen meýdançanyň ölçegleri 30 20m.

getirýän çöketligiň (krateriň düýbi daşky üstden pesdedir) görümine takmynan deňdir. Bu kanunalaýyklyga Şreter düzgüni diýilýär.

Aý üstüniň detallaryna gözegçilik etmek üçin iň amatly wagt—birinji ýa-da ahyrky çäryekleriň ýakynynda, ýagny kontrast iň uly bolandadyr. Bu döwürde Aý üstüniň belentlikleriniň, dag gerişleriniň gowy seljerilýän kölegeleri bolýandyr. Olar terminatora näçe golaý bolduklaryça, kölegeleri şonça-da uludyr. Kölegeleriň uzynlygy boýunça Aýyň üstündäki emele gelmeleriň beýiklikleri kesgitlenýär. Terminatoryň çäklerinden aňynda ýerleşen dag belentliklerini kesgitli wagtyň dowamynda Gün şöhleleri ýagtylandyrýar.

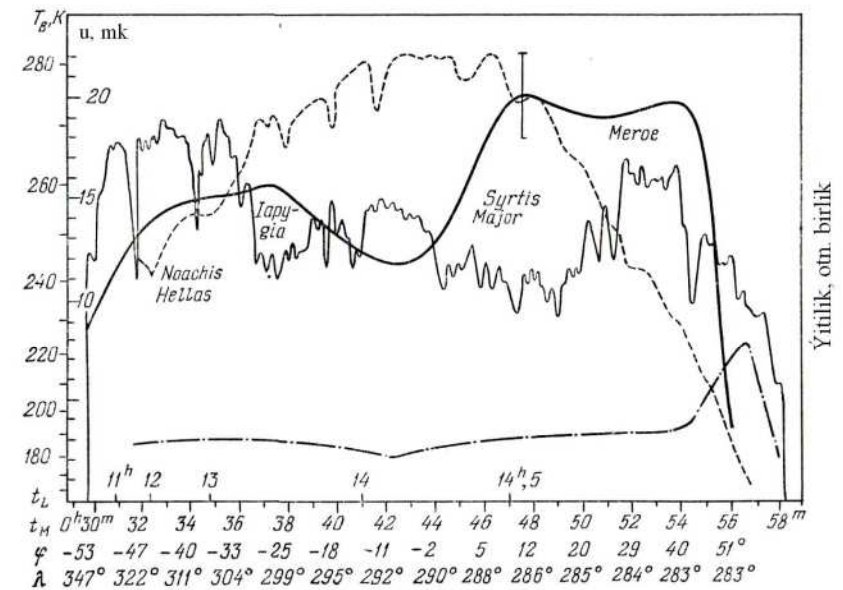
Bu hadysa hem Aýyň üstündäki daglaryň beýikliklerini kesgitlemekde peýdalanylýar. Limbiň ýakynynda ýerleşen emele gelmeleriň beýiklikleri gös-göni gözegçiliklerden kesgitlenýär.

Librasiya hadysasy diskiň gyrasyna ýakyn ýerleşen giň zolakda ölçegleri geçirmäge mümkinçilik berýär. Librasiya hadysasy beýiklikleri kesgitlemek üçin ýene-de bir usuly, ýagny Aýyň dürli burça öwrülen ýagdaýlarynda düşürilen suratlaryny utgaşdyryp, stereoskopik (göwrümleýin) diýen ýaly şekili almaklyga mümkinçilik berýär. Aýyň üstündäki emele gelmeleriň beýiklikleri ýokary takyklyk bilen kesgitlenilýär, ýagny terminatoryň golaýynda ýerleşen 10 metr belentligiň kölegesini seljerip bolýandyr. Aý daglarynyň iň uly beýikligi 9 km-e ýetýändir.

Aý üstüniň 40% töweregi onuň sinhron hereket edýänligi sebäpli öwrenmek üçin, gözegçiliklerde görüp bolýan dälirdir.

“Luna-3” sowet planetaara stansiýasy 1959-njy ýylda Aýyň daşynda aýlanyp, ilkinji bolup onuň görünmeýän tarapyňyň suratlaryny alandyr. Aýyň görünmeýän arka tarapynda belläp geçmeli emele gelmeler: Moskwa Deňzi, Arzuwlar Deňzi, Sialkowskiý, Lobaçewskiý, Lomonosow, Makswell kraterleridir. Aýyň görünmeýän arka tarapyndaky deňizler görünýän tarapyndakydan ep-esli kiçidir, ondan başga-da olaryň umumy sany hem azdyr. 1965-nji we 1969-njy ýyllarda “Zond-3” we “Zond-7” planetaara stansiýalary tarapyndan Aýyň arka tarapy täzeden surata düşürildi (150-nji çyzgy). Takyklygy has ýokary bolan, soňky düşürilen suratlar Aýyň arka tarapyňyň Ýere bakýan tarapyndan birnäçe tapawudynyň bardygyny görkezdi. Arka tarapyndaky çöketlikler garamtyl reňkli bolman, açyk reňklidir we adaty deňizlerden tapawutlylykda *talassoidler* (deňze meňzeş) diýip atlandyrylandyr. Aýyň Ýerden görünýän tarapynda çöketlikler garamtyl lawa bilen guýulandyr. Görünmeýän arka ýüzünde bolsa diňe käbir çöketlikler garamtyldyr. Ýokarda belläp geçen deňizler guşagyny görünmeýän tarapynda talassoidler dowam edýär. Yüze çykarylan birnäçe deňizler talassoidleriň merkezinde ýerleşendirler.

Ondan soňky ýyllarda Aýy öwrenmegi “Luna” we “Reýnjer” planetaara awtomatik stansiýalarynyň tapgyry dowam etdiredirler. Aý üstüniň häsiýetnamalary baradaky ilkinji maglumatlar astronomik gözegçiliklerden alandyr. Gözegçiniň gözi Aýy ýagty, sarymtyl disk hökmünde kabul edýär. Ýöne ol



164-nji çyzgy. “Mars-3” emeli hemranyň orbitasynyň planeta iň ýakyn nokadyndan geçmeleriniň birinde onuň üstüniň temperaturasyny we ýitilgini, atmosferasynyň düzümindäki H_2O -ny ölçemeleriniň netijesi.

Marsyň atmosferasyndaky suw buglarynyň mukdary wagta görä üýtgeýändir we dürli ýerleri üçin tapawutlydyr. Käwagt ol ýüze çykaryp bolýan çäkden az (“Mars-3”-de geçirilen ölçeglerde 1 mikron suw), käwagt bolsa 50 mikrona ýetýär. Bu galyňlyk, eger atmosferadaky suw buglarynyň hemmesini kondensirlesek, planetany örtjek suw gatlagynyň galyňlygydyr. Ýeriň atmosferasynda suwuň mukdary takmynan 1000 esse uludyr. Marsyň ortaça temperaturasy (200K) Ýeriň temperaturasyndan has pesdir. Şonuň üçin üstki gatlagynyň aşagynda, planetanyň jümmüşinden H_2O bölünip çykmagyna päsgelçilik berýän hemişelik doňaklyk gatlagynyň bolmagy ähtimaldyr. Marsdaky temperaturalarda we basyşlarda suwuň suwuklyk görnüşinde bolup bilmejekdigini bellemek bolar. Ol diňe bug ýa-da buz görnüşde bolup biler.

Marsyň atmosferasynda H_2O -dan başga-da az mukdardaky käbir beýleki düzüjiler: N_2 (2,5 %), Ar (1,5 %), CO (~0,01 %), O_2



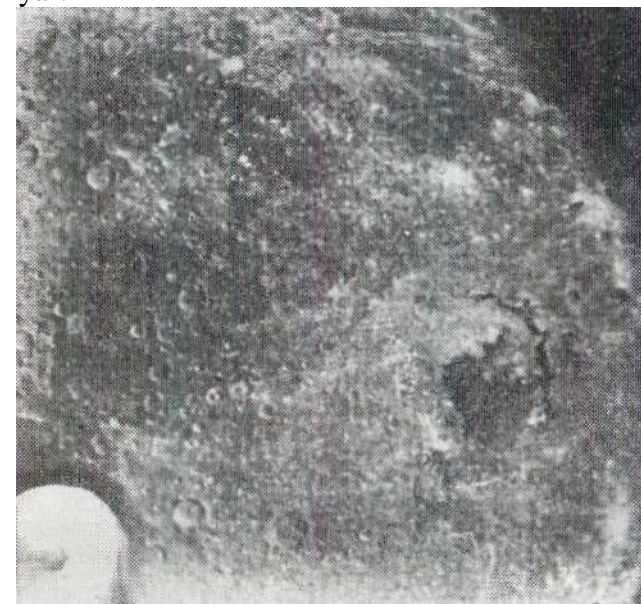
163-nji çyzgy. Marsyň üstüne gondurylan "Wiking-1" apparatynyň sol ýerde düşüren we Ýere iberen şekillerinden birnäçesi.

Marsyň dürli ýerlerinde beýiklikleriň dürlüligi sebäpli basyş birnäçe esse tapawutlanyp biler. Marsyň üstüniň iň belent nokadynyň beýikligi iň pes nokadyndan 20 km ýokardadyr. Garamtyl we ak üstler deň ähtimallyk bilen belent hem, pes hem bolup bilýärler. Demirgazyk ýarymşarda çöketlikler agdyklyk edýändir.

Marsyň spektrinde suw buglarynyň çyzyklary ýüze çykarylandyr. Ýerden gözegçilik edilende olary örän gowşak bolany üçin, Ýer çyzyklaryndan diňe dopler süýşmesiniň esasynda bölüp, seljerip alyp bolýar. Kosmos apparatlaryndan gözegçilik edilende bu kynçylyk aradan aýrylýandyr. 164-nji çyzgyda kosmos apparatyndan gözegçiliklerde alnan netijeleriň mysaly getirilipdi.

käbir nukdaý-nazardan nädogrudyr, sebäbi Aýyň serpikdirme ukyby örän pesdir.

Parallel şöhleler bilen ýagtylandyrylýan käbir tekiz üstüň serpikdirijilik ukyby onuň *albedosynyň* üsti bilen aňladylýar. Albedo—ähli ugurlarda dagynyk serpikdirilen akymyň düşýän akyma bolan gatnaşygydyr. Edil şuna meňzeşlikde, sferanyň orta serpikdirijilik ukyby üçin sferik albedo diýen düşünje ulanylýar. Göze görüňýän şöhlelerde Aýyň sferik albedosy bary-ýogy 0,06 deňdir. Ondan başga-da albedo tolkun uzynlygy boýunça ulalýandyr. Diýmek, hakykatda Aýyň reňki sarymtyl-ak däl-de gyzyldyr. Aý üstüniň ýagty ýerleriniň serpikdirijilik ukyby garamtyl ýerlerine görä iki-üç esse uludyr. Iň ýagty ýerleriniň, ýagny şöhle kraterleriniň ýakynynda ýagty maddanyň toplanmalary, düşýän ýagtylygyň takmynan 20% töweregini serpikdirýär.



150-nji çyzgy. Aýyň arka tarapyň "Zond-3" planetaara stansiýasy tarapyndan düşürilen fotosuraty.

Spektral serpikdirijilik ukyby, ýagny Aý üstüniň ähli ýerleri üçin albedonyň tolkun uzynlygyna baglylygy birmeňzeş diýen

ýalydyr, diňe serpikdirme koeffisiýentiniň absolýut ululyklary tapawutlanýandyr. Aý üstüniň şöhlelenmäni siňdirýänligi sebäpli onuň üsti gyzyýar. Gündizine temperatura ýylylyk deňagramlylyk deňlemesi boýunça kesgitlenilýär:

$$b\sigma T^4 + F = E(1 - A)\cos z \quad (9.5)$$

bu ýerde E —ýagtylandyrylyşyň energiýasy, A —albedo, z —berlen nokatda Günüň zenit aralygy, T —temperatura, b —şöhlelenme koeffisienti, σ —Stefan-Bolsmanyň hemişeligi. Deňlemäniň sag böleginde üstün wagt birliginde siňdirýän energiýasynyň mukdary, çep böleginde bolsa Stefan-Bolsmanyň kanunyna laýyklykda şöhlendirilýän energiýa bilen ýylylyk geçirijiliginiň hasabyna içki gatlaklara geçirilýän F —energiýalaryň jemi ýerleşendir. Gijesine deňlemäniň sag bölegi nola deňdir we temperatura şeýle deňleme boýunça kesgitlenilýär:

$$b\sigma T^4 + F = 0 \quad (9.6)$$

Gündizine F —akym üstünden içine, gijesine bolsa tersine, üste tarap ugrukdyrylandyr we aýyrmak alamaty bilen alynýar. Winiň kanunyna laýyklykda Aýyň Günüň aşagyndaky nokadynyň hususy ýylylyk şöhlelenmesiniň spektrinde energiýanyň paýlanyşynyň maksimumy:

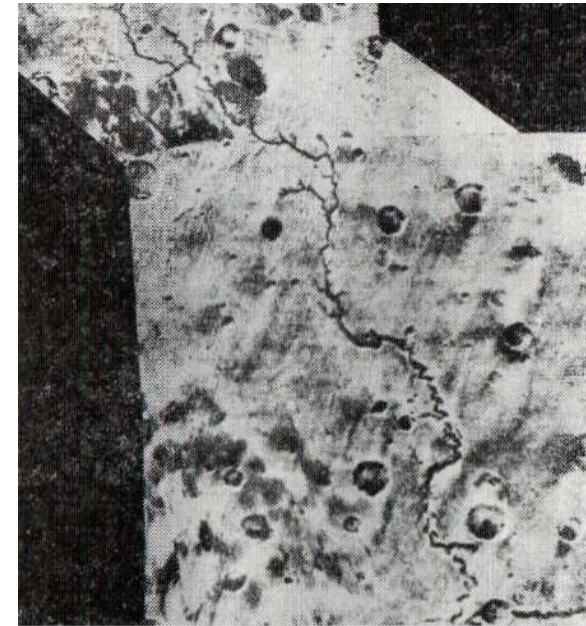
$$\lambda_{\max} = \frac{2900}{T} = \frac{2900}{390} \approx 7mk$$

Günüň aşagyndaky nokatdan uzaklaşdygymyzça temperatura kiçelmeli, maksimum bolsa uzyn tolkunlara tarap süýşmelidir. Deňeşdirmek üçin Günüň spektrinde energiýanyň paýlanyşynyň maksimumy $4700\text{Å} = 0,47mk$ töweregidir.

$\lambda > \lambda_{\max}$ bolanda tolkun uzynlygynyň kiçelmegi bilen Plankyň egrisi örän kert aşak düşýändir (§100 seret), ýagny spektriň göze görünýän çäklerinde Aýyň hususy şöhlelenmesini hasaba alman bolýar. Aý bu ýerde diňe serpikdirýän ýagtylygy bilen ýagtylanýar. Tolkun uzynlygynyň artmagy bilen serpiginiň ýagtylygynyň intensiwligi kemelýär (sebäbi onuň spektri takmynan Günüň spektrini gaýtalaýar), Aýyň hususy şöhlelenmesiniň intensiwligi bolsa artýar. Ýeriň atmosferasynyň 8-den 14 km-e çenli çäklerinde—dury bolan zolagynda Aýyň hususy

topragynyň ýylylyk geçirijiligi ýaly örän kiçidir. Iň pes temperatura $-125^\circ C$ gyşyna polýar örtükleriň üstünde bolýar.

Marsyň spektrinde Weneranyň spektri bilen deňeşdirilende gowşak hem bolsa, CO_2 -niň gowy görünýän zolaklary gözegçilik



162-nji çyzgy. Marsyň üstünde, Mare Erythream çäklerinde, guran derýalaryň hanalaryny ýatladýan emele gelmeler. Uzynlygy 400km töweregi („Mariner-9“ fotosuratlary).

edilýär (156-njy çyzgy). Adatça bulutlar planetanyň üstüniň uly bolmadyk bölegini ýapýar, şonuň üçin spektroskopik gözegçiliklerden atmosferasynyň düzümindäki CO_2 -niň absolýut mukdarynyň ululygyny kesgitlemek mümkindir. Gowşak we güýçli çyzyklaryň intensiwligine gazyň doly basyşynyň dürliçe täsir edýänligi üçin, basyşyň ululygyny kesgitläp bolýar. APS-larda oturdylan enjamlaryň kömegi bilen Marsda atmosferanyň basyşy gös-göni ölçenendir. Onuň ululygy planetanyň üstünde ortaça 6 Mb deňdir. Mass-spektrometriň kömegi bilen atmosferasynyň himiki düzümi kesgitlenilendir, onuň 95 % -ni CO_2 düzýändir.

ýakynyndaky giňişligi fiziki usullar bilen barlaglary geçirmek üçin enjamlaşdyrylandyr. Infragyzyl radiometriň kömegi bilen üstüniň temperaturasy we şol bir wagtyň özünde radioteleskop bilen onlarça santimetr çuňlukda topragynyň temperaturasy ölçenilendir. Dürli tolkun uzynlyklarda ýitiligi, atmosfera basyşy, magnit meýdany, ýokarky atmosferasynyň düzümi we temperaturasy, ionosferasynyň elektron konsentrasiýasy, planetanyň töwereginde maddanyň häsiýetleri öwrenilendir.

“Mars” we “Mariner” APS-laryndan alnan maglumatlar boýunça Marsyň üsti geologik görnüşleriniň häsiýetleriniň dürlüligi bilen tapawutlanýar. Üstüniň köp bölegini kraterler tutýar, ýöne örän tekiz, kratersiz ýerleri hem bardyr. Kraterleriň arasynda äpet, konus şekilli dagyň depesinde ýerleşenlerinede gabat gelinýär (161-nji çyzgy). Bu bolsa kraterleriň meteorit däl-de wulkan tebigatynyň bolmalydygyny aňladýar. Iri wulkanlaryň gerşlerinde meteorit kraterleri örän azdyr, diýmek bu wulkanlar örän “ýaşdyrlar” we olar uzak bolmadyk döwürde emele gelendirler. Şeýlelikde Mars geologik işjeň planetadyr. Marsyň, Ýer bilen deňeşdirilende has gowşak hem bolsa, hususy magnit meýdany bolmalydyr.

Hususy magnit meýdanynyň bolmaklygy planetanyň merkezinde suwuk ýadrosynyň bardygyny görkezýär.

Marsyň üstünde guran derýalaryň hanalaryna örän meňzeş bolan emele gelmeler bardyr (162-nji çyzgy). Marsyň üstüne gondurylan “Wiking-1” aparatynyň şol ýerde düşüren we Ýere iberen şekillerinden birnäçesi 163-nji çyzgyda görkezilen. Çyzgylardan görnüşi ýaly olar Ýerdäki käbir çölleri ýadyňa salýandyr.

“Mars-3” emeli hemranyň orbitasynyň planeta iň ýakyn nokadyndan geçmeleriniň birinde onuň üstüniň temperaturasyny we ýitilgini, atmosferasynyň düzümindäki H₂O-ny ölçemeleriniň netijesi 164-nji çyzgyda görkezilendir.

Marsyň üstüniň temperaturasy giň çäklerde üýtgeýändir. Ekwatorda gündizine ol $+30^{\circ}\text{C}$, gijesine bolsa -100°C ýetýändir. Temperaturanyň giň çäklerde üýtgemeleri Marsyň topragynyň kiçi ýylylyk geçirijiligi sebäpli bolýandyr. Onuň ululygy Aýyň

şöhlenenmesi bilen deňeşdirilende serpikdirilen şöhlenenme ujypsyzdyr, radiodiapazonda bu ýagdaý has hem güýçlidir.

Şöhlenenmede energiýa üstüň edil özünden däl-de, tolkun uzynlygyna we materialyň elektrik geçirijiligine baglylykda käbir çuňlukdan gidýär. Tolkun uzynlygy uly boldugyça, şöhlelendirýän gatlak şonça çuňda ýerleşýär. Infragyzyl şöhlenenme takmynan $0,1\text{mm}$ çuňlukdan gidýär we onuň intensiwligi üstüň temperaturasy bilen kesgitlenýär. Uzynlygy 10sm bolan radiotolkunlar bolsa takmynan 1m çuňlukdan çykyandyr. Aýyň infragyzyl şöhlenenmesini we radioşöhlenenmesini ölçemeler şulary görkezendir:

1) Aýyň üstüniň temperaturasy ekwatorda günortan 390K töweregidir.

2). Gijesine üstüniň temperaturasy örän pesdir we ol $100-120\text{K}$ deňdir.

3) F ululygy kesgitleýän ýylylyk geçirijiligi örän kiçidir we gury çägeniň wakuumdaky ýylylyk geçirijiligine ýakyndyr. Gijegündiziň dowamynda temperaturanyň üýtgemeleri eýýäm 10sm çuňlukda ýylmanýandyr (bildirýän dälendir).

Şeýlelikde, astronomik gözegçilikler Aýyň üstüniň materialynyň öýjük-öýjük görnüşli gurluşynyň bolmalydygyny görkezýändir. Onuň hakykatdan hem şeýledigini Aýyň üstüne ýumşak gondurylan ilkinji kosmos apparatlarynyň geçiren barlaglary tassyklady. Aý topragy barada has takyk maglumatlar onuň nusgalary Ýere getirilenden soň alyndy. Aý topragyny getirmek “Apollon” amerikan kosmos gämisiniň we “Luna-16”, “Luna-20”, “Luna-24” sowet awtomatik stansiýalarynyň kömegi bilen ýerine ýetirilendir.

Aý topragynyň häsiýetnamalary şulardan ybaratdyr: onuň ortaça dykzlygy $1-1,5\text{ g/sm}^3$, öýjükliligi 50% . Aýyň üstüniň topragynyň düzüminde dört jynsy görkezmek bolar: ownuk däneli, öýjük-öýjüklü, çogup çykan jynslar (A -görnüş); iri däneli, öýjüklü, çogup çykan jynslar (B -görnüş); *brekçiýalar* (çogup çykan jynslaryň we minerallaryň döwürleri, olaryň köpüsi meteorlaryň urulmagy netijesinde erän görnüşde) we *regolit* (owunjak bölejikler we tozan). Birinji üç toparyň himiki düzümi

birmeňzeşdir, regolit meteorit maddalaryň garyndylaryny saklaýandyr. Aý topragynyň jynslarynyň himiki düzümi Ýerdäkä meňzeşdir, ýöne has duýarlyk tapawutlary hem bardyr. Mysal üçin, onuň düzüminde agyr elementleriň, ýagny Cr, Ti, Zr agdyklygy we ýeňil elementleriň Sn, K, Na ýetmezçiligi görünýär.

Aýyň çogup çykan dag jynslarynyň ýaşı örän uludyr. Olaryň gatamasy—kristallaşmasy üç-dört milliard ýyl öň bolup geçipdir. Käbir Aý jynslarynyň kristallaşmasy Ýerdäkilerden hem öň bolupdyr. Aý brekçiyalarynyň we regolitiň häsiýetleri yzygider meteorit urgularynyň bolanlygyny subut edýärler. Ýöne olaryň Aý üstüni weýran etmeginiň tizliginiň uly dældigini (10^{-7} sm/ýyl) görkezýär. Aýyň üstünde galan kosmos apparatlary ýene-de millionlarça ýyllap durarlar.

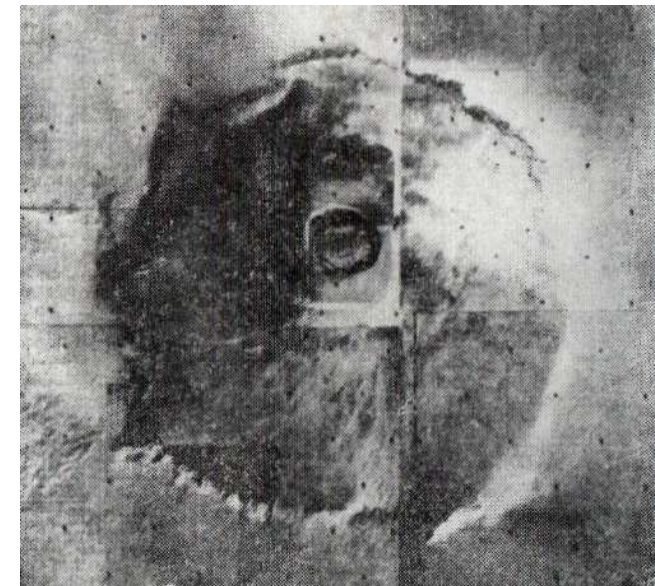
Aýy öwrenmek esasan iki ugur, olaryň biri onuň üstüne kosmonawtlary uçurmak, beýlekisi bolsa awtomatik stansiýalary uçurmak bilen baglanyşyklydyr.

Aýyň üstüne eltilen seýsmograflar, esasan hem meteoritleriň gaçmagy bilen baglanyşykly bolmagy ähtimal bolan, köp sanly uly bolmadyk “Aý titremelerini” bellige alandyrlar. Olaryň maglumatlary düýpli seýsmiki işjeňligiň bardygyny görkezmeýär, ýöne bu aýdylanlar geologik nukdaý- nazardan Aý “jansyz” asman jisimi diýildigi däl. Ýerden geçirilýän gözegçilikler wulkanlaryň çogup çykmagy bilen baglanyşykly bolmagy mümkin bolan, ýiti lowurdamalary ýüze çykardy. Alfons krateriň merkezi belentliginiň golaýyndan zyňylan gaz buludynyň spektri surata düşürilendir (148-nji çyzgy).

Emma muňa garamazdan Aýyň suwuk ýadrosy ýokdur diýip hasaplanýar. Magnit meýdanynyň bolmazlygy hem aýdylanlary tassyklaýandyr. Kosmos raketalarynda oturdylan magnitometrler Aýyň magnit meýdanynyň Ýeriň magnit meýdanynyň on müňden bir böleginden uly dældigini görkezýär. Ýöne Aýyň galyňlygy 60km töweregi bolan gabygy, mantiýasy we has dykyz ýadrosy bardyr.

Aý üstüniň emele gelmeleriniň, ýagny kraterleriň, deňizleriň, daglaryň we beýlekileriň tebigaty baradaky sorag doly çözülen däl. Ýere meňzeşlikde Aý emele gelmeleriniň wulkanlar bilen

APS-laryň ulanylmagy Marsy öwrenmeklige uly itergi berendir. Amerikanyň “Mariner-4” APS-y 1965-nji ýylda ilkinji sapar Marsy golaý aralykdan (10000 km töweregi) fotosurata düşürendir. Edil Aýyň üsti ýaly, Marsyň üstünde hem kraterler bar. Ondan soňra uçurylan “Mariner-6” we “Mariner-7” APS-lary hem Marsy fotosurata düşürendirler. 1971-nji ýylda, beýik garşyda durma wagtyndan birnäçe aý soň, sowet kosmos apparatlary “Mars-2” we “Mars-3” hem-de amerikan kosmos apparaty



161-nji çyzgy. Öň ýagty tegelek tegmiljik ýaly belli bolan, Marsyň üstündäki Nix Olimpica äpet wulkan dagy. Esasyndaky wulkan konusyň diametri 500km töweregi („Mariner-9“ fotosuratlary).

“Mariner-9” Marsyň töweregindäki orbitalara çykarylyp, onuň ilkinji emeli hemralary bolandyrlar. Amerikan emeli hemrasy Marsyň bütin üstüniň müňlerçe fotosuratyny 1 km çözüp bilijilik ukyby bilen düşürendir. Olaryň käbirleri 161-nji we 162-nji çyzgylarda görkezilendir.

Sowet emeli hemralary az mukdarda fotosurata düşürendirler, ýöne olar Marsyň üstüni, atmosferasyny we planetanyň

Olar ýagty üstleriň fonunda ölçegleri we görnüşleri dürli bolan, garamtyl tegmiller görnüşlidir. Ölçegleri uly bolmadyk, çäklenen garamtyl meýdançalara köl ýa-da oazis diýilýär. Deňizler materikleriň içine aralaşyp aýlaglary emele getirýärler. Deňizleriň we materikleriň gyzylymtyl reňki bardyr.

Materikleriň we deňizleriň ýitilikleriniň gatnaşygy gyzyly we infragyzyly çäklerde maksimaldyr (has garamtyl deňizler üçin 50 % -e çenli), sary we ýaşyl şöhlelerde tapawut azrakdyr, gök şöhlelerde bolsa Marsyň diskinde deňizleri düýbünden seljerip bolýan däl.

Garamtyl üstler polýar örtükler bilen pasyllar boýunça periodik üýtgemeleriň aýlawyna gatnaşýarlar. Gyşyna garamtyl üstleriň diskiň galan üstünden tapawudynyň iň az wagtydyr. Ýazyna polýar örtügiň araçäginde garamtyl gaýma emele gelyär we onuň töweregindäki garamtyl üstleriň tapawudy (kontrasty) ulalýar. Garalmalar gitdigiçe köp ýerleri eýeläp, kem-kemden ekwatora tarap ýaýraýarlar.

Berlen ýarymşarda gyşyna seljerip bolmaýan köp detallar tomusda gowy seljerilýär. Garalma tolkunly bir gije-gündizde 30 km tizlik bilen ýaýraýar. Käbir ýerlerinde üýtgemeler ýylyň-ýylyna yzygiderli gaýtalanýar, başga ýerlerde bolsa ýaz paslynda her sapar üýtgeşik bolup geçýär. Pasyllar boýunça gaýtalanýan üýtgemelerden başga, yzyna gaýtmaýan garamtyl detallaryň ýitip gitmesi we ýüze çykmasy (asyrlyk üýtgemeler) gözegçilik edilýändir. Ýagty üstler pasyllar boýunça üýtgemelere gatnaşmaýar, ýöne yzyna gaýtmaýan asyrlyk üýtgemelere sezewar bolýandyrlar.

4. Bulutlar—atmosferada jemlenen wagtlaýyn detallardyr. Käwagtlar olar planetanyň diskiniň esli bölegini ýapyp, gözegçiliklere päsgelçilik döredýärler. Bulutlaryň iki görnüşini tapawutlandyrýarlar: sary we ak bulutlar. Sary bulutlar umumy pikir boýunça tozanlardan ybarat diýip hasaplanýar. Sary bulutlaryň planetanyň diskini birnäçe aýyň dowamynda ýapýan wagtly bolýar we bu hadysalara “tozan tupanlary” diýilýär. Ak bulutlar esasan hem buz kristaljyklaryndan ybarat bolmalydyr diýip çaklanylýar.

baglanyşykly tebigaty bolmaly diýip çaklamak tebigydyr. Onuň şeýle bolmagynyň mümkindigini şular hem tassyklaýar, ýagny tekiz deňizleriň wulkan lawalarynyň meýdanlaryny ýada salmagy. Käbir ýerlerinde lawanyň beýleki emele gelmeleri dolduran we daşyndan aýlanyp akyp geçen yzlary görünýär. Lawanyň çogup çykmasynyň soňky döwürlerde bolup geçendigini onuň üstünde emele gelmeleriň bolmazlygy hem tassyklaýar.

Emma Aý üstüniň emele gelmeleriniň arasynda Ýerde örän seýrek duş gelyänleri hem bardyr. Olara sirkler, kraterler, çukurlar, ýagty şöhleler degişlidir. Kraterleriň görnüşü olaryň döremeginiň düýbünden başga tebigatynyň bolmagy mümkindir diýen pikiri hem döredýär. Goý, Aýyň üstüne uly meteorit urulypdyr diýip göz önüne getireliň. Şonda partlama bolýar, tegelek çukur emele gelyär, zyňylan madda halka şekilli belentligi emele getirýär, has ýeňil galyndylary bolsa şöhleler sistemasyny emele getirýär. Bu hadysalaryň hemmesi Ýerde güýçli partlamalarda gözegçilik edilýär. Has inçe, takyk seredilende bular ýaly usul bilen merkezi belentligiň emele gelmegini hem düşündirip bolýar. Şreteriň düzgünini hem partlama çaklamasy bilen düşündirip bolýar. Ýeriň üstünde azda-kände gowy saklanan birnäçe meteorit kraterleri (olardan iň irisi—Arizona krateri) bellidir. Ondan başga-da soňky döwürlerde gadymy meteorit kraterleriniň galyndylary bolan, ýumrulan halka görnüşli belentlikleriň köp sanlysy tapylandyr. Bu bolsa gadymy döwürlerde Ýer we Aý, häzirki wagt bilen deňeşdirilende meteoritler bilen köp urulypdyr, şol döwürlerde hem sirkleriň we kraterleriň köpüsi döräpdir diýen pikiri döredýär. Ýerde bu yzlar ýel-suw täsirinden ýitip gidipdir, Aýda bolsa bu döwürüň yzlary saklanyp galypdyr. Kraterleriň köp sanlysy Marsda hem saklanyp galandy.

Kraterleriň belli bir böleginiň emele gelmeginiň meteorit tebigatynyň, başga bir böleginiň bolsa wulkanlar bilen baglanyşykly tebigatynyň bolmagy ähtimaldyr. Käbir ýagdaýlarda bolsa bu iki hadysanyň bilelikdäki täsiri netijesinde dörän bolmagy mümkin. Meteoritiň gaçmagy Aý gabygynyň berk gatlagyny bozup wulkanyň döremegine, lawanyň çogup çykmagyna we gazlaryň bölünip çykmagyna sebäp bolup biler. Şeýlelikde bu

emele gelmeleriň döremeginde sanalan hadysalaryň üçüsiniň hem täsiri bolmalydyr.

Aý atmosferasy barada şulary bellemek bolar. Iň bolmanda seýreklendirilen atmosferany ýüze çykarmak üçin soňky ýyllarda örän inçe, biri-biri bilen baglanyşygy bolmadyk usullara esaslanan barlaglar geçirilendir (elbetde, aýry-aýry gaz zyňymalary däl-de, hemişelik atmosfera). Olaryň biri Aý şahlarynyň golaýynda ýitilige we polýarlanma hadysasyna optiki gözegçilikleri geçirmekdir. Eger Aýyň atmosferasy bar bolsa, onda şahlar az-kem ýagtylanmaýan tarapyna-da geçer. Releýiň dagynyk serpikmesinde şöhlemenme polýarlanýar, faza burçy 90^0 bolanda polýarlanma 100 %-e deň bolýar (faza burçy 0^0 ýa-da 180^0 bolanda ol nola deňdir). Şonuň üçin, eger-de atmosferasy bar bolsa, onda şahlaryň uçlarynda faza burçlarynyň 90^0 ýakyn ýerinde gowşak polýarlanan ýagtylanmany ýüze çykarardy. Bu ýagtylanma örän ykjam, ünsli gözlenendigine garamazdan tapmak başardan däl. Bu ýerden bolsa eger Aýyň atmosferasy bar hem bolsa, onda onuň dykzlygy Ýeriň atmosferasynyňkydan azyndan 10^9 esse kiçi bolmalydyr. Ýeriň üstünde atmosferada molekulalaryň konsentrasiýasy $2,7 \cdot 10^{19} \text{ sm}^{-3}$ deňdir. Diýmek, Aý atmosferasynda molekulalaryň konsentrasiýasynyň ýokary çägi takmynan 10^{10} sm^{-3} bolmalydyr. Bular ýaly konsentrasiýa Ýeriň atmosferasynda 200km. töweregi beýiklige degişlidir. Aýyň atmosferasynda atomlaryň konsentrasiýasynyň gös-göni ölçemleri amerikan astronomlarynyň onuň üstünde galdyran enjamlarynyň kömegi bilen geçirilendir. Ölçemeler gündizine Aýyň atmosferasy 10^6 wodorod atomlaryny we $6 \cdot 10^4$ neon atomlaryny öz düzüminde saklaýandygyny görkezdi. Gijesine konsentrasiýa on esse kiçidir.

Şeýlelik bilen, Aýyň atmosferasy örän seýreklenendir, düzümi boýunça Ýeriň atmosferasyndan çürt-kesik tapawutlanýandyr (şeýle hem Marsyňkydan tapawutlanýar) we dykzlygy gije-gündiziň dowamynda güýçli üýtgeýändir. Näme sebäpli beýle bolýar diýen sorag ýüze çykýar. Geçmişde Aýda wulkan prosessleri bolan bolmalydyr. Sebäbi onuň üstünde wulkan prosessleriniň häzirki döwürde hem bardygy tassyklanandyr.

agyrlyk güýjüniň tizlenmesi 376 sm/s^2 deňdir. Planetanyň burç diametri beýik garşyda durma wagty $25''$, apogeýde bolsa $14''$ deňdir. Marsyň üstünde durnukly detallar gözegçilik edilýär we olar boýunça ýokary takyklyk bilen planetanyň öz okunyň daşyndan aýlanma periodynyň $24^h 37^m 22^s,6$ deňdigi kesgitlenendir. Planetanyň ekwatorynyň orbitasynyň tekizligine ýapgytlygy $24^0 56'$, ýagny Ýeriň häsiýetnamalaryna meňzeşdir. Şonuň üçin edil Ýerdäkä meňzeşlikde, Marsda hem pasyllaryň çalyşmasy bolup geçýär. Ýöne Marsyň günorta ýarymşarynda demirgazyk ýarymşaryndakydan tomus gyzgyn we gysga bolýar, sebäbi günorta ýarymşarda tomus planeta perigeýde bolanda düşýär. Marsda ýylyň dowamlylygy 687 Ýer gile-gündizine deňdir.

Teleskopda gözegçilik edilende Marsyň diskinde görünýän detallary (160-njy çyzgy) şeýle toparlara bölmek bolar:



160-njy çyzgy. Marsyň gyzyl filtrde düşürilen suraty. Deňizler we günorta polýar örtük aýdyň görünýär.

1. Ýagty üstler, ýagny materikler diskiň 2/3 bölegini tutýar. Olar gyzylymtyk-mämişi reňkli birhilli ýagty meýdanlar, ýagny üstlerdir.

2. Polýar örtükleri—polýuslaryň töwereginde güýzüne döräp, tomusyň başlarynda ýitýän ak tegmiller. Olar has göze ilýän detallardyr. Gyşyň ortasynda polýar örtükleri giňlik boýunça 50^0 -a çenli üsti tutýarlar. Tomusda demirgazyk polýar örtügi doly ýitýär, günortadakydan bolsa uly bolmadyk bölegi galýar. Gök ýagtylyk süzgüçlerden polýar örtükler has gowy tapawutly görünýärler.

3. Diskiň 1/3 bölegini tutýan garamtyl üstler, ýagny deňizler.

meñzeş, ýagny gabykdan, mantiýadan, suwuk ýadrodan ybarat bolmaly diýip hasaplanylýar. Emma Weneranyň magnit meýdanyň bolmazlygy planetanyň syrlarynyň biridir. Ýadrodaky gidrodinamik hereketiň häsiýeti planetanyň öz okunyň daşyndan aýlanma tizligine bagly bolmagy mümkindir we Wenera planetasynyňky ýaly haýal hereketde magnit meýdany döremeýän bolmalydyr.

Weneranyň ionosferasy magnit meýdany bilen goralmany üçin Gün ýeli planetanyň atmosferasynyň has dykyz gatlaklaryna aralaşýar. Netijede, Weneranyň gündiz tarapynda konsentrasiýasy maksimumynda takmynan 10^5 sm^{-3} bolan, ýuka ionosfera gatlagy döreýär. Gije tarapynda elektronlaryň konsentrasiýasy kiçidir. Bu gatlagyň beýikligi 100 km töweregidir.

Ýer atmosferasynyň ýokarky gatlaklary Günün ultramelewşe şöhlelenmesi tarapyndan $1000\text{-}1500\text{K}$ temperatura çenli gyzdýrylandyr. Weneranyň atmosferasy şol beýikliklerde sowaýandyr, ýagny $400\text{-}500\text{K}$ töweregidir. Bu tapawut Weneranyň atmosferasynyň ýokarky gatlaklarynda CO_2 molekulalar dissosirlenen däldigi, olaryň bolsa spektriň 15mk tolkun uzynlykly çäklerde gowy şöhlelendirijilerdigi we olaryň bolmagy ýokarky atmosferanyň sowamagyna getirýär.

Weneranyň atmosferasynyň has ýokarky gatlaklary (500 km ýökary) Ýeriň atmosferasynyň has daşky bölegine meñzeşlikde atomar wodoroddan ybaratdyr. Onuň şeýledigi APS-larda oturdylan ultramelewşe fotometrleriň kömegi bilen 1215\AA tolkun uzynlykly Günün wodorod çyzyklarynyň rezonans dagynyk serpişmesiniň intensiwligini ölçemegiň esasynda kesgitlendi.

Weneranyň hemralary ýokdur.

§128. Mars. Ýere meñzeş planetalaryň gurluşynyň umumy meseleleri

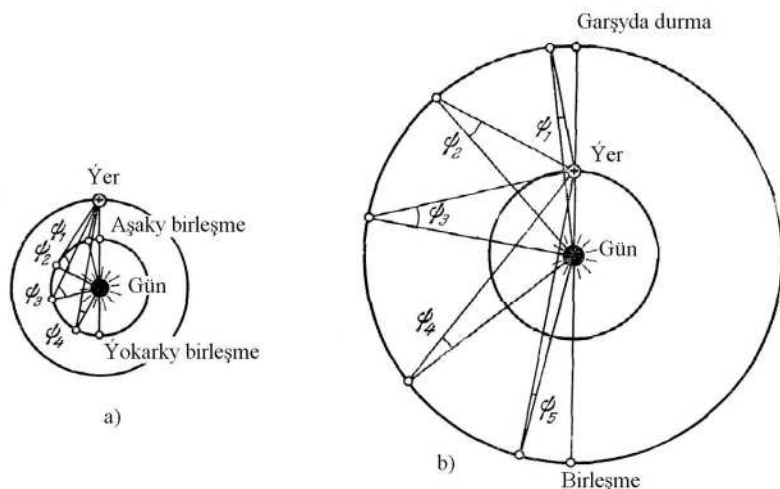
Mars Ýere meñzeş planetalaryň arasynda dördünji planetadyr. Ol Ýerden ölçegi boýunça iki esse (ekwatoraky radiusy 3394 km) we massasy boýunça bolsa dokuz esse kiçidir. Marsyň üstünde

Wulkanlar bilen baglanyşykly hadysalarda CO_2 , H_2O , NH_3 ýaly gazlar bölünip çykýar. Ýeriň atmosferasynyň hem wulkanlar bilen baglanyşykly gelip çykyşy bar diýip, häzirki döwürde hasaplanylýar. Aýda wulkanlar bilen baglanyşykly bölünip çykýan gazlar nirä ýitirim bolýar diýen sorag ýüze çykýar. Olaryň köpüsi dissipasiýa netijesinde, şeýle hem kiçi parabolik tizlik sebäpli daşlaşýarlar. Kislorod we azot ýaly gazlar Aýy örän çalt taşlap gidýärler. Agyr kömürturşy gazy hem saklanyp bilýän däldir, sebäbi Günün ultramelewşe şöhlelenmesiniň täsiri netijesinde dissosirlenýändir (dargaýandyr). Emma Aýyň gabygynda bolýan radioişjeň prosesslerde agyr inert gazlar Ar , Kr , Xe emele gelýärler, olaryň dissipasiýasy Aýda hem haýal geçýändir. Bulary Aýdan başga fiziki prosess, ýagny korpuskulýar akymlaryň atmosfera bilen täsirleşmegi netijesinde daşlaşdyrylýandyr. Bu akymlaryň magnit meýdany we kinetik energiýasy gabykdan bölünip çykýan inert gazlary “üfläp” aýyrmak üçin ýeterlikdir. Başga bir tarapdan bolsa korpuskulýar akymlaryň düzümindäki wodorodyň, geliýniň, neonyň käbir bölegi Aýyň täsirine düşüp, ýüze çykarylan, seýreklandirilen atmosferany emele getirýärler.

§125. Planetalaryň fazalary. Olaryň görünmek şertleri

Gün sistemasynyň beýleki planetalaryny öwrenmeklige geçmezden öň, olaryň görünmek şertlerine degişli birnäçe umumy bellikleri aýtmak zerurdyr. Merkuriý we Wenera planetalarynyň faza burçy 0° -dan 180° -a çenli aralyklarda üýtgeýär. Şonuň üçin Merkuriý we Wenera edil Aýa meñzeşlikde fazalarynyň çalyşma tapgyrlaryny geçýär. Ýokarky birleşmede (Gün Ýer bilen planetanyň aralygynda) planetanyň diski tutuşlygyna ýagtylandyrylan, faza burçy nola deň; aşaky birleşmede bize planetanyň ýagtylandyrylmaýan tarapy bakyp durýar. Käwagt (örän seýrek bolýar), Günün we planetanyň ekliptiki giňlikleri örän az tapawutlanýarlar we şonda planeta Gün diskiniň önünden ýa-da arka tarapyndan geçýär. Aşaky birleşmäniň ýakynynda Merkuriý we Wenera inçejik orak ýaly bolup görünýärler. Faza

burçy $\psi_2 = 90^\circ$ bolanda diskiň deň ýarysy ýagtylandyrylýar (kwadratura). 151-nji çyzgydan görnüşi ýaly, eger planetanyň orbitasy Ýer orbitasynyň daşynda ýerleşen bolsa (ýokarky planetalar), onda onuň faza burçy 180° -a ýetip bilmez. Garşyda durmada bu planetalar üçin faza burçy takmynan nola deň we disk doly ýagtylandyrylýar.



151-nji çyzgy. Faza burçunyň üýtgemesi.

- a) Merkuriýniň we Weneranyň faza burçy 0° -dan 180° çenli üýtgeýär;
b) ýokarky planetalaryň faza burçy $\psi_m < 180^\circ$ maksimal baha ýetip, soňra kemelýär.

Garşyda durmadan uzaklaşdygyça faza burçy ulalýar, käbir ψ_m maksimal baha ýetýär we ýene-de birleşmede nola deň bolýar. Planeta Günden näçe daşda boldugyça, şonça-da onuň maksimal faza burçy ψ_m kiçidir. Marsyň maksimal faza burçy 47° -a, Ýupiter üçin 12° -a, Saturn üçin 6° -a, Uran üçin 3° -a, Neptun üçin 2° -a deňdir.

Merkuriý, Wenera we Mars planetalarynyň görünýän burç ölçegleri bu planetalaryň özara we Ýere görä ýerleşişlerine baglydyr. Wenera we Merkuriý aşaky birleşme wagtynda Ýere iň ýakyn bolýarlar we şonda olaryň burç diametrleri maksimal baha eýedir. Emma aşaky birleşmede biz planetanyň diskiniň ýagtylandyrylmaýan tarapyny görýäris. Ondan başga-da aşaky we

Weneranyň atmosferasynyň gurluşynyň hemme meseleleri doly çözüldir diýip hasaplamak mümkin däl. Bu meseleleri çözmek üçin kosmos tehnikasyny peýdalanyp geçirilýän we Ýeriň üstünden geçirilýän gözegçilikleri utgaşdyryp alyp barylmaladyr. Mysal üçin, Weneranyň bulut gatlagynyň tebigaty doly aýdyň däl.

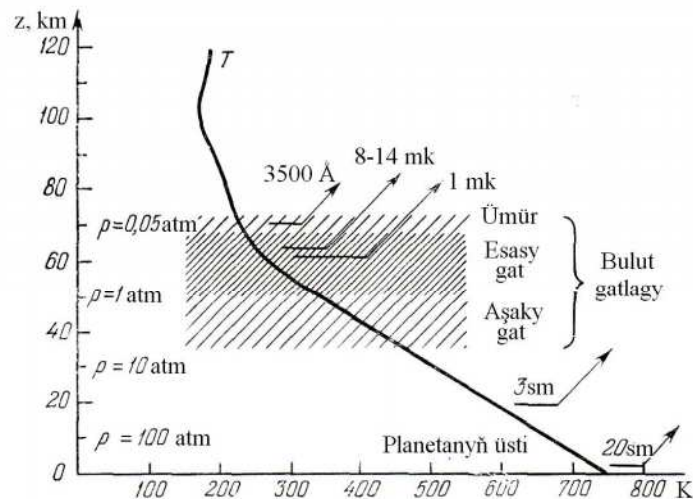
Onuň düzümi barada dürli çaklamalar bardyr. Olaryň birine görä Weneranyň bulut gatlagynyň ýokarky bölegi kükürt kislotasynyň konsentirlenen ergininden ybarat bolmaly. Bu gatlagyň optiki häsiýetnamalary (döwürme we siňdirme koeffisiýentleriniň tolkun uzynlygyna baglylygy) bu çaklama bilen ýeterlik ylalaşykdadyr.

Awtomatik planetaara stansiýalarynyň we planetanyň üstüne düşürilýän enjamlaryň kömegi bilen geçirilen barlaglar bulut gatlagynyň gurluşy baradaky düşüňjeleri anyklamaga mümkinçilik berendir. Bulutlaryň has dykyz gatlagy 50-den 65 km çenli beýiklikleri tutýandyr. Ondan aşakda 50-den 35 km çenli dykyzlyk birnäçe esse kemelýändir. Atmosferanyň has aşaky gatlaklarynda Gün şöhlelenmesi esasan hem CO_2 -de releýiň dagynyk serpikmesiniň hasabyna gowşadylýar. Ýöne şunlukda bulutlaryň has dykyz ýokarky gatlagy optiki häsiýetnamalary boýunça Ýerdäki bulut diýen düşüňje bilen deňeşdirenimizde seýreklandirililen ümüre (dumana) ýakyndyr. Bu ýerde görünýän uzaklyk birnäçe kilometrlere ýetýändir.

Weneranyň magnitosferasy we ionosferasy hem öwrenilendir. APS-larda oturdylan magnitometrler Weneranyň magnit meýdanynyň ýok diýen ýalydygyny, ýagny Ýeriň magnit meýdanyndan 3000 esse kiçidigini görkezdi. Ýöne muňa garamazdan, Wenera planetaara magnit meýdanynda tolgunma döredýändir. Planeta özüniň orbitasy boýunça hereketinde Gün ýelini kesip geçip, urgy tolkunynyň häsiýetli konusyny emele getirýändir. Bu özara täsir planetanyň atmosferasynyň ýokarky böleginde elektrik zarýadlarynyň, ionosferasynyň barlygy sebäpli ýüze çykýandyr.

Wenera massasy we ölçegleri boýunça Ýere has meňzeş planetadyr. Onuň içki gurluşy hem çen bilen Ýeriň içki gurluşyna

başgaça aýdylanda onuň ýylylyk inertliginiň uludygy bilen baglylykda, örän haýal reaksiýasy bilen düşündirilýär.



159-njy çyzgy. Weneranyň atmosferasynyň gurluşy. Dürli tolkun uzynlyklarda şöhlelenmäniň we siňdirmäniň Weneranyň atmosferasynyň haýsy beýikliklerine degişlidigi görkezilen.

Weneranyň üstüniň gyzdyrylmagynyň esasy sebäbi parnik hadysasy bolmalydyr. Onuň döremegi üçin iki şert ýerine ýetmelidir: a) Gün şöhlelenmesi üçin atmosfera ýeterlik dury bolmalydyr; b) planetanyň üstüniň ýylylyk şöhlelenmesi (maksimumy infragyzyň çäklerde) üçin atmosfera ýokary derejede dury däl bolmalydyr. Planetanyň üstünden çykýan, ýokarlygyna ugrukdyrylan we şöhle ýylylyk geçirijiligi pes bolan atmosfera gatlaklaryndan geçýän ýylylyk akymy troposferada temperaturanyň uly tapawudynyň döremegine getirýär. (b) şertiň ýerine ýetirilmegini atmosferanyň düzümi üpjün edýär, ýagny düzüminde az mukdarda H_2O garyndysy bolan CO_2 infragyzyň şöhlelenmäni örän güýçli siňdirýändir. (a) şertiň ýerine ýetirilýändigini “Wenera-9” we “Wenera-10” kosmos apparatларыnyň planetanyň üstüniň ýagtylandyrylyşyny ölçemeleri tassyklady. Bu ölçemeler Gün energiýasynyň 5-10 %-niň planetanyň üstüne bulutlardan dagynyk serpigen şöhlelenme görnüşinde ýetýändigini görkezdi.

ýokarky birleşmede planetadan Güne çenli burç aralyk (elongasiýa) örän kiçidir we şol sebäpli gözegçilik etmek örän çylşyrymlaşýandyr. Wenera bilen Merkuriýni iň uly elongasiýasynyň ýakynynda gözegçilik etmek amatlydyr. Merkuriýniň iň uly elongasiýasy 28° -a ýetýär, ýöne bu ýagdaýda hem ony diňe alagaraňkyda ýa-da gündizine gözegçilik edip bolýar. Wenera maksimal elongasiýada (48°) Gün dogmazyndan takmynan üç-dört sagat öň dogýar (ýa-da agşam görünende Gün ýaşandan soň üç-dört sagat soň ýaşýar). Eger Merkuriý we Wenera Güne gaty golaý bolmadyk ýagdaýlarynda olary gündizine teleskopda görüp bolýar.

Marsyň burç ölçegleri garşyda durmada maksimal baha eýedir. Garşyda durma nol faza bilen (disk бүтewiligine ýagtylandyrylýar) gabat gelýär, şol sebäpli planeta gözegçilik etmek üçin bu iň amatly ýagdaýdyr. Garşyda durmada diskdäki iň kiçi ölçegli detallary seljerip bolýandyr. Marsyň orbitasynyň eksentrisiteti uly bolany sebäpli dürli garşyda durmada Marsdan Ýere çenli aralyk birmeňzeş däl. Garşyda durma planetanyň perigeliýden geçme pursatyna gabat gelse, onda aralyk minimaldyr (55 mln.km töweregi, Beýik garşyda durma) we afeliýde gabat gelse maksimaldyr (100 mln.km töweregi).

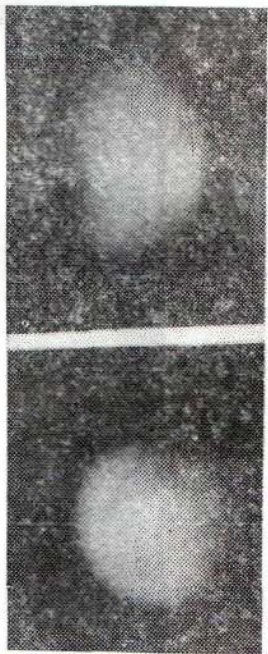
Ýokarky planetalaryň beýlekileriniň orbitalary Ýeriň orbitasyndan köp uludylar, şonuň üçin olar garşyda durmadan uzaklaşanlarynda Ýere çenli aralyk, Mars bilen deňeşdirilende az derejede üýtgeýändir. Faza hem uly bolmadyk çäklerde üýtgeýändir. Şol sebäpli, garşyda durmadan uzaklarda hem bu planetalara gözegçilik etmek üçin şertler köplenç amatly bolýandyr.

§126. Merkuriý

Güne iň golaý ýerleşen planeta Merkuriý ölçegleri boýunça Aýdan sähelçe uludyr, ýagny onuň radiusy 2439 km deňdir. Emma onuň orta dykzlygy ($5,45 \text{ g/cm}^3$) Aýyň dykzlygyndan köp uludyr we Ýeriň dykzlygyna ýakynydyr. Üstünde agyrylyk

güýjüniň tizlenmesi 372 sm/s^2 deňdir, ýagny Ýerdäkiden 2,6 esse kiçidir. Günüň daşyndan aýlanma periody Ýerdäki 88 gije-gündize deňdir. Burç ölçegleri kiçi bolany üçin (in uly elongasiýada $7''$ deň) we Güne ýakynlygy sebäpli Merkuriýni (152-nji çyzgy) gözegçilik etmek çylşyrymlydyr.

Radiolokasiýa gözegçilikleri Merkuriýniň öz okunyň daşyndan aýlanma ugruny we periodyny kesgitlemäge mümkinçilik berendir. Bu tejribelerde Merkuriý diametri 300 m bolan äpet antennanyň (Aresibo observatoriýasy, Puerto-Riko) kömegi bilen tolkun uzynlygy 70 sm bolan radiosignallaryň dowamly impulslary bilen şöhlelendirilendir.



152-nji çyzgy. Merkuriýniň dürli fazalarda alynan fotosuratlary.

Eger planeta öz okunyň daşynda aýlanýan bolsa, onda Dopleriň hadysasy sebäpli serpigen impuls ýygylýk boýunça giňelýär. Ýerden görüňän aýlanma planetanyň öz okunyň daşyndan hakyky aýlanmasyndaky we orbitasy boýunça hereket edende öwrülmeden ybaratdyr.

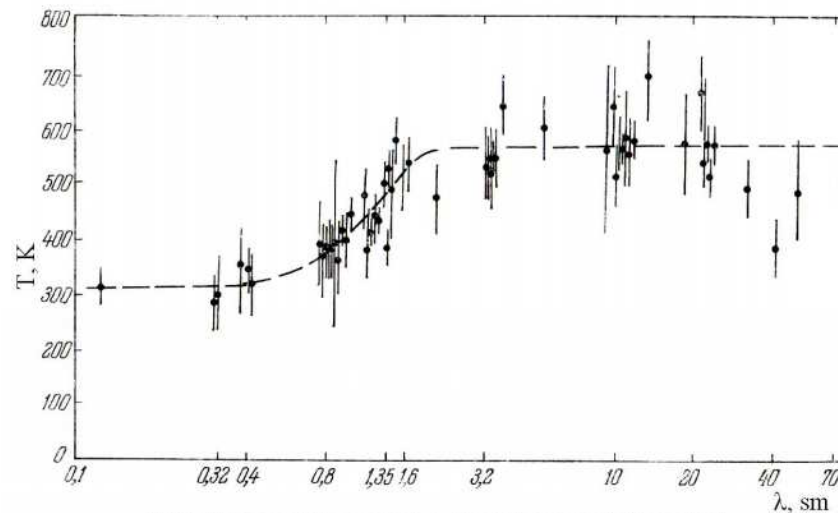
Radiolokasiýa gözegçilikleri planetanyň orbitasynyň dürli nokatlarynda bolan ýagdaýynda geçirip, okunyň daşyndan aýlanma tizligini we ugruny kesgitlep bolýar.

Radiolokasiýa gözegçilikleriň netijesinde Merkuriýniň dogry ugurda öz okunyň daşyndan aýlanýandygyny we aýlanma periodynyň $58,65$ gije-gündize deňdigi kesgitlendi. Bu bolsa, planetanyň Günüň daşyndan aýlanma periodynyň $2/3$ bölegine ýakyndyr. Aýlanma oky ekliptikanyň

tekizligine takmynan perpendikulýardyr.

Merkuriýniň diskindäki azda-kände durnukly detallara

şöhlelenmesi ölçenendir. Kosmos apparatlarynyň kömegi bilen Wenerany öwrenmeklik, astronomik gözegçiliklerden alynan netijeleri gös-göni ölçegleriň kömegi bilen barlamaga mümkinçilik beren az sanly ýagdaýlaryň biridir



158-nji çyzgy. Weneranyň radiosöhlelenmesiniň spektri. Absissa oky boýunça tolkun uzynlyklary, ordinata oky boýunça ýitilik temperatura berlen.

Ýitilik temperaturasynyň santimetr uzynlykly tolkunlaryň kömürturşy gazynda, tolkun uzynlygynyň kiçelmegi bilen ulalýan, siňdirilme bilen düşündirilýär. Şöhlelenme koeffisiýentiniň siňdirme koeffisiýentine proporsional bolany sebäpli, gysga tolkunlarda atmosferanyň özi şöhlelenmäniň çeşmesi bolýandyr. Tolkun uzynlygy näçe gysga boldugyça (degişlilikde siňdirme koeffisiýenti uly boldugyça), gözegçilik edilýän şöhlelenmäniň atmosferada göýberilýän effektiv derejesi sonça-da ýokarydyr. Infragyzyň çäklerde (5 -den 10 mikron aralygynda), ýokarky araçägindäki temperaturasy $235-240 \text{ K}$ töweregi bolan, Weneranyň atmosferasyndaky bulutlar şöhlelendirýärler. 159-njy çyzgyda, dürli tolkun uzynlyklarda şöhlelenmäniň Weneranyň atmosferasynyň haýsy beýikliklerine degişlidigi görkezilen. Radio- we infragyzyň temperaturalar gije we gündiz taraplary üçin deň diýen ýalydyr. Bu bolsa ýagtylandyrylyş düzgüniniň üýtgemesine atmosferanyň massasynyň uly bolmagy, ýagny

“Mariner-5” we “Mariner-10” Weneranyň golaýyndan uçup geçenlerinde ony öwrenendirler. Ýöne planetany öwrenmek üçin onuň töweregidäki orbita çykarylan emeli hemralardan peýdalanmak amatlydyr. “Wenera-9” we “Wenera-10” kosmos apparatlary düşürilýän enjamy bölünip aýrylandan soň, planetanyň töweregidäki orbita çykarylyp, onuň ilkinji emeli hemralary bolandyr. Bu hemralar planetanyň atmosferasyny, bulut gatlagyny we Gün ýeliniň (şemalynyň) planeta bilen özara täsirini öwrenmek üçin enjamlar bilen üpjün edilendir. Planetanyň atmosferasyny radiotolkunlar bilen zondirleme netijesinde atmosferanyň dykzlygynyň we temperaturasynyň beýiklige görä üýtgemesi öwrenilendir. Bu gözegçiliklerde atmosferanyň parametrleri radiotolkunlaryň atmosferanyň içinden geçenlerinde döwürleşmegi bilen baglylykda faza süýşmeleri boýunça kesgitlenendir.

Üstüniň ýokary temperaturasynyň, uly atmosfera basyşynyň we düzüminde CO_2 -niň köp mukdarda bolmagynyň özara baglanyşygy bolmalydyr. Ýokary temperatura karbonat jynslarynyň CO_2 bölünmegi bilen silikat jynslara öwürilmegine ýardam edýändir. Ýeriň üstünde kömürturşy gazy (CO_2) biosferanyň täsiri netijesinde çökündi jynslara öwürülýär. Emma Wenerada biosfera ýokdur. Ýöne atmosferanyň düzüminde CO_2 -niň köp mukdarda bolmagy Weneranyň üstüniň we atmosferasynyň aşaky gatlaklarynyň gyzdyrylmagyna ýardam edýär.

Weneranyň atmosferasynyň aşaky gatlaklarynyň ýokary temperaturalary bolmaly diýen netije Ýerden geçirilen astronomik gözegçilikleriň maglumatlary boýunça çykarylandyr. APS-laryň geçiren ölçegleri temperatura baradaky netijeleri has takykklamaga mümkinçilik berendir. 158-nji çyzgyda Ýerdäki radioteleskoplaryň kömegi bilen geçirilen köp sanly ölçemelerden kesgitlenen, Weneranyň radioşöhlenenmesiniň spektri görkezilen.

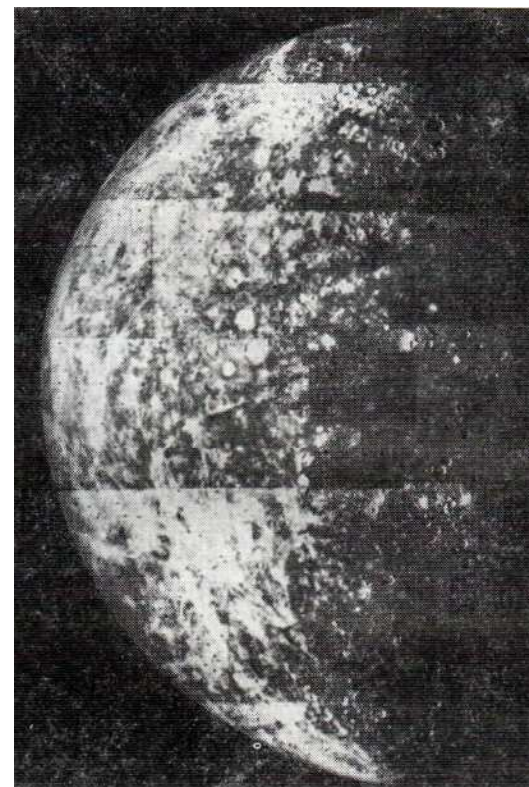
Ordinata oky boýunça ýitilik temperatura berlen (monohromatik ýitiligi hakyky çeşmäniň ölçenen ýitiligine deň bolan absolýut gara jisimiň temperaturasy). 3-den 20-i santimetr çäklerde temperatura $600-700K$ ýetýär. Weneranyň atmosferasy bu ýygylýklarda durudyr, şonuň üçin üstüniň gös-göni ýylylyk

gözegçilikler netijesinde şeýle periodlar kesgitlenendir:

$$t = T; \quad t = \frac{4}{5}T; \quad t = \frac{2}{3}T; \quad t = \frac{4}{7}T, \quad (9.7)$$

bu ýerde T —Günüň daşyndan aýlanma peridy. Bu bahalaryň üçünjisi radiolokasiýa usuly bilen kesgitlenen period bilen gabat gelýär. Periodlaryň bular ýaly gatnaşygynda planetada Gün gije-gündiziniň dowamlylygy (Günüň yzygider iki sapa dogmasynyň wagat aralygy) iki Merkuriý ýylyna deňdir.

Amerikan kosmos aparaty “Mariner-10” Merkuriýniň



153-nji çyzgy. “Mariner-10” kosmos aparatynyň telewizion kameralarynyň Merkuriýni „mozaika“ görnüşli düşüren fotosuraty.

fototelewizion şekilini, Ýerden Aýa teleskoplarda seredilende detallary seljerip bolýan derejede iberendir (153-nji çyzgy).

Merkuriýniň üsti Aýyň üstüni ýada salýandyr. Birinji göze ilýäni —dürli ölçeglerdäki kraterleriň köplügidir. Emma tapawutlary hem bardyr. Merkuriýde tekiz we kraterler bolmadyk, giň deňizler ýokdur. Ýöne başga bir tarapdan, Merkuriýde müňlerçe kilometrlere çenli uzap gidýän, beýiklikleri birnäçe kilometrlere ýetýän emele gelmeler, belentlikler bardyr. Bular planetanyň ösüş prosessinde gysylandygyny tassyklaýar.

Aýyň we Merkuriýniň meňzeşligini olaryň fotometrik we polýarimetrik häsiýetnamalarynyň, ýagny ýyldyz ululygynyň we polýarlanmanyň faza baglylygynyň, üstüniň serpikdirijilik ukybynyň gabat gelmegi tassyklaýar. Edil Aýda bolşy ýaly, infragyzyl şöhlelenme boýunça ölçenen temperatura uly çäklerde üýtgemelere sezewardyr. Günortan ekwatorda maksimal temperatura 700 K ýetýär, gije tarapynda bolsa ol 100 K çenli pese düşýär. Ýöne planetanyň gündiz we gije taraplarynyň santimetr uzynlykly ýylylyk radioşöhlelenmeleriniň intensiwligi az tapawutlahýarlar. Diýmek, Merkuriýniň topragyň üstki gatlagy edil Aýyň üstüniň ýokarky gatlagyna meňzeşdir we kiçi dykyzlygy bolan, örän ownuk jynslardan ybaratdyr (regolit).

Merkuriýniň atmosferasynyň dykyzlygy örän kiçidir, üstündäki konsentrasiýa 10^6 sm^{-3} -den köp däldir. Ýeriň atmosferasynda bular ýaly konsentrasiýa 700 km beýiklige degişlidir. “Mariner-10”-da geçirilen spektroskopik ölçegler onuň atmosferasynyň düzüminde gelýniň bardygyny görkezdi (konsentrasiýasy

10^{-4} sm^{-3}).

Merkuriýniň hususy magnit meýdany bardyr. Ekwatoryň ýakynynda onuň güýjenmesi $0,002e$ deň (Ýerdäkiden 300 esse kiçi). Magnit dipolynyň oky aýlanma oky bilen takmynan gabat gelýär.

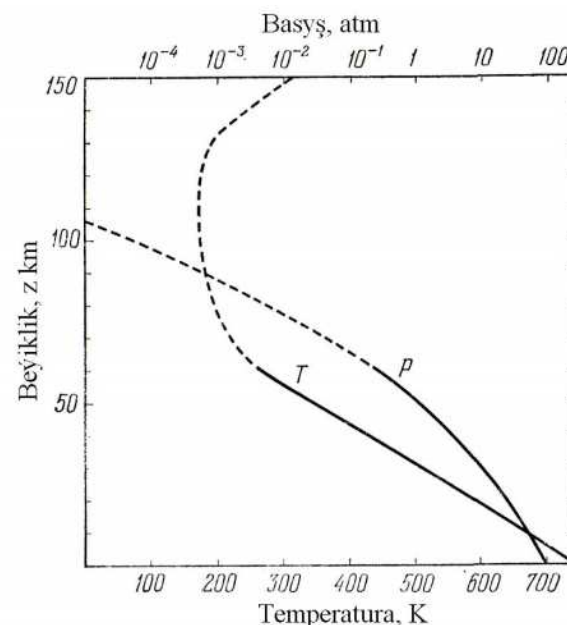
Merkuriýniň hemrasy ýokdur.

§127. Wenera.

Wenera planetasynyň (154-nji çyzgy) massasy we radiusy Ýeriň massasyna we radiusyna ýakyndyr ($0,82M_{\oplus}$ we $0,95R_{\oplus}$

suwuň mukdary bilen deňeşdirilende bu ululygyň örän kiçidigini bellemek zerurdyr. Wenerada okeanlar ýokdur we planetanyň geologiki taryhynda bölünip çykan suwuň ähli mukdary onuň atmosferasynda jemlenen bolmalydyr.

“Wenera-6”--“Wenera-10” sowet APS-lary planetanyň atmosferasynyň aşaky gatlaklarynda basyşy, temperaturany we dykyzlygy ölçändirler. 157-nji çyzgyda bu tejribelerde alynan, temperaturanyň we basyşyň beýiklige baglylykda üýtgeýşi görkezilendir.

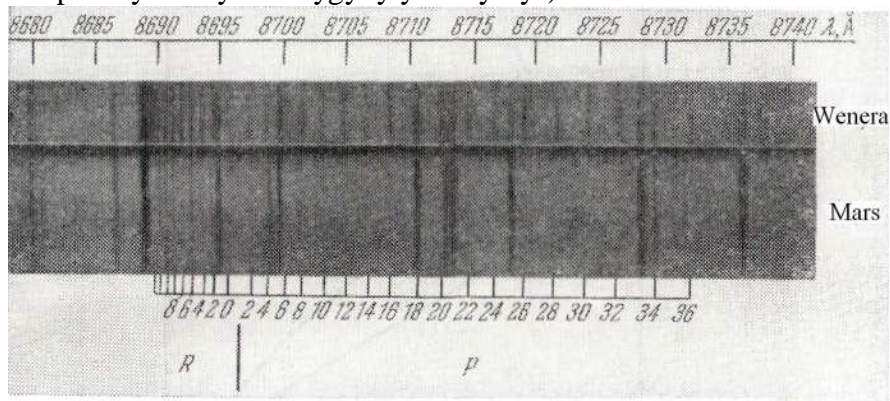


157-nji çyzgy. Weneranyň atmosferasyndaky basyş we temperatura.

Bu APS-laryň geçiren ölçegleri netijesinde Weneranyň üstüniň temperaturasynyň 750 K töwregi, basyşyň bolsa 100 atm ýakyndygy kesgitlenildi. Kosmos serişdeleriniň kömegi bilen Wenerany öwrenmek diňe onuň üstüne gondurylan apparatlar bilen çäklenmeýär. “Wenera-4” kosmos apparaty planetanyň üstüne gondurylýan enjamy bölünip aýrylandan soň, uçup geçýän traýektoriasynda ýokarky atmosferada ultramelewşe fotometriň kömegi bilen barlaglary geçirendir. Amerikan kosmos apparatlary

ýerlerinde planetanyň maddasynyň dyklyzlygy $2,8\text{g/sm}^3$ ýakyn, düzümindäki radioişjeň elementleriň derejesi boýunça bolsa bu dag jynslaryň düzümi bazaltlara, ýagny Ýer gabygynyň iň köp duş gelinýän, çogup çykan jynslaryna meňzeşdir.

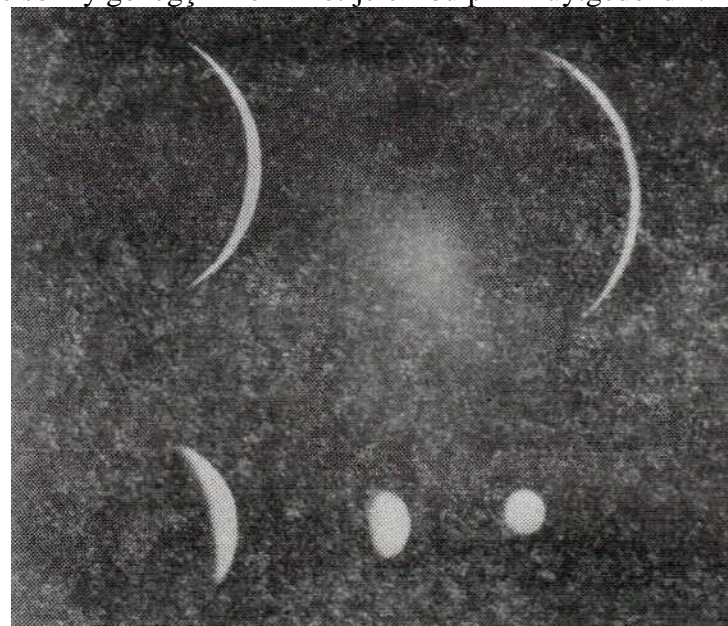
Weneranyň atmosferasynyň häsiýetnamalaryna seredeliň. Spektroskopik gözegçilikleriň netijeleri boýunça Weneranyň atmosferasynda CO_2 , şeýle hem CO_2 bilen deňeşdireniňde has az mukdarda beýleki gazlar (H_2O , CO , HCl , HF) bardyr. 156-njy çyzygyda özünde CO_2 zolagyny saklaýan, Weneranyň spektriniň bölegi görkezilen (molekulalaryň infragyzyly spektriniň zolaklardan, ýagny kesgitli yzygiderlikde ýerleşen, çyzyklaryň toparlaryndan ybaratdygyny ýatladýarsyň).



156-njy çyzygy. Weneranyň we Marsyň 8680-8740 Å çäklerdäki spektrogrammalary. Weneranyň spektrindäki CO_2 güýçli çyzyklaryna Marsyň spektrindäki CO_2 gowşak çyzyklary takyk gabat gelýärler.

Spektroskopik maglumatlaryň köp sanlylygyna garamazdan, Weneranyň atmosferasynda örän dyklyz bulut gatlagynyň barlygy sebäpli, düzümindäki CO_2 -niň mukdaryny kesgitlemek çylşyrymlydyr. APS-lar uçurylmazdan öň, Ýere meňzeşlikde, Weneranyň atmosferasynda hem azot köp bolmaly diýip hasaplanypdyr. “Wenera-4,5,6” APS-larda geçirilen göni ölçemeler Weneranyň atmosferasynyň düzüminiň 97 %-ni CO_2 , 2 % töweregini bolsa azot düzýändigini görkezdi. H_2O mukdary atmosferanyň has aşaky gatlaklarynda 0,1 %-den köp däl (“Wenera-9” we “Wenera-10” maglumatlary boýunça). Ýerdäki

degişlilikde). Baryp 1761-nji ýylda Weneranyň Günün diskinden geçmesine gözegçiliklerden, rus alymy M.W.Lomonosow bu planetanyň edil Ýere meňzeşlikde, atmosfera gatlagynyň bardygyny kesgittäldi. Şeýlelikde, Wenera we Ýer köp häsiýetnamalary boýunça biri-birine meňzeşdir. Bu maglumatlaryň esasynda köp wagtlap Weneranyň we Ýeriň üstündäki fiziki şertler biri-birinden köp tapawutlanmaly däl diýip hasaplanypdyr. Ýöne soňky gözegçilikleriň netijeleri bu pikiri üýtgedendir.



154-nji çyzygy. Weneranyň dürli fazalardaky fotosuraty.

Weneranyň burç diametri ýeterlik uludyr. Ol ýokarky birleşmäniň ýakynynda 20"-dan aşaky birleşmede 1'-e çenli aralykdaky bahalary alýar. Iň uly elongasiýasynyň ýakynynda planetanyň diskiniň görünýän üstüniň limbden terminatora tarap ýuwaş-yuwaşdan garalýandygyny görmek bolýar. Käwagtlar bu garalmalar yzygiderli bolýan däl dirler. Gözegçiliklerde görnüşleri gün-günden üýtgeýän, diskdäki duman şekilli tegmilleri seljerip bolýar. Bu tegmiller bulutlaryň düzüminiň detallary bolmalydyr. Wenerada bulutlar örän dyklyz, bütewi gatlagy emele getirýändir.

Bu bulutlar planetanyň üstüni bizden doly ýapýandyr.

Planetanyň öz okunyň daşyndan aýlanmasyny onuň diskinde gözegçilik edilýän detallaryň görüňän orun üýtgetmeleri boýunça kesgitlemek iň ýönekeý usuldyr. Weneranyň ultramelewşe tolkunlarda düşürilen fotosuratlarynda detallaryň hereketleri boýunça kesgitlenen, öz okunyň daşyndan aýlanma periody Ýerdäki dört gije-gündize deňdir, ýagny Günüň daşyndan aýlanma periodyndan (225 gije-gündiz töweregi) köp kiçidir. Ýöne ultramelewşe şöhlelerde biz planetanyň atmosferasynyň ýokarky gatlaklaryndaky bulutlara gözegçilik edýändiris, bu bulutlar atmosferanyň sirkulýasiýasy bilen bagly bolan yzygiderli hereketlere eýe bolup bilerler.

Weneranyň gaty jisiminiň öz okunyň daşyndan aýlanma tizligini diňe radiolokasiýanyň kömegi bilen ynamly kesgitläp bolýandyr. Radiolokasiýa barlaglary radiotolkunlaryň desimetr diapazonunda geçirilendir. Bu gözegçiliklerden Weneranyň öz okunyň daşyndan aýlanma periodynyň Ýerdäki 243,2 gije-gündize deňdigi we bu aýlanmanyň beýleki planetalaryň aýlanma ugruna, ýagny öz orbitasy boýunça hereketiniň ugruna tersdigi kesgitlenendir. Aýlanma oky orbitasynyň tekizligine takmynan perpendikulýardyr. Şonuň üçin Wenerada ýylyň pasyllarynyň çalyşmasy ýokdur.

Radiolokasiýadan kesgitlenen, öz okunyň daşyndan aýlanma periody planetanyň gaty jisiminiň aýlanma tizligini berýändir, sebäbi desimetr uzynlykly radiotolkunlar bulut gatlaklaryndan erkin, ýitgisiz diýen ýaly geçýändir. Ultramelewşe fotosuratlar boýunça kesgitlenen period bolsa, planetanyň atmosferasynyň ýokarky gatlaklarynda bulutlaryň (sistematiki) hereketleri bilen kesgitlenýändir.

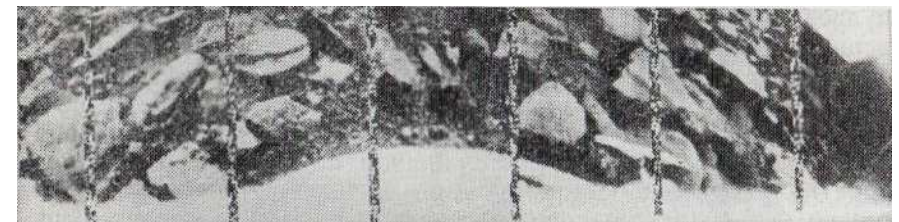
Öz okunyň daşyndan aýlanma (243 gije-gündiz) we Günüň daşyndan aýlanma (225 gije-gündiz) periodlary ululyklary boýunça golaý, ugurlary garşylykly bolany üçin, Günüň daşyndan bir doly aýlaw aýlanýança Wenerada Günüň iki dogma we iki ýaşma hadysasy bolýar, ýagny Wenerada Gün gije-gündiziniň dowamlylygy Ýerdäki 117 gije-gündize deňdir.

Weneranyň öz okunyň daşyndan aýlanmasynyň ýene bir

gyzykly aýratynlygy bardyr. Onuň öz okunyň daşyndan aýlanma tizligi aşaky birleşme wagtynda Weneranyň mydama şol bir tarapy bilen Ýere bakyp durmagyny üpjün edýändir. Onuň sebäbi Weneranyň Günüň daşyndan aýlanmagynyň sinodik periody 584 gije-gündize deňdir we öz içine Wenerada 5 Gün gije-gündizini alýandyr ($5 \cdot 117 = 584$ gije-gündiz).

Radiolokasiýa gözegçilikler Weneranyň gaty üstüniň radiusyny kesgitlemäge mümkinçilik berendir. Birnäçe kilometr takyklyk bilen kesgitlenen radiusy 6052km-e deňdir. Radiolokasiýanyň kömegi bilen birnäçe kilometr takyklykda Weneranyň üstüniň şekili alynandyr. Şonda Aýdaky we Marsdaky kraterlere meňzeş, ýöne has ýylmanan kraterleriň bardygy anyklanandyr. Ekwatorial guşakda üstüniň бүдүр-сүдүрлігіniň beýikligi 2 km-den uly däl.

“Wenera-9” we “Wenera-10” awtomatik planetaara stansiýalarynyň (APS) aşak düşürilýän apparatlary planetanyň üstüne ýumşak gonup, Ýere planetanyň üstüne gonan ýerleriniň şekilini iberendirler (155-nji çyzgy). Şekil görüňän şöhlelerde, işleýşi mehaniki telewideniýä meňzeş bolan, telefotometriň kömegi bilen alnandyr. “Wenera-9” gonan ýeriniň, ýeterlik iri daşlar pytradylan görnüşli şekiliniň bardygy suratdan görüňär. Şeýle görnüşli üstün ýaşynyň uly bolup bilmejekdigi (10^6 - 10^7 ýyl) bellidir we Weneranyň geologik işjeň planetadygy gelip çykýar.



155-nji çyzgy. Weneranyň üstüniň „Wenera-9“ APS-nyň telefotometriňiň Ýere iberen şekili

“Wenera-8”, “Wenera-9” we “Wenera-10” APS-lar planetanyň üstündäki dag jynslarynyň dykzlygyny we olaryň düzümindäki tebigy radioişjeň elementleriň bardygyny kesgitlemek üçin niýetlenen enjamlar bilen üpjün edilendir. Bu APS-laryň gonan

elementleriň garyndylarydyr. Aerolitleriň düzümindäki kislorod bilen kremniýniň gatnaşygy Ýer gabygyndaky bilen deňeşdirerlikdir, demir bolsa agdyklyk edýändir. Siderolitlerde, ýagny demir-daş düzüjili meteoritlerde düzüminiň takmynan 55%-demir, 19%-kislorod, 12%-magniy, 8%-kremniý, 5%-nikel we 1%-garyndylardyr. Sideritlerde, demir düzüjili meteoritlerde düzüminiň 91%-demir, 8%-nikel, 0,5% kobalt we misiň, fosforyň, kükürdiň, kremniýniň garyndylarydyr.

Häzirki wagta çenli massasy grammlardan başlap onlarça tonnalara ýetýän meteoritleriň Ýer ýüzi boýunça müňlerçesi ýygnalandyr. In uly, demir düzüjili meteorit 1920-nji ýylda Günorta-günbatar Afrikada, Namibiýada Gobabis şäheriniň ýakynynda tapylan Goba meteoritidir. Onuň plita görnüşi bolup, ölçegleri $3 \times 3m$ we galyňlygy 0,9-dan $1m$ töweregidir, massasy bolsa 60tonna deňdir.

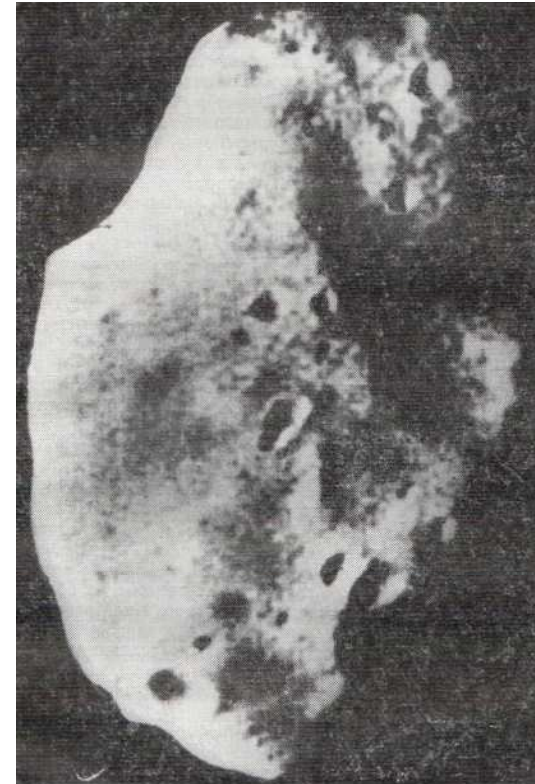
Meteoroidler Ýer atmosferasynyň dykyz gatlaklarynda hereket edenlerinde olaryň üstleri güýçli, ýagny 2500-3000 gradusa çenli gyzýar, ereýär we bugarýar. Bu hadysalar demir düzüjili meteoritlere az derejede, daş düzüjili meteoritlere bolsa köp derejede täsirini ýetirýärler. Netijede Ýeriň üstüne gaçan meteoritiň massasy atmosfera aralaşan meteoroidiň başlangyç massasynyň 5-10% deňdir. Ownuk meteoroidler bolsa tutuşlygyna tozap, pürkülip gutarýandyrlar. Statistiki hasaplamalar her 40 müň meteoroidden diňe biriniň Ýeriň üstüne ýetýändigini görkezýär.

Meteoritleri Ýer jynslaryndan tapawutlandyrýan, häsiýetlendiriji aýratynlyklary bardyr, ýagny meteoroidiň atmosfera nereket edende gyzmagy netilesinde emele gelen gabygy (galyňlygy $1mm$ töweregi), gabygynyň üstünde gatap galan akymjyklary we damjalar, howa akymynyň galdyran yzlary bardyr.

Meteoritiň Ýeriň üstüne gaçma tizligi massasyna, kesesiginiň meýdanyna, aerodinamikanyň kanunlaryna laýyklykda garşylyk görkezýän, atmosferanyň dykyz gatlaklaryna giren pursatyndaky tizligine baglydyr. Meteoroidiň atmosfera girme tizligi öz gezeginde Ýere görä tizliginiň ugruna baglydyr. Ýeriň aýlanma ugry boýunça hereket edýän, ýagny onuň zyndan ýetýän

aýlanýar. Mars öz okunyň daşyndan bir aýlaw aýlanýança Fobos planetanyň daşyndan dogry ugurda üç sapar aýlanyp ýetişýär. Özi hem günbatarda dogup, gündogarda ýaşýar, her aýlawda öz fazasyny üýtgedýär.

Deýmos Marsdaň ortaça uzaklygy 23500 km, onuň daşyndan aýlanma peridy 1,262 gije-gündiz ýa-da $30^h 18^m$, ýagny planetanyň öz okunyň daşyndan aýlanmasýndan bary-ýogy $5^h 41^m$ uludyr. Şonuň üçin Deýmos gündogarda dogýar, ýuwaşlyk bilen günbatara tarap gözýetimden ýokarda hereket edip, 65 sagatdan soň planetanyň ekwatorial zolagynyň ýakynynda ýaşýar. Şol



165-nji çyzgy. Marsyň hemrasy Fobosyň „Mariner-9“ APS-yn telewizion kamerasynyň 5000km uzaklykdan düşüren fotosuraty.

wagtyň dowamynda planetada iki ýarym töweregi Gün gije-gündizi geçýär. Netijede, Deýmos her gün dogup ýaşmaýar, ýöne $30^h 20^m$ -da fazasyny doly üýtgedýär.

Ýer topar planetalarynyň häsiýetnamalarynda umumylyklary köpdür. Olarda ähli madda litosferada jemlenendir. Ýer topar planetalarynyň massalary $1,5 \cdot 10^{-7}$ –den $3 \cdot 10^{-6} M_{\oplus}$ çäklerde, radiuslary bolsa takmynan $3,5 \cdot 10^{-3}$ –den $9 \cdot 10^{-3} R_{\oplus}$ çenli çäkdedir. Orta dykyzlyklary 4-

den (Mars) $5,4 \div 5,5 g/sm^3$ (beýleki üç planeta) aralyklardadyr.

Marsdaň ortaça uzaklygy 23500 km, onuň daşyndan aýlanma

periody 1,262 gije-gündiz ýa-da $30^h 18^m$, ýagny planetanyň öz okunyň daşyndan aýlanmasyndan bary-ýogy $5^h 41^m$ uludyr. Şonuň üçin Deýmos gündogarda dogýar, ýuwaşlyk bilen günbatara tarap gözýetimden ýokarda hereket edip, 65 sagatdan soň planetanyň ekwatorial zolagynyň ýakynynda ýaşýar. Şol wagtyň dowamynda planetada iki ýarym töweregi Gün gije-gündizi geçýär. Netijede, Deýmos her gün dogup ýaşmaýar, ýöne $30^h 20^m$ -da fazasyny doly üýtgedýär.

Ýer topar planetalarynyň häsiýetnamalarynda umumylyklary köpdür. Olarda ähli madda litosferada jemlenendir. Ýer topar planetalarynyň massalary $1,5 \cdot 10^{-7}$ –den $3 \cdot 10^{-6} M_{\oplus}$ çäklerde, radiuslary bolsa takmynan $3,5 \cdot 10^{-3}$ –den $9 \cdot 10^{-3} R_{\oplus}$ çenli çäklerdedir. Orta dykzylyklary 4-den (Mars) $5,4 \div 5,5 g/sm^3$ (beýleki üç planeta) aralyklardadyr. Bu topar planetalaryň hemmesiniň jümmüşinde elementleriň himiki differensiasıýasy (bölünmesi) bolýar, ýagny agyr elementler (hususan Fe) merkeze jemlenýärler, ýeňil we ýeňil ereýän elementler bolsa daşky gatlaklarda konsentrirenýärler, daşky gabyk we mantiýa silikat jynslardan düzülendirler diýip hasaplanýar. Planetalaryň dördüsiniň hem suwuk ýadrosynyň bolmagy ahamaldyr. Olaryň ikisinde, ýagny Ýerde we Marsda wulkanlar bardyr. Toparyň planetalarynyň ählisiniň üstlerinde dürli masştablardaky tektoniki hereketleriň yzlary bardyr (daglaryň emele gelme hereketleri). Hemmesiniň üstleri güýçli meteorit urgylara sezewar bolupdyrlar. Marsyň we Merkuriýniň üstüniň emele gelmeginde olar esasy kesgitleýji täsirleriň biri bolandyr. Ýeriň üstünde meteorit kraterleri tektoniki hereketler we eroziýa sebäpli doly diýen ýaly bozulandyrlar. Wenerada olar has gowy saklanandyrlar.

Ýer topar planetalarynyň üstüniň temperaturasyny we howasyny kesgitleýän ýeke-täk energetik çeşme—Gün şöhlelenmesidir. Içki ýylylygyň akymy Gün şöhlelenmesiniň akymy bilen deňeşdirilende örän ujypsyzdyr.

Dört planetanyň üçüsiniň atmosferasy bardyr. Wenera we Mars atmosferasynyň düzümi boýunça meňzeşdirler, ýöne mukdar taýdan örän tapawutlydyrlar. Ýer atmosferasynyň düzümi düýpgöter tapawutlanýandyr. Onuň düzüminde azot, kislorod we

gözegçilik edilýär. Meteor bölejikleriniň düzümi demir we daş meteoritleriniň düzümine meňzeş bolmalydyr, ýöne meteor jisimleriniň mehaniki gurluşy düýbünden üýtgeşik bolmalydyr. Onuň şeýledigini meteorlaryň tormozlanma tizligi hem görkezýär. Ýagny olar dykzylygy $0,1 g/sm^3$ bolan jisimler ýaly tormozlanýarlar. Bu bolsa meteoryň öýjük-öýjük gurluşy bolan, has owunjak bölejiklerden ybarat bolan jisimdigini aňladýar. Wagtynda bu öýjükler soň bugaryp giden, çalt bugarýan maddalar bilen doldurylan bolmalydyr. 5^m ýyldyz ululykly meteory döredýän meteor bölejiginiň massasy $3mg$ we diametri bolsa $0,3mm$ bolmalydyr. Bu ululyklar geosentrik tizligi $50-60 km/s$ bolan, çalt hereket edýän meteorlar üçin hasaplanandyr. Bular ýaly häsiýetnamalary bolan bölejikleriň döredýän meteorlarynyň köpüsi bolsa has gowşakdyr.

Ýagty meteorlar we bolidler howany ionlaşdyryp, birnäçe sekuntlardan birnäçe minutlara ýetýän wagtyň dowamynda görünýän, gowşak ýagtylanýan yz galdyrýarlar. Atmosferadaky howa akymalarynyň täsiri netijesinde meteoryň galdyran yzy süýşýär we onuň görnüşi üýtgeýär (meteor yzlarynyň dreýfi). Şonuň üçin meteor yzlarynyň dreýfine gözegçilikler atmosferanyň dürli gatlaklaryndaky howa akymalaryny öwrenmekde wajyp orun eýeleýändir.

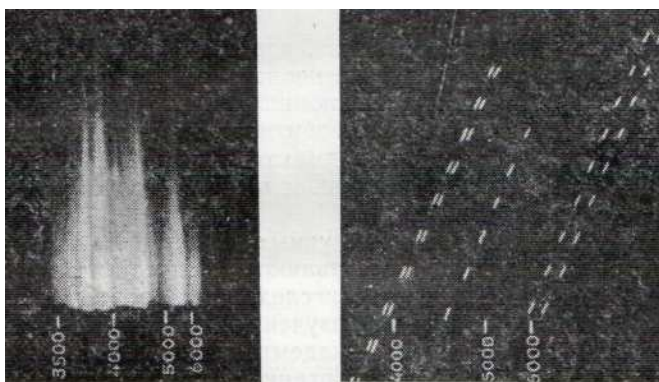
§135. Meteoritler

Ölçepleri santimetr, metr we ondan hem uly bolan meteoroidler Ýeriň atmosferasyna aralaşyp, tozan görnüşli guýrugy bolan we atmosferada doly tozap gutarmadyk ýagdaýynda Ýeriň üstüne düşýän, ýiti ýagty bolidi döredýärler. Meteoroidler Ýere gaçanlaryndan soň meteorit diýilýär we gaçan ýeriniň ady boýunça atlandyrylýarlar. Mysal üçin Gabakly, Bokurdak we ş.m. Gurluşy we himiki düzümi boýunça üç esasy topara bölünýärler: aerolitler (daş), siderolitler (demir-daş) we sideritler (demir). Aerolitlerde, ýagny daş düzüjili meteoritlerde düzüminiň 47%-kislorod, 21%-kremniý, 16%-demir, 14%-magniý we 2%- beýleki himiki

meteoritleriň gaçmagyna alyp barýarlar. Bolidiň ýüze çykmagy urgy tolkunynyň emele gelmegi bilen, ses hadysalary we tüsse görnüşli guýrugyň emele gelmegi bilen bolup geçýär. Gelip çykyşy we fiziki gurluşy boýunça bolid görnüşinde gözegçilik edilýän jisimler meteor hadysasyny ýüze çykarýan bölejiklerden tapawutlanýandyrlar.

Belläp geçişimiz ýaly, meteorlaryň Yeriň ýakynyndaky tizligi onlarça kilometr/sekunda ýetip biler. Meteorlaryň hakyky, geliosentrik tizliklerine haýsy bahalaryň mahsusdygyny kesgitlemek örän çylşyrymlydyr. Sebäbi meteoryň ýalpyldysy tizlige güýçli baglydyr we şonuň üçin uly tizlikli, çalt meteorlar haýal meteorlara garanyňda az bolmagyna seretmezden, ýygy, köp gözegçilik edilýändir. Meteorlaryň köpüsi orbitalary boýunça dogry ugurda, Yeriň tizliginden kän bir tapawutlanmaýan tizlikler bilen hereket edýändirler.

Meteorlaryň spektrleri emission çyzyklardan ybaratdyrlar (175-nji çyzgy). Haçan-da meteor bölejik atmosferada tormozlananda gyzýar, bugaryp başlaýar, onuň daş-töwereginde gyzdyrylan gazdan bulut emele gelýär.



175-nji çyzgy. Iki dürli meteor jisimleriň spektrleri. Çepde-demir düzüjili meteoryň köpsanly ýagty çyzyklary, sagda-daş düzüjili meteoryň ionlaşan kalsiýniň intensiv H we K çyzyklary gözegçilik edilýär.

Esasan hem metallara degişli çyzyklar ýagtylanýar, mysal üçin, köplenç ionlaşan kalsiý we demire degişli H we K çyzyklar

az mukdarda kömürturşy gazy bardyr. Ondan başga-da Yeriň gidrosferasynda örän köp mukdarda suw bardyr (Wenerada we Marsda tersine, ýok diýen ýalydyr). Planetalaryň tapawutlary örän uludyr, ýöne şonda-da olary birleşdirýän umumylyk bardyr, ýagny ýeňil gazlar—wodorod we geliý, iň köp gabat gelýän elementler (Günüň, ýyldyzlaryň we ýyldyzara gazyň düzümine girýän), ujypsyz mukdardaky düzüjilerdir. Planetalaryň atmosferalarynyň esasy düzüjileri bolan gazlar (CO_2 , N_2) we suw wulkanlardan bölünip çykyan gaz önümlerdir. Ýerdäki kislorod ikilenç önümdir, ýagny fotohimiki we biologiki prosessleriň netijesinde H_2O -nyň bölünmegi bilen döreyändir. Ýer topar planetalaryň häzirki döwür atmosferalary (Yeriň gidrosferasy hem) litosfera döräninden soň (ikilenç) dörändir, ýagny litosferadan bölünip çykandyr. Ilkibaşdaky atmosfera, esasan hem ilkibaşdaky planeta dumanlyklaryndan galan, ýeňil gazlardan ybarat bolan atmosfera (eger-de ol bolan bolsa), örän az wagtyň dowamynda saklanyp biler we soňra örän çalt dargar.

Planetalar döräli bäri ($4,5 \cdot 10^9$ ýyl) bölünip çykan CO_2 we N_2 mukdary, Ýerde we Wenerada takmynan deňräkdir, bölünen suw bolsa Ýerde örän köpdür. Suwuklyk görnüşdäki suw CO_2 -ni gowy eredýär we karbonat jynslara öwürýär. Netijede, Yeriň gidrosferasy kömürturşy gazyny tutuş diýen ýaly aýyrandy, Wenerada bolsa bu prosess bolup geçen dälir we CO_2 tutuşlygyna atmosferada galandy. Marsda gazlaryň bölünip çykma tizligi Weneradakydan yüzlerçe esse haýal bolmaly, ondan başga-da bölünip çykan CO_2 we H_2O esasy bölegi polýar örtügi we planetanyň topragy bilen baglydyr.

Merkuriýniň bolsa düýbünden atmosferasy ýok diýen ýalydyr. Onuň üstünde agyrlýk güýjüniň tizlenmesi edil Marsyň üstündäki agyrlýk güýjüniň tizlenmesine deňdir we Marsdaky ýaly mukdarda CO_2 toplanan bolsa, onda Merkuriýniň ony saklap bilmegi ähtimaldyr. Planetalaryň atmosferalarynyň emele gelmeginde we ösüşinde çözülmek meseleler köpdür. Olaryň çözüwiniň tapylmagynyň uly amaly ähmiýeti bardyr, sebäbi olar Yeriň atmosferasynyň we howasynyň geljekde ösüşini we üýtgemelerini çaklamaklyga mümkinçilik berer.

§129. Ýupiter

Ýupiter Gün sistemasynyň iň uly planetasydyr. Onuň massasy Ýeriň massasyndan 318 esse uludyr we Gün massasynyň 1/1050 bölegine deňdir. Ýupiteriň ekwatorial radiusy 71400km deňdir (Ýeriň radiusyndan 11,2 esse uly). Radiusyň kesgitlenişiniň takyklygy uly dälär we ýalňyşlyk ýüzlerçe kilometre ýetip biler. Planetanyň polýar radiusy kiçidir we 66900km deňdir, planetanyň gysylmasy $\varepsilon=1/16$ deňdir. Grawitasiýa tizlenmesi 2500sm/s^2 deňdir. Ortaça dyklyzlygy $1,3\text{ g/sm}^3$.

Ýupiteriň burç diametri $40''$ töweregidir. Diskinde köp detallar görünýändir (166-njy we 167-nji çyzgylar), ýöne olaryň içinde ýeke hemişeligi ýokdur. Ýüzýyllyklaryň dowamynda gözegçilik edilýän detallaryň kesgitli sany bardyr, ýöne olaryň ýerleşen ýagdaýlary we görnüşleri üýtgeýändir. Bu bolsa Ýupiteriň görünýän üstüniň bulut görnüşli gatlakdygyny aňladýar. Göze has gowy görünýän, ekwatoryň ugruna parallel ugurda süňmek, garamtyl-gyzylymtyl zolaklardyr.



166-njy çyzgy. Ýupiteriň gök şöhlelerde düşürilen fotosuraty (Nýu-Mehiko observatoriýasy). Gyzyly tegmil, şeýle hem garamtyl we ýagty zolaklar seljerilýär.

Olaryň aralaryndaky ýagty zolaklardyr. Garamtyl-gyzylymtyl zolaklar we ýagty zolaklar dürli görnüşleri we şekilleri bolan aýry-äýry tegmillere bölünýärler. 1878-nji ýylda 20^0 giňlikde, soňra

meňzeş bolmaly diýip hasaplanylýar. Meteor akymlaryň köpüsiniň orbitalary belli kometalaryň orbitalaryna ýakındyr. Kometanyň ýitip, onuň bilen bagly bolan meteor akymynyň bolsa gözegçilik edilýän ýagdaýy gabat gelýändir (Biela kometasy). Meteor akymlaryň köpüsiniň kometalar bilen baglanyşyklydygy anyklanandyr, ýagny meteor akymlary kometalaryň weýran bolmagy netijesinde döreýändir.

11-nji tablisa

Esasy meteor akymlary

T/b	Ady	Görünýän wagty	Esasy köp görün-ýän günü	Ýere görä tizligi, km/s	Meteoryň Ýeriň atmosferasyna girýän ýeri, grad.
1.	Kwadrantidler	01.01-04.01	03.01	41	232
2.	Liridler	07.04-26.04	23.04	48	270
3.	Akwaridler	01.05-09.05	04.05	67	28
4.	Akwaridler	20.07-10.08	27.07	43	334
5.	Kaprikornidler	28.07-06.08	01.08	26	315
6.	Bolidler	27.06-30.06	27.06	58	212
7.	Drakonidler	08.10-10.10	10.10	56	262
8.	Perseidler	05.08-18.08	12.08	61	45
9.	Orionidler	18.10-25.10	22.10	66	94
10.	Günorta Tauridler	26.10-22.11	01.11	30	50
11.	Demirgazyk Tauridler	18.10-30.11	08.11	36	56
12.	Leonidler	03.11-27.11	17.11	66	152
13.	Geminidler	10.12-16.12	13.12	60	112
14.	Ursidler	20.12-23.12	22.12	37	223

Bir gije-gündiziň dowamynda Ýer atmosferasynda ýagtylygy 5^m -den ýiti bolan 10^8 meteor lowurdaýar. Ýyldyz ululygy m bolan meteorlaryň sany ýyldyz ululygy $(m-1)$ bolanlaryň sanyndan 2,5 esse köpdür. Ýiti, ýagty meteorlar seýrek, gowşaklary bolsa ýygy-ýygýdan gözegçilik edilýändir. Has ýagty meteorlar-bolidler gündizine hem gözegçilik edilýändirler. Bolidler käwagt

gyzyklanmandyrlar. Diňe XVIII asyryň ahrynda şol bir meteorlara Ýer üstüniň dürli nokatlaryndan geçirilen gözegçilikleriň esasynda olaryň beýiklikleri we tizlikleri kesgitlenendir. Meteorlaryň Ýer atmosferasyna daşyndan birnäçe km/s başlap onlarça km/s ýetýän tizlikler bilen aralaşyp, 80-120km beýikliklerde ýanýan kosmos jisimleridigi anyklanandyr. Meteorlary düýpli öwrenmeklik diňe XX asyrda başlanandyr. Meteorlaryň ýüze çykma ýygylgy we olaryň asmanda paýlanyşy mydama deňölçeqli däldir. Meteor akymlary, ýagny meteorlar kesgitli wagt aralygynyň dowamynda (birnäçe gije) asmanyň şol bir çäklerinde ýüze çykýandyrlar. Eger bu meteorlaryň galdyrýan yzlaryny hereket eden ugrunyň garşysyna dowam etdirsek, onda olar meteor akymynyň radianty diýilýän, bir nokadyň töwereginde kesişerler. Meteor akymlarynyň köpüsi her ýyl gaýtalanýandyrlar, periodikidirler we radiantlarynyň ýerleşen ýyldyz toparlarynyň ady boýunça atlandyrylýandyrlar. Mysal üçin, her ýyl takmynan 20-nji iýuldan 20-nji awgust aralygynda gözegçilik edilýän meteor akymyna Perseid diýilýär, sebäbi onuň radianty Perseý ýyldyz toparynda ýerleşendir. Häzirki wagtda ýylba-ýyl gaýtalanýan meteor akymlarynyň atlary we olaryň käbir fiziki häsiýetnamalary 11-nji tablisada getirilendir.

Meteor akymlarynyň işjeňligi her ýyl üýtgeşik bolýandyr. Akyma degişli meteorlaryň sanynyň örän az bolýan ýyllary bardyr. Belli period bilen gaýtalanýan ýyllarda bolsa akyma degişli meteorlaryň sany örän köp bolýandyr we bu hadysa ýyldyz ýagyşy diýilýär (meteor ýagyşy). Iň güýçli meteor ýagyşy 1966-njy ýylyň 17-nji noýabrynda, ýagny Leonid meteor ýagyşy gözegçilik edilendir (bir sagadyň dowamyndaky meteorlaryň sany 70000-e ýetendir). Meteor akymlarynyň işjeňliginiň üýtgemegi Ýeriň orbitasyny kesip geçýän elliptik orbita boýunça meteor akymynyň bölejikleriniň deňölçegsiz paýlananlygy bilen düşündirilýär.

Akymlara degişli bolmadyk, döreýän ýeri we wagty näbelli bolan meteorlara sporadik (tötänleýin) diýilýär. Sporadik meteorlaryň orbitalarynyň statistiki paýlanylyşy doly çözülen däldir, ýöne periodiki kometalaryň orbitalarynyň paýlanylyşyna

Gyzyl tegmil diýip atlandyrylan, uzaklyk boýunça 30^0 aralygy tutýan emele gelme tapylandyr. Soňky ýyllarda ol öz intensiwligini kemeldipdir, soňra birneme ulalypdyr, ýöne mydama açylan wagtyndakydan gowşakdyr.



167-nji çyzgy. Ýupiteriň 550 000km uzaklykdan düşürilen fotosuraty („Pioner-11“).

Dürli giňliklerde ýerleşen detallaryň hereketleri boýunça kesgitlenen, planetanyň öz okunyň daşyndan aýlanma peridy, edil Gününki ýaly dürli-dürlidir. Giňligiň artmagy bilen aýlanma peridy hem ulalýandyr. Gyzyl tegmiliň giňliginde ekwatorakydan $5^m10^s,6$ uludyr. Dürli emele gelmeler dürli beýikliklerde ýerleşen bolmalydyrlar, sebäbi bir obýektiň beýlekisiniň üstünden geçme ýagdaýlary gözegçilik edilýändir.

Dürli giňliklerde aýlanma tizliginiň tapawutlanýanlygy sebäpli, Ýupiterde detallaryň ýerleşişini görkezmek üçin uzaklygyň koordinatasyny aňlatmagy iki sistema boýunça ýerine ýetirip bolýar. I uzaklyk sistemasy, aýlanma peridy $9^h50^m30^s$ deň,

ekwatora ýakyn ýerler üçin; II uzaklyk sistemasy, aýlanma peridy $9^h55^m40^s$ deň bolan, aram giňlikler üçin. II uzaklyk sistemasy Gyzyl tegmiliň ortaça aýlanma tizligine gabat gelýändir. Ýöne Gyzyl tegmiliň hakyky aýlanma tizligi hemişelik dälir we ol II sistemada nädogry häsiýetli asyrlyk üýtgemelere sezewardyr.

Ýupiteriň diskiniň zolaklaýyn düzümi onuň atmosferasynda ekwatora parallel ugurlar boýunça ugrukdyrylan ýelleriň agdyklyk edýänliginiň netijesi bolmalydyr. Ýupiterde umumy sirkulýasiýany herekete getirýän mehanizm, edil Ýerdäki ýalydyr, ýagny polýuslarda we ekwatorada Günden alynýan ýylylyk mukdarynyň tapawudy gidrodinamik akymlyry döredýär, bu akymlyr koriolis güýjüň täsiri netijesinde paralleller boýunça gysarýarlar. Ýupiteriň örän çalt aýlanýanlygy sebäpli bu akymlyr ekwatora parallel diýen ýaly bolýarlar. Dürli tizlikleri bolan gidrodinamiki akymlyryň araçäklerinde döreýän konwektiw hereketler umumy sirkulýasiýany has hem çylşyrymlaşdyrýandyr. Konwektiw hereketler ýokarlygyna reňkleýji maddany çykarýarlar. Ýupiteriň çala gyzylymtyk reňkiniň bolmagy hem şonuň bilen düşündirilýär. Garamtyl zolaklaryň çäklerinde konwektiw hereket has güýçlidir, olaryň reňkleriniň has intensiw bolmagy hem şonuň bilen düşündirilýär.

Edil Ýeriň atmosferasynda bolşy ýaly, Ýupiterde hem siklonlar döreäp biler. Hasaplamalara görä, eger Ýupiteriň atmosferasynda iri siklonlar döreýän bolsa, onda olar örän durnukly (ýaşayş wagty 10^5 ýyla çenli) bolup bilerler. Uly gyzyl tegmiliň şular ýaly siklonyň mysaly bolmagy ähtimaldyr. “Pioner-10” we “Pioner-11” amerikan kosmos apparatlarynda oturdylan enjamlaryň kömegi bilen alnan Ýupiteriň şekili, Uly Gyzyl tegmiliň ýeke-täk dældigini, bular ýaly emele gelmeleriň, kiçi ölçegli gyzyl tegmilleriň birnäçesiniň bardygyny görkezdi.

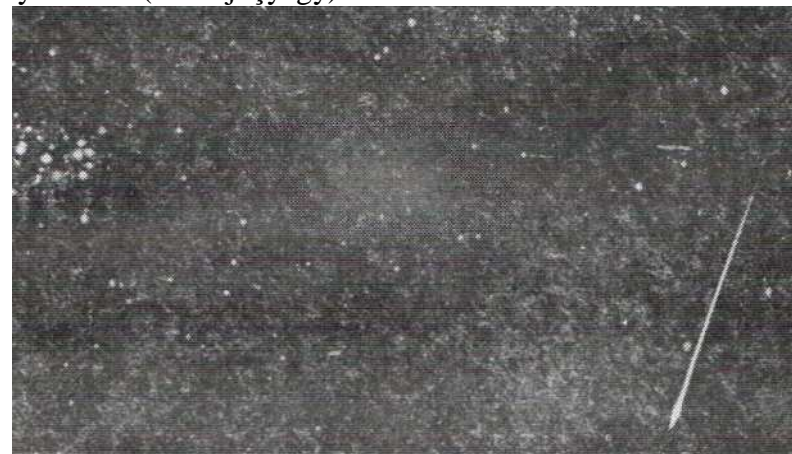
Spektroskopik gözegçilikler Ýupiteriň atmosferasynda molekulýar wodorodyň H_2 , geliýniň He , ammiagyň NH_3 , etanyň C_2H_6 , asetileniň C_2H_2 we suw buglarynyň H_2O bardygyny görkezdi. Atmosferanyň düzümi (bütün planetanyň özi hem) Günüň düzüminden, ýagny 90% wodorod, 9% geliý, 1% töweregi agyr elementler, tapawutlanmaly dälir.

aralyklara çenli çägi eýeleýändir. Ýyldyz tolgunmalarynyň täsiri netijesinde käbir ýadrolaryň orbitalary üýtgeýär we Günüň ýakynynda kometa emele gelýär.

Gysgaperiodly kometalaryň orbitalarynyň afeliý nokady Ýupiteriň orbitasynyň golaýynda ýerleşýändir. Astronom S.K.Wsehswýatskiýniň çaklamasyna görä bular ýaly kometalar Ýupiter we hemralary tarapyndan giňişlige zyňylýan maddanyň hasabyna döreýän bolmalydyr. 1979-njy ýylda Ýupiteriň Io hemrasynda wulkanyň açylmagy bu çaklamanyň hakykata ýakyn bolmagynyň mümkindigini görkezdi.

§134. Meteorlar

Meteorlar gysga wagtyň dowamynda lowurdap, köplenç asmanda birnäçe sekundyň dowamynda gözegçilik edilýän, inçejik çyzyk görnüşinde ýagtylanyp görünýän yz galdyryp, soňra ýitip gidýändirler (174-nji çyzgy).



174-nji çyzgy. Meteorýň fotosuraty. Çep böleginde Pleýadalar ýyldyz toplumu görünýär.

Köplenç il arasynda olara “süýnýän ýyldyzlar” hem diýilýändir. Uzak wagtlaryň dowamynda astronomlar meteorlary ýyldyrym görnüşli atmosfera hadysalary hasaplap, olar bilen

kometanyň guýrugyny emele getirýär. Ultramelewşe şöhlelenmäniň täsiri netijesinde bölünýän molekulalar dissosirlenýärler (dargaýarlar) we ionlaşýarlar. Kometalaryň guýrukларыnyň spektrlerinde ionlaryň (CO^+ , CO_2^+ , CH^+ , N_2^+) şöhlelenme çyzyklary gözegçilik edilýär.

Duman görnüşli gabykda gazyň konsentrasiýasy ýokarydyr, Güniň ionlaşdyryjy ultramelewşe şöhlelenmesi ýeterlik derejede siňdirilýändir we neýtral molekulalaryň şöhlelenmesine gözegçilik edilýär. Kometalaryň spektrlerinde ýüze çykarylan molekulalaryň arasynda, tejribe şertlerinde adaty ýokary himiki işjeňlikleri

sebäpli gözegçilik edilmeýän, radikallar (CH , OH , CH_2 , NH_2) köpdür. Kometalarda olar has çylşyrymly molekulalaryň dissosiasasiýasy netijesinde emele gelýärler we pes dykzlyk bolany üçin uzak wagtyň dowamynda saklanyp bilýärler. Kometa Güne has ýakynlaşan wagtlarynda ýadronyň spektrinde metallaryň çyzyklary hem gözegçilik edilýär. Bu bolsa kometalaryň ýadrolarynda eremesi kyn metallaryň hem bardygyny görkezýär.

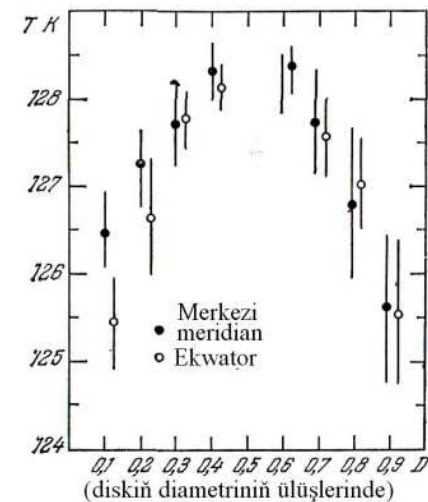
Kometalaryň gelip çykyşlary barada birnäçe çaklamalar bardyr. Gollandiýaly alym Oortyň çaklamasyna görä Gün sistemasy kometa ýadrolarynyň äpet buludy bilen gurşalandyr we ol *Ips*



173-nji çyzygy. Kometalaryň guýrukларыnyň görmüşleri.

Bulut gatlagynyň ýokarky araçağindaki doly basyş 1 atm töweregidir. Bulut gatlagynyň çylşyrymly gurluşy bardyr. Bulut gatlagynyň ýokarky bölegi NH_3 kristallaryndan, ondan aşaky bölegi bolsa suw damjalaryndan we buz kristallaryndan ybarat bolmalydyr.

Infragyzyl, ýagny $8\div 14 \text{ mk}$ tolkun uzynlyklarda ölçenen ýitilik temperatura, Ýupiteriň diskiniň merkezinde $128\text{--}130K$ deňdir. 168-nji çyzygyda temperaturanyň diametr boýunça üýtgeýişi getirilen. Çyzygydan görnüşü ýaly, diskiň gýralarynda ölçenen temperatura merkezdäki temperaturadan pesdir. Bu tapawut şeýle düşündirilýär. Diskiň gyrasynda görüş şöhlesi ýapgyt ýerleşendir we effektiv şöhlendirýän dereje (ýagny optiki galyňlygy $\tau=1$ bolýan dereje), diskiň merkezine garanynda, atmosferada uly beýiklikde ýerleşendir. Eger temperatura atmosferada beýiklik



168-nji çyzygy. Ýupiterde temperaturanyň merkezi meridian we ekwator boýunça üýtgeýişi.

boýunça pese düşýän bolsa, onda diskiň gyrasyndaky ýitilik we temperatura birneme kiçi bolar. Galyňlygy birnäçe santimetr bolan ammiak gatlagy $8\div 14 \text{ mk}$ tolkun uzynlykly infragyzyl şöhlelenme üçin düýbünden dury däl. Bu ýerden Ýupiteriň infragyzyl çäklerde ölçenen ýitilik temperaturasynyň onuň atmosferasynyň has ýokarky gatlaglaryna degişlidigi gelip çykýar. Intensiwlighiň CH_4 zolaklarynda paýlanyşy bulutlaryň temperaturasynyň has

ýokarydygyny görkezýär. $170K$ aşak temperaturada ammiak (eger onuň mukdary spektroskopik gözegçilikden alnan maglumatlara deň gelýän bolsa) kondensirlenmelidir. Şonuň üçin, Ýupiteriň bulut örtügi, in bolmanda az mukdarda öz düzüminde ammiagy

saklamaly diýip hasaplanylýar. Metan has pes temperaturalarda kondensirlenýändir we Ýupiterde bulutlaryň döremegine gatnaşýan dälir.

130K temperatura diňe Gün radiasiýasyny gaýtadan şöhlelendirmäniň hasabyna ýagtylanýan jisimiň bolmaly deňagramlyk temperaturasyndan ýeterlik ýokarydyr. Planetanyň serpikdirijilik ukybyny göz önünde tutup geçirilen hasaplamalar, deňagramlyk temperaturasynyň 100K töweregi bolmalydygyny berýär. Ýitilik temperaturasynyň 130K töweregi bahasy diňe 8-14 mk bolan dar zolakda dälde, onuň çäklerinden has uzaklarda hem alynandyr. Şeýlelikde, Ýupiteriň doly şöhlelenmesi $\left(\frac{130}{100}\right)^4 \approx 2,9$

esse Günden alýan energiýasyndan köpdüginini we onuň köp böleginiň, ýagny şöhlelendirilýän energiýanyň uly böleginiň ýylylygyny içki çeşmesi bilen baglanyşyklydyr. Bu nukdaý-nazardan Ýupiter ýyldyzlara ýakyndyr. Ýöne Ýupiteriň içki energiýasynyň çeşmesi ýyldyzlarda bolşy ýaly ýadro reaksiýalary dälir. Planetanyň grawitasion gysylmasynda toplanan, ätiýaç energiýanyň şöhlelendirilýän bolmagy ähtimaldyr.

Içki ýylylygynyň uly akymynyň bolmagy temperaturanyň çuňluk boýunça örän çalt artýandygyny aňladýar. Has ähtimal nazary modellere laýyklykda, bulutlaryň ýokarky araçağiniň derejesinden 100 km çuňlukda temperatura 400K deň, 500km çuňlukda bolsa 1200K töweregidir. Içki gurluşynyň hasaplamalary Ýupiteriň atmosferasynyň örän çuňdugyny ($\approx 10^4$ km), planetanyň bu çäkden aşakda ýerleşen esasy massasy suwuk fazadadyr. Bu şertlerde wodorod üýtgän ýagdaýda, başgaça aýdanymyzda metallaşan (elektronlary goparylan) ýagdaýdadyr. Atmosferanyň jümmüşinde wodorod we geliý gaz görnüşde dälde, aşa kritiki ýagdaýdadyr. Atmosferanyň aşaky gatlaklarynda dyklyk 0,6-0,7 g/sm³ ýetýär we maddanyň häsiýetleri gazy dälde suwuklygy ýatladýar. Planetanyň merkezinde bolsa agyr elementlerden ybarat bolan gaty ýadronyň bolmagy mümkindir.

Ýupiter dekametr ($\lambda > 10m$) tolkun uzynlykly çäklerde radioşöhlelenmäniň iň güýçli kosmiki çeşmeleriniň biridir. Bu şöhlelenme sporadik (wagtl-wagtal döreme) häsiýete eýedir we

ulalmasy Güne 1,5-2 a.b. çenli ýakynlaşandan soň başlanýar. Şol wagt kometanyň guýrugy 10⁸km ululyklara ýetýänçä örän uly, Ýagny her gije-gündiz 10⁹km tizlik bilen ulalýandyr.

Kometanyň guýrugyny Günden garşylykly tarapa ugrukdyrýan, itekleýji güýç-ýagtylyk basyşy we korpuskulýar akymlardyr. Korpuskulýar akymlar magnit meýdanynyň üsti bilen kometalaryň guýruklaryndaky ionlaşan gaza täsir edýärler. Guýrukdaky maddanyň hereketiniň tizligi diňe haýsy-hem bolsa göze görünýän düwünjik ýa-da bulutlyk görnüşinde kondensasiýa emele gelende ölçenip biliner. Käbir ýagdaýlarda bu tizlikler örän uludyr we itekleýji güýçler 10³ esse Günüň grawitasiýa güýjünden uludyr. Ýöne adatça tapawut birnäçe esseden uly dälir. F.A.Bredihiniň teklibine görä, kometalaryň guýruklarynyň üç görnüşü tapawutlandyrylýar (173-nji çyzgy). Guýruklaryň I görnüşinde itekleýji güýçler dartyлма güýjünden 10-100 esse uludyr we şonuň üçin guýruk Günden göni garşylykly tarapa ugrukdyrylandyr. Guýruklaryň II görnüşinde itekleýji güýç dartyлма güýjünden birneme uludyr, guýruk ýeterlik derejede egrelýändir. Guýruklaryň III görnüşinde itekleýji güýçler dartyлма güýjünden kiçidir we guýruk güýçli egrelýändir.

Kometanyň massasy örän kiçidir we bütewiligine diýen ýaly ýadroda jemlenendir. Iň uly kometalaryň massalary 10⁻⁸ Ýer massasyndan uly dälir, duman görnüşli gabykda dyklyk 10⁻¹²-10⁻¹³ g/sm³ uly dälir. Kometanyň massasyna we Güne ýakynlygyna baglylykda, kelle böleginiň ölçegi 25 müň kilometrden (gowşak kometalar) 2 million kilometre çenli (ýagty kometalar), guýrugynyň uzynlygy bolsa 150 million kilometre çenli ýetip bilýär.

Daşy duman görnüşli gabyk bilen gurşalan, görünmeýän ýadronyň ölçegleri çaklamalara görä 1-den 30 kilometre çenli diametri bolan gaty jisim bolmalydyr. Ýadro esasan hem çalt uçup gidýän, ýagny CH₄, NH₃, H₂O, C₂O ýaly, gaty ýagdaýyndaky (doňan ýagdaýdaky) maddalardan ybaratdyr. Ýadronyň buz görnüşli esasyna dürli ölçegli tozanjyklar, daş we metal bölekler ýelmeşendirler. Güne ýakynlaşma buzlaryň sublimasiýasyny ýüze çykarýar, netijede gaz görnüşli madda bölünip çykýar we

geçýär, soňra bolsa äpet planetalaryň dartyyлма täsiri netijesinde has uzaklaşan orbita zyňylýar we soňra gözegçilik edilmeýär. Başga ýagdaýlarda bolsa, tersine, öň gözegçilik edilmeýän kometa Ýupiteriň ýa-da Saturnyň golaýyndan geçenligi sebäpli, orbitasyny üýtgedip, görünýän kometa öwrülýär. Kometalaryň çäkli sanyna degişli bolan curt-kesik üýtgemelerden başgada ähli kometalaryň orbitalary ýuwaş-ýuwaş üýtgemelere sezewar bolýandyr.

Orbitalarynyň üýtgemegi kometalaryň ýitip gitmeginiň nünkin bolan sebäpleriniň arasynda ýeke-täk däl. Kometalaryň çalt weýran bolýandyklary takyk anyklanandyr. Oňa mysal edip Biela kometasyny görkezmek bolar. Bu kometa 1772-nji ýylda açylandyr we 1815, 1826 we 1832-nji ýyllarda gözegçilik edilendir. 1845-nji ýylda kometanyň ölçegleri ulalandyr, 1846-njy ýylyň ýanwarynda gözegçiler onuň ikä bölünendigini anykladyrlar. Kometanyň her bölegi üçin oňnositel hereketi hasaplanyp, Biela kometasynyň baryp bir ýyl öň bölünendigi anyklanylýar, ýöne olaryň biriniň beýlekisiniň üstüne proyektirlenenligi sebäpli, olaryň bölünmesi duýulmandyr. Biela kometasy şondan soň ýene bir sapar gözegçilik edilipdir, özi hem bir düzüjisi beýlekisinden köp esse gowşak bolupdyr. Şondan soňra bu kometa gözegçilik edilmändir, ýagny ýitipdir. Ýöne orbitasy kometanyň orbitasy bilen gabat gelýän meteor akymy köp sapar gözegçilik edilendir.

Kometa Güne ýakynlaşdygyça birnäçe üýtgeşmelere sezewar bolýar. Ýitiligi, ýagtylygy artýar, guýrugynyň ölçegleri ulalýar, käwagtlar bolsa düzüminiň çalt üýtgemeleri gözegçilik edilýär. Kometanyň guýrugy adatyça konus görnüşli bolup, depesinde kometanyň kelle bölegi ýerleşendir. Kelle bölegi duman görnüşli gabykdan we kometanyň iň ýagty nokady bolan, ýyldyz şekilli ýadrodan ybaratdyr. Gabygyň ýitiligi, ýagtylygy ýadronyň merkezine tarap artýandyr. Kometanyň kelle böleginiň örän uly ölçegleri-onlarça, hat-da yüzlerçe müň kilometrlere ýetip biler.

Kometanyň guýrugy mydama Günden garşylykly tarapa ugrukdyrylandyr. Haçanda Güne çenli aralyk uly wagty, kometanyň guýrugy ýokdur ýa-da örän kiçidir, diňe duman görnüşli gabyk gowy görünýändir. Kometanyň guýrugynyň çalt

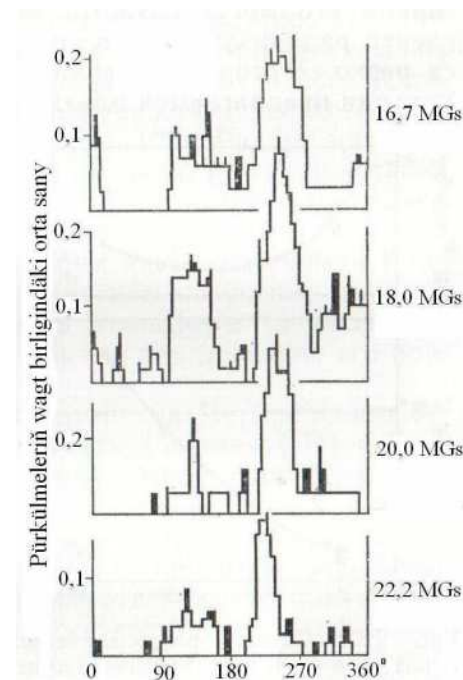
dürli intensiwligi bolan aýry-aýry pürkümelerden ybaratdyr.

Radioşöhlenenmäniň gysga wagtlaýyn pürkülmeleriniň kesgitli wagtdan gaýtalanmasyna gözegçilik edilýär. Sporadik radioşöhlenenmelere gözegçiliklerden kesgitlenen gaýtalanma periody $9^h55^m29^s,4$ deňdir. Ol II sistemanyň periodyna ýakyn, ýöne ondan ýeterlik tapawutlanýandyr.

Radiogözegçilikleri derňemek üçin, sporadik radioşöhlenenmäniň periodyna degişli bolan III uzaklyk sistemasy tekliplendir. 169-njy çyzgyda Ýupiteriň dürli ýygylklarda sporadik radioşöhlenenmesiniň gözegçilik edilen sanynyň III sistemada uzaklyk boýunça paýlanyşygy görkezilen. Dekametr radioşöhlenenmäniň azyndan iki sany kuwwatly çeşmesini görkezmek bolar. Olaryň bir $100-150^0$, beýlekisi bolsa $190-250^0$

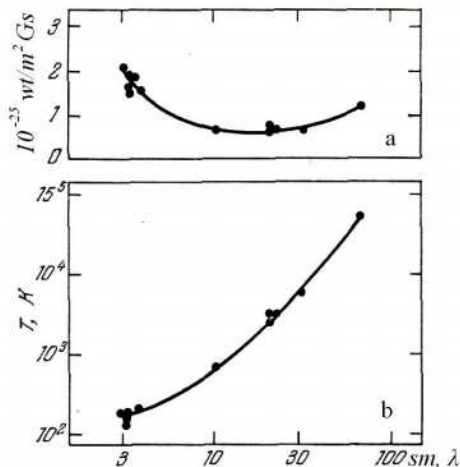
uzaklyklarda ýerleşendirler. Çeşmeleriň ikisi hem ugrukdyrylandyr we olaryň şöhlenenme konusy onlarça gradusa deňdir. Ýupiteriň sporadik radioşöhlenenmesi $35MGs$ ýygylkdan ($\lambda=9m$) ýokarda gözegçilik edilmeýär, $27MGs$ ýygylkda bolsa güýçli intensiwligi eýedir.

$8mm$ -den $68sm$ tolkun uzynlyklarynyň çäginde intensiwligi wagt boýunça üýtgemeyän, Ýupiteriň asuda, dynçlyk şöhlenenmesi gözegçilik edilýär. 3-den $68sm$ tolkun uzynlyklarda Ýupiteriň radioşöhlenenmesiniň spektri 170-nji çyzgyda görkezilen. $3sm$ tolkun uzynlykda ýitilik



169-njy çyzgy. Ýupiteriň dürli ýygylklarda sporadik radioşöhlenenmesiniň gözegçilik edilen sanynyň III sistemada uzaklyk boýunça paýlanyşy.

temperatura $160K$ töweregidir we bulut gatlagyň temperaturasyňa örän ýakyndyr, ýöne ol tolkun uzynlygyna baglylykda örän çalt artýandyr, $68sm$ tolkun uzynlygyna $50000K$ deňdir. Ýitilik temperaturasy hasaplananda radioşöhlenenmäniň çeşmesi burç ölçegi boýunça Ýupiteriň diskine laýyk diýip kabul edilendir. $3sm$ tolkun uzynlygy üçin ýokarky şert dogrudyr, sebäbi bu tolkun uzynlygyna şöhlenenmä esasy goşandy ýylylyk şöhlenenmesi goşýandyr. Desimetr tolkun uzynlyklarda radiointerferometriň kömegi bilen Ýupiteriň burç ululygyny gös-göni ölçemek boýunça tejribeler geçirilendir. Onuň netijesinde radioşöhlenenmäniň çeşmesiniň ölçegleriniň diskiň ölçeglerinden uludygy anyklanyldy.



170-nji çyzgy. Ýupiteriň santimetr tolkun uzynlyklarynyň çäginde radioşöhlenenmesiniň spektri.

Ol ekwatorial ugurda planetanyň diskine görä iki gapdalynada onuň diametrine deň bolan ululyga süýnmekdir.

Ýupiteriň hem edil Ýer ýaly radiasiýa guşaklygy bolmaly, ýöne Ýupiteriň guşaklarynda elektronlaryň energiýasy we dykzlygy, şeýle hem magnit meýdanynyň güýjenmesi uly bolmaly diýen çaklama aýdylýar. Energiýasy uly bolan elektronlar magnit meýdanynda elektromagnit tolkunlary şöhlelendirýärler. Bu şöhlenenme magnit tormozlanma, relýatiwistik energiýalaryň hususy ýagdaýynda bolsa sinhrotron şöhlenenme diýilýär.



172-nji çyzgy. Galleý kometasynyň fotosuraty.

tekizlikleri ekliptikanyň tekizliginde toplanmaýarlar we giňişlikde tötänleýin görünüşde paýlanandyr. Dogry ugurdaky hereket, edil ters ugurdaky hereket bilen deňeýer gabat gelýär.

Periodiki kometalar süýnmekligi azrak bolan elliptik orbitalar boýunça hereket edýärler we düýbünden tapawutly häsiýetlere eýedirler. Bir sapardan köp gözegçilik edilen 40 kometadan 35-siniň orbitalarynyň ekliptikanyň tekizligine ýapgytlygy 45° dan kiçidir. Diňe Galleý kometasynyň orbitasynyň ekliptika ýapgytlygy 90° -dan uludyr we ters ugurda aýlanýandyr. Galan kometalar dogry ugurda hereket edýärler. Gysga periodly kometalaryň arasynda (ýagny periodlary 3-den 5 ýyla çenli bolan) “Ýupiter maşgalasy” atly, ýagny afeliýde Günden uzaklaşma aralyklary, Ýupiteriň orbitasyna deň bolan kometalaryň uly topary tapawutlandyrylýandyr. Kometalaryň Ýupiter maşgalasy planeta tarapyndan, oň başga orbitalar boýunça hereket

edýän kometalary “basyp almagy”, ýagny dartyp almagy sebäpli emele gelen bolmaly diýip çaklanylýar. Ýupiteriň we kometanyň özara ýerleşişine baglylykda kometanyň orbitasynyň eksentrisiteti ulalyp hem bilýär, kiçelip hem bilýär. Birinji ýagdaýda aýlanma periodynyň ulalmasy ýa-da giperbolik orbita geçip, Gün sistemasyndan çykyp gidýär, ikinji ýagdaýda bolsa periodyň kiçelmesi bolýar.

Periodik kometalaryň orbitalary duýarlyk üýtgemelere sezewardyr. Kämahal kometa Ýeriň ýakynyndan birnäçe sapar

Kometalaryň asmandaky hereketlerini ilkinji bolup iňlis astronomy E.Galley (1705ý.) düşündirendir, ýagny ol kometalaryň orbitalarynyň parabola ýakyndygyny kesgitläendir. Ol 1337-nji ýyldan 1698-nji ýyl aralygyndaky gözegçilik edilen 24 sany ýagty kometalaryň orbitalaryny kesgitläp, 1531,1607 we 1682-nji ýyllarda gözegçilik edilen kometalaryň orbitalarynyň örän meňzeşdigini anyklaýar. Galley olaryň hemmesiniň şol bir kometadygy, özüniň hem örän süýnmek ellips bolan orbita boýunça Günün töwereginde hereket edýändigini, aýlanma periodynyň bolsa 76 ýyl töweregidigi barada netije çykarýar. Galley bu kometanyň 1758-nji ýylda görünmelidigi barada çaklama aýdýar we hakykatdan hem 1758-nji ýylyň dekabrynda bu kometa gözegçilik edilýär. Galleyiň özi ol günlere ýetmeýär we öz çaklamasynyň ajaýyp tassyk bolmagyny görüp bilmeýär. Bu kometa (iň ýiti kometalaryň biri) Galleyiň ady dakylandy (172-nji çyzgy).

Kometalaryň gözlegi başda wizual, soňra bolsa fotografik usullar bilen ýerine ýetirilýändir. Kometalar ony açan adamyň familiýasy boýunça atlandyrylýar. Kometalar diňe Güne ýakyn baranlarynda ýüze çykarylýarlar we perigeliýden geçen ýyly bilen bellenýärler.

Eger bir ýylda birnäçe kometa ýüze çykarylýan bolsa, onda perigeliýden geçme tertibini görkezýän rim sifri bilen belgilenýär. Kometany açan gözegçiniň familiýasyndan soň gelýän sifr bu gözegçiniň açan kometalarynyň sanyny görkezýär. Mysal üçin, 1916 II Neuýmina-2 belgilenme aşadaky ýaly okalýar: kometa 1916-njy ýylda perigeliýni hasap boýunça ikinji bolup geçýär; Neuýmin tarapyndan açylan; bu gözegçiniň açan ikinji kometasy.

Ýylda gözegçilik edilýän kometalaryň umumy sanynyň az bölegi periodiki kometalara, ýagny ýüze çykmalary bilen belli bolan kometalara degişlidir. Kometalaryň umumy sanynyň köp bölegi örän süýnmek, parabola ýakyn ellipsler boýunça hereket edýärler. Olaryň aýlanma periodlary takyk belli däldir, ýöne millionlarça ýyla ýetýän bolmaly diýip çaklanylýar. Bular ýaly kometalar Günden ýyldyzlara çenli aralyklar bilen deňeşdirerlikli uzaklyklara daşlaşýarlar. Olaryň parabola ýakyn orbitalarynyň

Sinhrotron şöhlemenme polýarlanan bolmalydyr. Hakykatdan hem, ýörüte gözegçilikler Ýupiteriň desimetr tolkun uzynlyklarda radioşöhle-lenmesiniň polýarlanandygyny görkezdi.

Ýupiteriň ýakynyndan uçup geçen “Pioner” atly amerikan kosmos apparatларыnyň tapgyrynda oturdylan enjamlaryň kömegi bilen planetanyň golaýynda dürli energiýaly elektronlaryň we protonlaryň konsentrasiýasy, şeýle hem magnit meýdany gös-göni ölçenendir. Ýupiteriň radiasiýa guşaklary barada çaklamanyň dogrudygyny tassyklandy. Magnit meýdanynyň güýjenmesi planetanyň üstünde takmynan $10e$ töweregidir. Magnitosferanyň radiusy planetanyň 100 radiusy töweregidir. Bu ölçeglerden başga planetanyň Ýeriň üstünde alnan şekilinden birnäçe esse çözüp bilijiligi ýokary bolan şekili alynandyr, planetanyň infragyzyň şöhlemenmesi, ýokarky atmosferasynyň ýagtylanmasynyň ultramelewşe spektri öwrenildi.

Ýupiteriň töwereginde galyňlygy 1 km bolan halkasy bar. Onuň daşky radius 126000 km , içki radiusy bolsa 113000 km deňdir. Halka örän ýukadyr we Ýere gapyrga tarapy bilen bakyp durany üçin görünýän däldir. Öňki maglumatlara görä Ýupiteriň 18 sany hemrasy bardyr. Olardan dördüsi ölçegleri we massasy boýunça Aý bilen deňeşdirerlikdir, 1610-njy ýylda Galley tarapyndan açylandyr. Olar öz oklarynyň daşyndan sazlaşykly aýlanýarlar we planetanyň daşynda onuň ekwatorynyň tekizliginde, dogry ugurda, töwerege ýakyn orbitalar boýunça aýlanýarlar (9-njy tablisa).

9-njy tablisa

Yupiteriň Galley hemralary

T/ b	Ady	Ýalpy ldysy	Yupiter den uzakly gy müň km	Aýlanm a periody gije- gündiz	Diametri		Massasy (Aýyň massasyna görä)
					km	Aýyň diametrin de	
I	Io	$4^m,8$	422	1,769	3640	1,05	1,21
II	Ýewropa	$5^m,2$	671	3,551	3130	0,90	0,66
III	Ganimed	$4^m,5$	1070	7,155	5280	1,52	2,02
IV	Kallisto	$5^m,5$	1881	16,689	4840	1,38	1,44

Öz ölçegleri boýunça Ganimed Merkuriýden uludyr, Kallisto bolsa oňa deňdir. Io hemrasy bolsa Gün sistemasynda işjeň wulkany bolan ýeke-täk hemradyr. Onuň üstünde maddany *200km* beýikliklere çenli zyňyp bilýän, işjeň 7 sany wulkan bardyr (134-nji a we b suratlar). Io hemranyň jümmüşi planetanyň daşgyn täsiri netijesinde, şeýle hem Ýupiteriň magnit meýdanynda hereket edende onuň jümmüşinde döreýän elektrik akymy tarapyndan, az derejede bolsa himiki elementleriň radioişjeň dargamasy netijesinde gyzdyrylýandyr.

Häzirki maglumatlara görä Ýupiteriň 60-a golaý hemrasy bardyr. Olaryň ölçegleri 10-dan 240 km-e çenlidir. Uzakda ýerleşen dört sany hemrasy (VIII,IX,XI,XII) ters ugurda örän süýnmek we has ýapgyt orbitalar boýunça planetanyň töwereginde aýlanýarlar. IX hemrasy planetadan 23,7 mln km uzaklykda ýerleşip, onuň daşyndan aýlanma periody 761 gije-gündize deňdir. Uzakda ýerleşen hemralaryny Ýupiter asteroidler guşaklygyndan alan bolmagy gaty ähtimaldyr.

§130. Saturn

Saturn (171-nji çyzgy) Ýupitere görä Günden iki esse uzakda ýerleşendir, Günüň daşyndan 29,4 ýylda aýlanýandyr. Onuň ekwatorial radius *60400km* deň, massasy Ýeriň massasyndan 95 esse uludyr, ekwatorynda agyrylyk güýjüniň tizlenmesi *1100 sm/s²* deňdir. Saturnyň diski Ýupitere göräde has gysylandyr, ýagny 1/10 deňdir. Öz okunyň daşyndan aýlanma periody ekwatorynda *10^h14^m* deň we edil Ýupiteriňki ýaly, giňligiň artmagy bilen ulalýandyr. Saturnyň diskinde zolaklary we beýleki has inçe emele gelmeleri seljerip bolýandyr, Ýöne olaryň kontrasty Ýupiteriňkiden pesdir, Saturnyň diskinde detallar azrakdyr.

Spektroskopik barlaglaryň esasynda Saturnyň atmosferasynda *H₂*, *CH₄*, *C₂H₂*, *C₂H₆* bardygy anyklandy. Planetanyň düzümi Günüň düzüminden känbir tapawutlanýan däl, ýagny esasy düzüjileri wodorod we geliýdir. Atmosferasynyň çuňlугy (wodorod we geliý aşakritik ýagdaýda) planetanyň radiusynyň

10-njy tablisa
Planetalaryň uzaklyklarynyň düzgüni

Planeta	n	Hasaplanan uzaklyk (a.b.)	Hakyky uzaklyk (a.b.)
Merkuriý	-∞	0,4	0,39
Wenera	0	0,7	0,72
Ýer	1	1,0	1,00
Mars	2	1,6	1,52
Asteroidler	3	2,8	2,2-3,6 (orta bahasy 2,9)
Ýupiter	4	5,2	5,20
Saturn	5	10,0	9,54
Uran	6	19,6	19,19
Neptun	7	38,8	30,07
Pluton	8	77,2	39,5

bölejikler sistemasynyň aýry-aýry ýerlerine üýtgeşik täsir edýär, ýagny bu jisimi bölekler bölüp, olaryň her birisini özbaşdak orbitalar boýunça hereket etdirmeklige ymtýlýandyr. Egerde şu bölüji täsir sistemanyň bölejikleriniň özara dartylma güýjünden uly bolsa, onda bölejikleriň sistemasy (ölçegleri uly bolan gaty jisim, planeta hem bolup biler) weýran bolar.

§133. Kometalar

Asmanda guýruklary birnäçe gradusa, hatda onlarça graduslara çenli uzalyp gidýän, uly kometalar gadym döwürlerden bäri gözegçilik edilýändir. Gadym döwürlerde kometalar atmosfera hadysalaryna degişli diýip hasaplapdyrlar.

Bu ýalňyş garaýşy daniýaly astronom T.Brage ilkinji bolup inkär edendir. Ol 1577-nji ýyldaky kometanyň Ýeriň üstüniň dürli nokatlaryndan gözegçilik edilende, ýyldyzlaryň arasynda şol bir orny eýeleýändigini ýüze çykarýar we onuň Aýdan hem uzakda ýerleşendigi barada netije çykarýar.

olaryň has ulularyna gözegçilik edýändiris. Bular ýaly jisimler özara çakyşyp, böleklere bölünýändirler we pytraýandyr. Planetaara giňişlik diametrleri mikronyň ülüşlerine deň bolan tozanjyklardan başlap asteroidleriň ölçeglerine çenli bolan, dürli görnüşli döwürlerden doly bolmalydyr. Olar Ýer bilen çakyşyp, onuň üstüne meteorit görnüşinde gaçýarlar. Şeýlelikde ownamaga, pytramaga garşylykly proses, uly jisimleriň has ownuklaryny dartyp alma prosessi bolýar.

Gün sistemasynyň ösüşiniň irki tapgyrlarynda planetaara giňişlikde meteorit jisimleriň dykzlygy uly bolupdyr we olaryň gaçmagy planetalaryň, olaryň hemralarynyň (hususanda Aýyň) üstleriniň kemala gelmeginde wajyp orun eýeländir.

1772-nji ýylda Berlinli astronom E.Bode we 1766-njy ýylda wittenbergli matematik I.Tisius tarapyndan açylan, häzirki döwürde Tisius-Bode düzgüni ady bilen belli bolan, planetalaryň Günden uzaklyklarynyň empiriki kanunalaýyklygy çap edilýär.

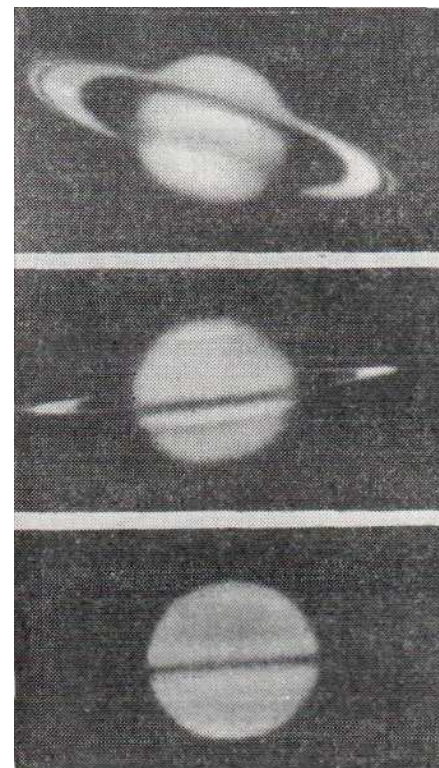
$$a = 0,1 \cdot (3 \cdot 2^n + 4) a.b. \quad (9.8)$$

Bu ýerde $n = -\infty$ Merkuriý üçin, 0 Wenera, 1 Ýer üçin we ş.m., a -Günden ortaça uzaklyk (astronomik birliklerde). 10-njy tablisa (9.8) formula boýunça hasaplanan we hakyky uzaklyklary deňeşdirmäge mümkinçilik berýär. 10-njy tablisadan görnüşi ýaly planetalaryň ortaça uzaklyklary Urana çenli (9.8) formula bilen kanagatlanarly gabat gelýär. Mars bilen Ýupiteriň orbitalarynyň aralygynda, ýene-de bir planetanyň bolmaly ýerinde, asteroidler guşaklygy ýerleşendir. Gün sistemasynyň bu ýerinde, ýagny Ýer topar planetalary bilen äpet planetalary bölünýän ýerinde, fiziki şertler planetanyň emele gelmegine mümkinçilik bermedik bolmagy we planeta emele gelmedik ýa-da emele gelen bolsa-da, durnuksyz bolan bolmagy mümkindir. Mümkün, Gün sistemasynyň ewolýusiýasynyň belli bir tapgyrynda asteroidler guşaklygynda bir ýa-da birnäçe planetalaryň bolan bolmagy, ýöne olar başga jisimler bilen çakyşmalary sebäpli ýa-da başga bir güýjuň, mysal üçin Ýupiteriň daşgyn (dartyлма) täsiri netijesinde weýran bolan bolmalary mümkindir. Daşgyn täsiriň weýran ediş mehanizmi aşakdaky ýaly düşündirilýär: daşky jisimiň dartyлма güýji grawitasiýa täsiri netijesinde özara baglanyşykda bolan

ýarysyna ýetip biler.

Infragyzyl çäklerde geçirilen gözegçilikler Saturnyň temperaturasynyň $95K$ töweregidigini görkezýär. Edil Ýupiterdäki ýaly, şöhlendirýän energiýasynyň ýarysyndan köp bölegi içki ýylylyk akymy bilen baglanyşyklydyr.

Saturnyň dekametr tolkun uzynlyklarda sporadik radioşöhlenenmesini ýüze çykarmak boýunça geçirilen barlaglar oňyn netije beren dälidirler. 3-den $21sm$ tolkun uzynlyklar çäginde planetanyň dynçlyk, asuda radioşöhlenenmesi gözegçilik edilýär. Bu çäklerde ýitilik temperaturasy tolkun uzynlygy bilen bilelikde



171-nji çyzgy. Saturnyň fotosuratlary.

birsydyrgyn (monoton) artýar. Bu baglanyşyk, Ýupiterdäki ýaly, planetanyň radiasiýa guşaklarynyň şöhlelenmesi bilen bagly bolmagy mümkindir.

Saturnyň halkalary teleskopda gözegçilik edip bolýan, iň owadan obýektleriň biridir. Olary ilkinji bolup 1610-njy ýylda Galileý açýar, ýöne oňa öz açan halkalarynyň hakyky görnüşini kesgitlemek başartmaýar. Diňe 1655-nji ýylda Gýuýgense Saturnyň halkalarynyň umumy merkezli, tekiz, belli bir galyňlykdaky halka bolup, onuň planeta bilen ýanaşyk, galtaşýan dældigini subut etmek başardandyr. Häzirki döwürde halkanyň üç sany

halkadan ybaratdygy bellidir. Ol halkalar edil planetanyň ekwatory ýaly, orbitasynyň tekizligine $26^{\circ}45'$ ýapgytdyr. Daşky A halka aralykdaky B halkadan Kassini yşy diýip atlandyrylýan, garmtyl

aralyk bilen bölünendir. Aralyk halka iň ýiti halkadyr. Içki *C* halkadan, aralyk *B* halka garamtyl aralyk bilen bölünendir. Içki *C* halka garamtyl we ýarymdurudyr. Bu halkanyň iç ýüzünden gyrasy çürt-kesik däl, ýuwaş-ýuwaşdan ýitip gidýändir.

Saturnyň $10^5 km$ töweregi uzaklykda hemrasynyň dälde halkasynyň bolmagynyň esasy sebäbi daşgyn güýjüniň täsiridir. Eger şu uzaklykda hemra emele gelen bolaýsada, onda planetanyň daşgyn (dartyлма) güýjüniň täsiri netijesinde ownuk böleklere pytrardy. Äpet planetalaryň emele gelme döwriüniň käbir tapgyrynda olaryň töwereginde planetany emele getirýän maddanyň dykylanmasy döräpdir, soňra olardan hemralar emele gelipdirler. Halkalaryň zolagynda bolsa daşgyn güýji hemralaryň emele gelmegine päsgelçilik beripdir. Şeýlelikde, Saturnyň halkalary planetalar emele gelmezden öňki materiýanyň galyndylarynyň bolmagy ähtimaldyr.

Ýer Saturnyň halkalarynyň tekizliginden geçende olaryň galyňlygy kesgitlenendir we onuň ölçegleri 2-den 20-i *km* aralykdadyr.

Halkalaryň bir bütewi gaty jisim bolup bilmejekdigi XIX asyrdan nazaryýetde görkezilendir. XX asyryň başlarynda halkalaryň spektrindäki çyzyklaryň dopler süýşmesi boýunça halkalaryň dürli nokatlarynyň aýlanma tizligi dürlüdigini, Kepleriň üçünjü kanunyna laýyklykda planetadan uzaklaşdygyça tizligiň kemelýändigini anyklady. Diýmek, halkalar planetanyň daşynda Kepleriň orbitalary boýunça özbaşdak hereket edýän, örän köp sanly bölejiklerden ybaratdyr.

Häzirkiki maglumatlara görä Saturnyň 31 sany hemrasy bolup, olaryň 19-ynyň ady bardyr. Saturny we onuň hemralaryny öwrenmekde “Kassini” we “Gýuýgens” atly kosmos gämileri uly işleri ýerine ýetirendirler. “Kassini” kosmos gämisi Ýewropanyň we Amerikanyň kosmos guramalary tarapyndan 1997-nji ýylda Saturn planetasyna tarap uçuryldy. “Kassini” Saturnyň töwereginde aýlanyp, Ýere täsin maglumatlary iberip, Saturndan 1 million 200 müň kilometr uzaklykda hereket edýän Titan hemrasyna “Gýuýgens” atly kosmos gämisini göýberdi. “Gýuýgens” Titanyň üstüne gonup, onuň atmosferasy barada

ýagtylygynyň polýarlanmasy gözegçilik edilýär. Bu bolsa asteroidleriň aýlanmasy bilen düşündirilýär.

Kiçi planetalaryň esasy köplügi Günden 2,2 *a.b.*-den 3,6 *a.b.* den bolan aralyklarda, ýagny Mars bilen Ýupiteriň orbitalarynyň aralygynda hereket edýärler. Bu zolaga asteroidler guşaklygy diýilýär. Olaryň köpüsiniň (97%) orbitasynyň eksentrisiteti 0,3-den kiçidir, ýapgytlygy bolsa 16^0 -dan kiçidir (90%).

Bu çäklerde hereket edýän 2485 belgili kiçi planeta Türkmenistanyň şanyna “Türkmenistan” diýip atlandyrylandyr. Onuň diametri 8*km* bolup, ol Günüň töwereginde 1190 gijegündize den bolan period bilen aýlanýar. Ýyldyz ululygy 16^m den. Bu asteroid rusiýaly astronomlar N.S. Çernyh we L.I. Çernyh açandyrlar.

Asteroidleriň iki topary Günüň töwereginde Ýupiteriň orbitasyna ýakyn orbitalar boýunça hereket edýärler. Şunlukda olaryň bir topary Yupiterden 60^0 öňde, beýlekisi bolsa sonça yzdadyr we olar Troýa urşunyň gahrymanlarynyň atlaryny göterýärler. Asteroidleriň bu iki topary, Gün we Ýupiter bilen iki sany deňtaraply üçburçluklary emele getirýärler. Üç jisim meselesiniň bu hususy haly üçin Lagranž takyk çözüwini tapandyr. Lagranž nokadynyň ýakynynda ýerleşen jisimleriň hereketi uly planetalaryň tolgundyryjy täsirlerine durnuklydygyny görkezendir.

Asteroidleriň biçak köp topary Neptunyň aňyrsynda ýerleşýärler. 1951-nji ýylda astronom Koýper “Neptundan soň hem kiçi jisimler halkasy bolmaly” diýen çaklama aýdýar. Ol çäkden ilkinji jisim 1992-nji ýylda açylýar. Şol wagtdan bäri Koýperiň halkasynda ululyklary 200*km*-den geçýän asteroidlerdir kometalaryň 400-den gowragy açylandyr. Emma ol çäklerde ölçegleri 100*km*-den geçýän jisimleriň 35 müňe golaýy, olardan kiçi jisimleriň bolsa örän köp mukdary bolmaly diýip çak edilýär. Astronomlaryň pikirine görä, Koýperiň halkasyndaky jisimleriň agramy Mars bilen Ýupiteriň orbitalarynyň aralygyndaky asteroidler halkasyndaky jisimleriň umumy agramyndan ýüzlerçe esse artyk bolmalydyr.

Planetaara giňişlikde kiçi jisimleriň sany örän köpdür, biz

§132. Kiçi planetalar

1801-nji ýylyň 1-nji ýanwarynda italýan astronomy Piassi astronomik gözegçilikler wagtynda ýyldyza meňzeş obýekti tötänleýin açýar. Soňra geçirilen gözegçiliklerde onuň göni ýokary göterilişiniň we ýapgytlygynyň gijeden-gijä ýeterlik üýtgeýändigini anyklanýar. K.Gauss onuň orbitasyny hasaplaýar. Onuň Günüň daşyndan uly ýarymoky $2,77 \text{ a.b.}$, ýapgytlygy $i=10^0$, eksentrisiteti $e=0,08$ bolan ellips boýunça hereket edýändigini anyklanýar. Örän kiçi ölçegleri bolan planetanyň açylandygy belli bolýar. Oňa Serera diýip at dakýarlar. Gysga wagtyň dowamynda şular ýaly ýene-de üç planeta- Pallada, Westa we Yunona açylýar. XIX we XX asyrlarda kiçi planetalaryň sany yzygiderli köpeldir. Olara kiçi planetalar ýa-da asteroidler diýilýär (asteroid grek sözi bolup, türkmençe ýyldyza meňzeş diýmekdir). XIX asyryň ahyryndan başlap, kiçi planetalary gözlemek üçin fotografiýa ulanylyp başlanýar. Uzak wagtyň dowamynda eksponirlenende asteroidiň şekili, α we δ koordinatalarynyň üýtgeýänligi sebäpli, çyzyjak görnüşinde alynýar we ony ýyldyzlardan tapawutlandyrmak ýeňildir.

Halkara kiçi planetalar merkeziniň maglumatyna görä 2003-nji ýylyň sentýabr aýyna çenli hasaba alynan asteroidleriň sany 69 müň 229-a ýetendir. Olardan iň ýagty asteroid Westa garşyda durmada ýyldyz ululygy $6^m,5$ bolan obýekt ýaly görünýär, 7^m - 9^m ululykdaky birnäçe asteroid bardyr, galanlary gowşakdyr.

Statistiki maglumatlar kiçi planetalaryň ýagtylanyjylygynyň kesgitli kanunyna boýun egýändigini görkezýär. Ýyldyz ululygy m bolan asteroidleriň sany ýyldyz ululygy $m-1$ bolan asteroidlerden 2,5 esse köpdür. Orbitalary anyk kesgitlenen asteroidleriň san belgileri (açylyş tertibine görä) we atlary bardyr.

Başda açylan dört asteroidiň diametrlerini göni ölçemek başardandyr. Iň uly asteroid Sereranyň diametri 780km , Yunonanyň diametri bolsa 200km deňdir. Asteroidleriň ölçegleri esasan hem birnäçe kilometrlerden onlarça kilometr aralygyndadyr. Olaryň disklerindäki detallary seljerip bolmaýar, ýöne olaryň ýalpyldylarynyň periodiki üýtgemeleri we

maglumatlary we şekilleri Ýere iberdi. Saturnyň altynjy hemrasy bolan Titanyň burç diametri $0'',8$ (çyzykly diametri 4850km) töweregidir. Ol Gün sistemasynda atmosferasynyň bardygy tassyklanan ýeke-täk hemradyr. Saturnyň IX hemrasy bolan Febadan galanlary dogry ugurda onuň daşyndan aýlanýarlar.

§131. Uran we Neptun. Äpet planetalaryň gurluşynyň umumy meseleleri

Seredip geçen planetalarymyz, ýagny Merkuriý, Wenera, Mars, Ýupiter, Saturn asmanda guralсыз, ýöne göz bilen seredilende hem görünýändir we olar iň ýagty obýektlere degişlidirler. Uran Gün sistemasynyň 7-nji planetasydyr we ony diňe teleskopda görüp bolýar (ýyldyz ululygy $5^m,8$). Planeta burç diametri $4''$ bolan, ýaşylymtyk kiçijek disk bolup görünýär. Onuň çyzykly diametri 52300km töweregidir. Uranyň diskini ýeterlik gysylandyr ($1/14$). Orbitasynyň uly ýarymoky $19,2 \text{ a.b.}$ töweregidir, Günüň töwereginde aýlanma periody bolsa 84 ýyla deňdir. Uranyň üstüniň temperaturasy 50K töweregidir. Massasy Ýeriň massasyndan 14,6 esse uludyr we $8,7 \cdot 10^{25}\text{kg}$ deňdir. Ortaça dykyzlygy $1,58\text{g/sm}^3$. Uranyň merkezinde galyňlygy 8500km ýetýän birinji gatlagy, ýagny ýadrosy bardyr. Onuň daşynda galyňlygy 10000km ýetýän dykyz, doňan gazlardan, doň we gaz şekilli suwdan, ammiakdan we metandan ybarat bolan ikinji gatlagy we atmosferasyna öwrülip gidýän üçünji gatlagy bar diýip çaklanylýandyr. Uranyň diskindäki detallary anyk seljerip bolmaýar, ýöne ýalpyldysynyň periodiki üýtgemesi gözegçilik edilýär. Bu üýtgemeler Dopler hadysasy boýunça planetanyň öz okunyň daşyndan aýlanma periodynyň 10^h49^m deňdigi kesgitlenildi. Uranyň aýlanma okunyň orbitasynyň tekizligine ýapgytlygy 82^0 , ters ugurda aýlanýar. Onuň 5 sany uly we 10 sany kiçi hemrasy, edil Saturnyňky ýaly halkasy bardyr. Emma halkasyny teleskopda görmek çylşyrymlydyr.

Neptun Gün sistemasynyň 8-nji planetasydyr. Onuň burç diametri $2'',4$ töweregi, çyzykly diametric bolsa 50100km deňdir.

Orbitasynyň uly ýarymoky $30,1 \text{ a.b.}$, Gününň daşyndan aýlanma periody bolsa $164,8$ ýyla deňdir. Neptunyň massasy Ýeriň massasyndan $17,2$ esse uludyr we $1,03 \cdot 10^{26} \text{ kg}$, ortaça dykzlygy $1,6 \text{ g/sm}^3$. Öz okunyň daşyndan aýlanma periody $15^h,8$ deňdir. Dogry ugurda aýlanýar. Neptunyň hem içki gurluşy üç gatлага, ýagny gaty, kremniýden durýan, radiusy 7000 km bolan birinji gatлага; galyňlygy $10000\text{--}15000 \text{ km}$ ýetýän, doňan suwdan, metandan we ammiakdan ybarat bolan ikinji gatлага; suwuk wodoroddan, geliýden we metandan ybarat bolan, ýuwaş-ýuwaşdan atmosfera öwrülýän üçüňji gatлага bölünýär. Atmosferasy metanyň, wodorodyň atomlaryndan we molekulalaryndan, geliýden ybaratdar.

Neptunyň Triton we Nereida atly hemralary bardyr. Triton Gün sistemasynda uly hemralaryň biridir (radiusy 2000 km) we planetanyň daşynda ters ugurda aýlanýandyr.

Uranyň we Neptunyň orta dykzlygy Ýupiteriň we Saturnyň orta dykzlygyndan uludyr, ýöne ölçegleri boýunça bolsa kiçidir. Bu planetalaryň düzüminde agyr elementleriň köp bolmagy mümkindir.

Ýupiter, Saturn, Uran we Neptun Äpet planetalar toparyny düzýärler (Ýupitere meňzeş planetalar). Ölçegleri we massalary boýunça Ýer topar planetalaryndan köp uludylar. Äpet planetalar öz oklarynyň daşyndan çalt aýlanýarlar, örän köp hemralary bardyr. Himiki düzümi boýunça bolsa Ýer topar planetalardan köp tapawutlanýarlar. Ýupiter we Saturn düzüminde wodorody, geliýni we beýleki himiki elementleri Gününň düzümindäki gatnaşykda saklaýan bolmaklary mümkindir. Uranyň we Neptunyň düzümi agyr elementlere baýdyr, ýöne olaryň düzüminde hem wodorod bilen geliý agdyklyk edýändir. Planetalar döreýän döwründe olary emele getirýän buludyň merkezi böleginde ýylylyk dissipasiýasy sebäpli ýeňil gazlar ýitirilendir, bu ýerde Ýer topar planetalary, buludyň çet gyralarynda, pes temperaturaly ýerlerinde bolsa äpet planetalar emele gelip, olaryň düzümine wodorod we geliý giren bolmaly diýip hasaplanýlar.

Pluton planetasynyň bardygyny ilki bilen Urandaky we

Neptundaky tolgunmalar esasynda hasaplaýarlar. 1930-njy ýylda amerikan astronomy K.Tombo ony hasaplanan ýeriň golaýyndan tapýar. Pluton öz hemrasy Haron bilen goşa planeta meňzeşdir.

Pluton orta hasap bilen Günden $38,4 \text{ a.b.}$ uzaklykda, uly eksentrisiteti $e=0,249$ bolan orbita boýunça hereket edýär. Gününň daşyndan aýlanma periody $247,7$ ýyla deňdir. Plutonyň öz okunyň daşyndan aýlanma periody $6,4$ gije-gündize deňdir. Onuň azot gazyndan we metandan ybarat atmosferasy bardyr. Planetanyň diametri takmynan 2100 km . Onuň gaty jisimlerden we buzdan ybarat bolan merkezi, doňan metandan ybarat buzly ýokarky gatlagy bardyr. Planetanyň üstüniň temperaturasy takmynan 50 K . Teleskopda seredilende Pluton ýyldyz ululygy $15''$ bolan ýyldyz ýaly görünýär. Pluton hereket edýän orbitasynyň has süýnmekdigi sebäpli, ol perigeliýde Güne Neptundan hem golaý aralyga gelýär. Hereket edýän orbitasynyň ekliptikanyň tekizligine bolan ýapgytlygy hem uludyr, ýagny 17° deňdir.

Plutonyň massasy $1,8 \cdot 10^{21} \text{ kg}$, diametri 1212 km ýetýän Haron atly hemrasy bardyr. Onuň Harondan başgada iki sany hemrasy bardygy kesgitlenendir. Ilkinji alnan maglumatlara görä, olaryň biriniň ululygy $45\text{--}160 \text{ km}$ golaýlaşýan bolsa, beýlekisiniň, ýagny Ksena atly hemrasynyň diametri Plutonyň diametrinden hem 113 km uludyr.

2008-nji ýylda “Pluton, Täze Gözýetimler” atly kosmos gämisi uçuryldy. Ol 2015-nji ýylyň tomsuna Pluton planetasyna baryp ýeter. Bu kosmos gämisiniň kömegi bilen Pluton planetasyndan başgada Haron we täze açylan iki hemrasy, şeýlede Koýperiň halkasyndaky birnäçe asteroidleri öwrenmeklik göz önünde tutulýandyr.

2006-njy ýylda “planeta” adalgasyny kesgitlemeklige 2500-e golaý astronomlar gatnaşdylar we Plutony uly planetalaryň hataryndan çykardylar. Plutony, onuň hemralaryny, şeýle-de beýleki käbir göwrümi ýeterlik derejede bolan asman jisimlerini kiçi planetalaryň toparyna goşmagy makulladylar. Olar has kiçi planetalar toparyna Gün sistemasynyň uly bolmadyk asteroidlerini we kometalaryny goşmagy makullandylar.

energiyasynyň geçişini ýenilleşdirýär, konwektiv zolagyň döremegini talap etmeýär.

Gyzyl äpetler (gigantlar). Bu ýyldyzlaryň örän birhilli däl gurluşlary bardyr. Şeýle netijä, esasy yzygiderligiň ýyldyzlarynyň wagtyň geçmegi bilen gurluşynyň nähili üýtgemelidigine seredip, gelmek ýenildir. Ýyldyzyň merkezinde wodorodyň ýanyp gutardygyça, energiýanyň bölünip çykýan çäkleri merkezden daşky gatlaklara tarap süýşýär. Netijede energiýanyň bölünip çykýan ýukajyk gatlagy emele gelýär we diňe şol ýukajyk gatlakda ýadro reaksiýasy bolup bilýär. Ol ýyldyzy düýpli tapawutlanýan iki dürli: a) içki – tutuşlygyna wodoroddan mahrum bolan, “geliýden” ybarat bolan we wodorodyň ýoklugy sebäpli, ýadro reaksiýalary bolmaýan; b) daşky - ýagny wodorodyň barlygyna garamazdan, temperaturanyň we basyşyň reaksiýanyň geçmegi üçin ýeterlik bolmadyk, böleklere bölýär. Ilkibaşda energiýanyň bölünýän gatlagynyň basyşy ýadrodakydan uludyr we şol sebäpli ýadro gysylp başlaýar, grawitasiýa energiýasyny bölüp çykarmak bilen gyzýar. Bu gysylma tä gaz öz häsiýetlerini ýitirip, üýtgän ýagdaýa, ýagny gazyň basyşynyň temperatura bagly däl ýagdaýyna çenli dowam edýär (§96). Şonda, ondan beýläk gysylmanyň önüni almak üçin gerek bolan äpet basyşy, dykzlygyň çendenaşa ulalmagy üpjün edýär. Massasy $1,3M_{\odot}$ bolan ýyldyzyň tutuşlygyna diýen ýaly geliýden ybarat bolan ýadrosynyň emele gelýändigini hasaplamalar görkezýär. Şunlukda, tutuşlygyna diýen ýaly geliýden ybarat ýadronyň temperaturasy, mümkin bolan, geliýniň ugleroda öwrülme ýadro reaksiýasynyň başlanmagy üçin ýeterlik däl. Şonuň üçin geliýden ybarat ýadro, ýadro energiýasynyň çeşmelerinden mahrum bolýar we ol izotermikdir. Ol özünde ýyldyzyň bütün massasynyň dördten birini saklaýandyr, ýöne onuň ölçegleri ýyldyzyň radiusynyň $1/1000$ bölegine deňdir. Ýadronyň merkezindäki dykzlyk 350kg/sm^3 –e çenli ýetýär. Bular ýaly ýadronyň daşy, galyňlygy ýadronyň ölçeglerine deň bolan, energiýanyň bölünip çykması bolýan gatlak bilen gurşalandyr. Soňra galyňlygy $0,1$ radiusa deň bolan şöhle energiýasynyň geçiş zolagy ýerleşendir. Ýyldyzyň radiusynyň $0,9$ bölegine deň bolan,

meteoroidler üçin bu tizlik $10\text{-}30\text{km/s}$, garşylykly ugurda hereket edýänler üçin bu tizlik 70km/s çenli ýetip bilýär. Ýeriň üstünden takmynan 40km beýikliklerde ugurdaş meteoroidler atmosfera tarapyndan 10 atm deň bolan tormozlaýjy basyşa sezewar bolýarlar, garşylykly ugrukdyrylanlary bolsa 500 atm çenli tormozlaýjy basyşa sezewar bolýarlar. Şonuň üçin meteoroidleriň köpüsi kosmos tizliklerini ýitirip, Ýeriň üstüne ýetenlerinde tizlikleri $700\text{-}900\text{m/s}$ deň bolýar. Atmosferanyň garşylygy, gurluşy berk bolmadyk daş düzüjili meteoroidleriň owranmagyna, pytramagyna getirýär we şonda Ýeriň üstüne meteorit ýagşy ýagýar, ýagny meteoroidiň dürli ölçeglerdäki owuntyklary gaçýar.

Käwagtlar, ýeterlik tizliklerde demir düzüjili meteoroidler hem owranýandyrlar. Mysal edip, 1947-nji ýylyň 12-nji fewralynda Uzak Gündogaryň Sihote-Alinskiý dag gerşiniň ýakynyna ýagan meteorit ýagşyny görkezmek bolar. $2,4\text{ km}^2$ meýdana umumy massasy 100 tonna barabar bolan münlerçe meteorit gaçandyr. Iň uly meteoritiň massasy 1745kg , iň kiçijeginiň massasy bolsa $0,01\text{g}$ deňdir.

Massasy takmynan $10^5\text{-}10^6$ tonna, geosentrik tizligi bolsa 30km/s -dan uly bolan, örän seýrek duş gelýän äpet meteoroidler örän uly möçberdäki kinetik energiýa eýe bolup, atmosferanyň içinden geçip, Ýeriň üstüne urulýarlar we ýarylýarlar. Gaçan ýerlerinde uly ölçegli meteorit kraterlerini emele getirýärler. Bular ýaly kraterler Arizonada (ABŞ), Kanadada, Estoniýada, Taýmyrda (Russiýa) we başga ýerlerde ýüze çykarylandyrlar. Arizona meteorit krateriniň (176-njy çyzgy) diametri 1207m , çuňlugy 174m we krateriň daşyny gurşap alan gerşiň beýikligi $40\text{-}50\text{m}$ töweregidir. Taýmyr meteoritiniň krateriniň çuňlugy 100m töweregi, diametri bolsa 100km deňdir.

1908-nji ýylyň 30-njy iýunynda ir sagat 7-de Sibirin Podkamennaýa Tunguska derýasynyň ýakynynda äpet meteoroid ýarylandyr. Oňa Sibir ýa-da Tunguss meteoriti diýip at berilendir. Alymlaryň çaklamalaryna görä bu meteoroidiň öýjük-öýjük gurluşy bolup, massasy 10^6 tonna we atmosfera girme tizligi 25km/s töweregidir. Ol Ýeriň üstüne 7km ýetmän partlaýar. Radiusy 30km bolan töwerekde ağaclar ýykylýar, partlama bolan

ýeriň topragynda örän köp sanly owunjak silikat we metal şarjagazlar (diametri $0,1-0,3mm$, massasy $0,001-0,2mg$) tapylýar.

Türkmenistanyň çäklerinde ilkinji meteorit 1968-nji ýylda Türkmenabat şäherinden $100km$ çemesi günbatardaky Gabakly obasynyň golaýyndan tapyldy.



176-njy çyzgy. Arizona meteorit krateri.

Massasy $4,1kg$ bolan Bokurdak atly ikinji meteorit 1978-nji ýylyň sentýabr aýynda Bokurdak şäherçesinden $50km$ uzaklykda tapyldy.

Üçünji we dördünji meteoritleri Garagum çölüniň merkezinde işlän hünärmenler tapýarlar (Diňli we Akmolla meteoritleri).

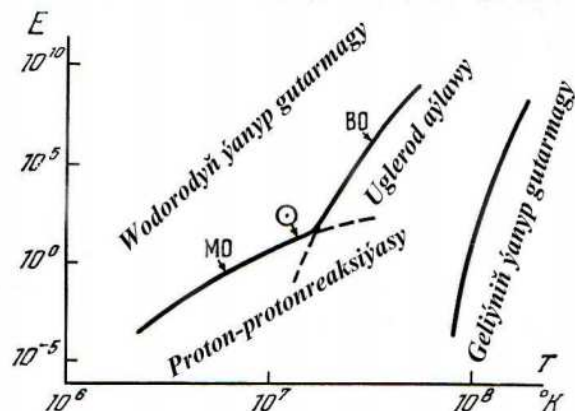
“Köneürgenç-Saparmyrat Türkmenbaýy” diýen at bilen Halkara meteorit guramasy tarapyndan hasaba alnan başynjy türkmen meteoriti 1998-nji ýylyň 29-nji iýulynda 17 sagat 30 minutda Köneürgenç şäheriniň golaýyndaky pagta meýdanyna gaçýar. Meteoritiň emele getiren çukuryň çuňlugy $3,7m$, diametri $4,5m$ töweregidir. Meteoritiň Ýeriň üstüne gaçan iň uly böleginiň massasy $850kg$ golaý, ululygy $72\times 80\times 48sm$ deňdir. Onuň Ýere gaçyp tapylan bölekleriniň umumy massasy $1000kg$ golaýdyr. Düzümi daşdan we demirden ybaratdyr. Meteorit günorta-gündogardan demirgazyk-günbatara hereket edipdir. Onuň Ýeriň atmosferasyna girmezinden öňki massasy $9-10$ tonna golaýdyr

garyşyp başlaýar we esasy yzygiderligiň uly (massiw) ýyldyzlarynyň jümmüşinde merkezi konwektiw ýadro emele gelýär. Massasy 10 sany Gün massasyna deň bolan ýldyzyň içki konwektiw gatlagynyň radiusy ýyldyzyň radiusynyň dörtten birine barabardyr, merkezindäki dykzlyk orta dykzlykdan 25 esse uludyr. Ýyldyzyň konwektiw ýadrosynyň daşyndaky gatlaklary, edil Günüň şöhle energiýasynyň geçiş zolagyndaky ýaly, şöhle deňagramlylyk ýagdaýynda bolýarlar.

Esasy yzygiderligiň aşaky bölegindäki ýyldyzlar. Bu ýyldyzlar gurluşlary boýunça Güne meňzeşdirler. Proton-proton reaksiýasynda bölünip çykýan energiýanyň kuwwatynyň temperatura baglylygy, şöhlelenmäniň akymynyň temperatura baglylygyna meňzeşdir, ýyldyzyň merkezinde konweksiýa döreýän däl. Esasy yzygiderligiň aşaky böleginde ýerleşen ýyldyzlaryň has sowuk, daşky gatlaklarynyň dury dældigi sebäpli galyň, daşky konwektiw zolaklary emele gelýär. Ýyldyz näçe sowuk boldugyça, maddanyň garyşmasynyň çuňlugy şonça-da uly bolýar. Eger-de Günüň fotosferadan aşaky gatlagynyň diňe 2% -i konweksiýa bilen gurşalan bolsa, onda massasy $0,6M_{\odot}$ bolan KV topara degişli karlik ýyldyzyň umumy massasynyň 10% maddanyň garyşmagyna gatnaşýar.

Subkarlikler. Bu ýyldyzlar agyr himiki elementleriň azlygy bilen tapawutlanýarlar we ýyldyzyň gurluşynyň onuň himiki düzümine baglylygynyň aýdyň mysalydyr. Ýyldyz maddasynyň dury dälligi onuň düzümindäki agyr elementleriň mukdaryna proporsionaldyr, sebäbi güýçli ionlaşan plazmada ähli ýeňil elementler tutuşlygyna öz elektronlaryndan mahrum bolýandyrlar we onuň atomlary kwanty siňdirip bilýän däl. Siňdirme esasan hem, öz elektronlarynyň belli bir bölegini ýitirmän saklan, agyr elementleriň ionlaşan atomlary tarapyndan amala aşyrylýar. Subkarlikler Galaktikanyň ösüşiniň irki tapgyrlarynda, entek ýyldyzlaryň jümmüşinde bolup ýetişmedik we şol sebäpli agyr elementlere garyp bolan maddadan emele gelen, garrý ýyldyzlardyr. Şonuň üçin subkarlikleriň maddasy esasy yzygiderligiň ýyldyzlarynyň maddasy bilen deňdirenimizde has durulygy bilen tapawutlanýandyr, bu bolsa jümmüşinden şöhle

çäklerinde ýerleşen ýyldyzlaryň özleriniň gurluşlary bilen tapawutlanýandyklaryny çaklamak mümkindir. Çaklamanyň dogrudygyny deňagramly gaz konfigurasiýalaryny ýyldyzyň



182-nji çyzgy. Ýadro reaksiýalarynyň energiýasynyň temperatura baglylygy.

kesgitli himiki düzümi, massasy, radiusy we ýagtylanyjylygy üçin ýerine ýetirilen nazary hasaplamalar tassyklaýar (ýyldyzlaryň modelleri).

Esasy yzygiderligiň ýokarky böleginiň ýyldyzlary. Bular, massasy Güniň massasyndan uly bolan, şol sebäpli jümmüşindäki temperatura we basyş has gıçki spektral toparlaryň ýyldyzlarynyňkydan uly bolan hem-de termoyadro energiýasynyň bölünip çykması uglerod aýlawynyň üsti bilen has çalt depginlerde bolýan, gyzgyn ýyldyzlardyr. Netijede olaryň ýagtylanyjylygy hem uludyr, şonuň üçin olaryň ewolýusiýasy çalt bolup geçmelidir. Bu ýerden, esasy yzygiderlikde ýerleşen gyzgyn ýyldyzlaryň ýaş ýyldyzlar bolmalydygy barada netije çykarmak tebigydyr.

Uglerod aýlawynda energiýanyň bölünmesi temperaturanyň has ýokary derejesine ($\sim T^{20}$) proporsional, şöhlemenmäniň akymy bolsa, Stefan-Bolsmanyň kanunyna görä, T^4 -e proporsionallykda artýandygy sebäpli, ýyldyzyň jümmüşinde uglerod aýlawynda döreýän energiýany şöhlemenme daşyna çykaryp yetişmeýär. Şol sebäpli energiýany maddanyň özi çykarmaly bolýar, madda

diýip çak edilýär

Meteoritler diňe Ýere gaçman, beýleki planetalara we olaryň hemralarynyň üstlerine hem gaçýandyrlar. Bu planetalaryň we hemralarynyň atmosferalary bolmadyk ýagdaýynda uly bolmadyk meteoritler hem uly ölçegli kraterleri döredýärler. Oňa mysal edip Aýyň, Merkuriýniň, Marsyň üstlerinde, şeýle hem Marsyň we Saturnyň hemralarynyň üstlerinde örän köp sanly kraterleriň bolmagyny görkezmek bolar.

Az sanly meteoritler üçin Ýer bilen duşuşmazyndan öň planetaara giňişlikde hereket eden orbitalary hasaplanandyr. Bu jisimleriň hemmesiniň asteroidler guşaklygyndan gelendikleri anyklanylandyr. Şeýlelikde meteoritleriň asteroidler bilen jebis arabaglanyşygy kesgitlenendir,

Demir düzüjili meteoritleri öwrenmeklik, olaryň gurluşynyň diňe ýokary temperaturaly we äpet uly basyşly şertlerde emele gelip biljekdiklerini görkezýär. Diýmek, demir düzüjili meteoritler uly asman jisimleriniň jümmüşinde ýerleşendirler, mümkin kemala gelip başlan, ýöne doly kemala gelip bilmän, weýran bolan planetanyň jümmüşinde ýerleşen bolmaklary ähtimaldyr. Meteoritleriň düzüminde otnositel mukdary uly bolmadyk radioişjeň elementleriň esasynda olaryň kesgitlenen ýaşlary $0,5 \cdot 10^9$ -dan $4,5 \cdot 10^9$ ýyla çenlidir.

§136. Zodiakal ýagtylyk we garşydan şöhle saçma

Ýaz aýlary, Aýsyz garaňky gijelerine, asmanyň günbatar tarapynda ekliptika boýunça giňelýän, gözýetimden ýokarlygyna galýan ýapgyt, ýuwaş-ýuwaşdan daralýan konus görnüşli gowşak ýagtylanmany görmek bolýar. Edil şonuň ýaly ýagtylanmany güýzüne, daň atmazyndan öň, gündogar gözýetimden ýokarda görmek bolýar. Bu ýagtylanma zodiakal ýagtylyk diýilýär. Ýeriň tropik guşaklygynda, ekliptikanyň gözýetimden ýokary göterilýän ýerinde, zodiakal ýagtylygyň zodiak ýyldyz toparynyň hemmesi boýunça geçýändigini, ýöne gözýetimiň ýakynynda, Maýa Ýolunyň ýagtylygy bilen deňeçer bolan ýagtylygy, beýiklik boýunça

kemelyändig gowy görüňär. Günden 180^0 uzaklykda zodiakal ýagtylyk çalaja güýçlenýär we şol ýerde ýiti gözli adam diametri 10^0 töweregi bolan ýagtylanýan tegmili seljerip biler. Oňa garşydan şöhle saçma diýilýär.

Zodiakal ýagtylyk Günüň ýagtylygynyň Güni we planetalary gurşap alan, mikroskopik ölçegleri bolan owunjak tozanjyklaryň emele getirýän seýreklendirilen buludynda dagynyk (pytrama) serpikme hadysasydyr. Bu tozan buludynyň dykzlygy örän kiçidir (10^{-22} - 10^{-23} g/sm³) we ol planetalaryň hereketine päsgelçilik döredýän däldir. Garşydan şöhle saçmanyň ýitiligi Ýeriň atmosferasyny Gün şöhleleriniň we ýeliniň basyşynyň täsiri netijesinde taşlap gidýän gaz molekulalarynda we ionlarynda ýagtylygyň dagynyk serpikmesi sebäpli artýandyr.

$$T_0 \approx 1,5 \cdot 10^7 \frac{M}{R} \quad (10.21)$$

Esasy yzygiderligiň ýyldyzlary üçin (10.21) formuladaky M/R gatnaşygy (10.18) we (10.19) formulalaryň üsti bilen aňladyp bolýar. Onda

$$\frac{M}{R} = R^{1/3} \quad (10.22)$$

Diýmek, bular ýaly ýyldyzlar üçin :

$$T_0 = 1,5 \cdot 10^7 \cdot R^{1/3} \quad (10.23)$$

180-nji suratdan görnüşi ýaly, esasy yzygiderlik boýunça ýokarlygyna süýşdügimizçe ýyldyzlaryň radiuslary ulalýandyr. Şonuň üçin esasy yzygiderligiň ýyldyzlarynyň ýagtylanyjylygynyň artmagy bilen ýuwaş-ýuwaşdan jümmüşindäki temperaturasy hem artýandyr. Mysal üçin, *B0V* toparça degişli ýyldyzlaryň merkezindäki temperatura 30 million kelwin töweregi bolsa, *K0V* toparçanyň ýyldyzlary üçin 10 million kelwinden sähelçe kiçidir.

Temperaturanyň ululygyna ýyldyzlaryň jümmüşindäki ýadro reaksiýalarynyň häsiýeti güýçli baglydyr. 182-nji çyzgyda proton-proton reaksiýasy we uglerod aýlawy netijesinde bölünip çykýan energiýanyň E mukdarynyň temperatura T baglylygy görkezilen we Günüň merkezine hem-de esasy yzygiderligiň, *B0* we *M0* spektral toparlara degişli iki ýyldyzynyň merkezine degişli şertler belenendir. Bu çyzgyda Günüň ýerleşen ýagdaýyndan görnüşi ýaly, esasy yzygiderligiň giçki spektral toparlaryna (*G*, *K* we *M*) degişli ýyldyzlaryň jümmüşinde, edil Gündäki ýaly, ýadro energiýasynyň bölünip çykması esasan hem proton-proton reaksiýasy netijesinde bolup geçýändigini görkezýär. Irki spektral toparlaryň jümmüşlerindäki temperatura has ýokary we onlarça million kelwine ýetýän, gyzgyn ýyldyzlarynda esasy orny wodorodyň geliý elementine uglerod sikliniň hasabyna öwrülmesi eýeleýändir. Bu reaksiýanyň netijesinde, proton-proton reaksiýasy bilen deňşdireniňde has köp energiýa bölünip çykýar, bu bolsa irki spetkral toparlaryň ýyldyzlarynyň uly ýagtylanyjylygyny düşündirýär.

Şeýlelik bilen, ýagtylanyjylyk–spektr diagrammasynyň dürli

Şeýlelikde, spektr-ýagtylanyjylyk diagrammasyny ýyldyzlaryň ýagdaýynyň diagrammasy hökmünde seredip, onuň kömegi bilen wajyp meseleleri çözüp bolar. Mysal üçin, diagrammanyň ýyldyz “ilaty” has güri çäkleri ýyldyzlaryň ewolýusiýasynyň has dowamly tapgyrlaryna, aýdaly, esasy yzygiderlik tapgyryna degişlidigi aýdyňdyr. Soňra, ýyldyzlar ewolýusiýasynyň tapgyrlarynyň birinden beýlekisine geçende öz häsiýetlerini, hususan hem ýagtylanyjylygyny üýtgedýär diýip hasaplalyň. Onda olar wagtyň geçmegi bilen Gerssprung-Ressel diagrammasynda öz ýerleşen ýagdaýlaryny üýtgetmelidirler. Şunlukda olar mydama, ýa-da in bolmanda käbir periodyň dowamynda öz massasyny hemişelik saklaýan bolsalar, onda olaryň ewolýusiýasy kesgitli tapgyrlarda, 180-nji çyzgydaky hemişelik massa çyzyklaryň kesimleri bilen şekillendirilýän bolmalydyr. Bu ýerden bolsa ýyldyzyň Gerssprung-Ressel diagrammasynda ýerleşişinin nähili çuň ewolýusion manysynyň bardygy görünýändir.

§144. Ýyldyzlaryň gurluşlary we jümmüşlerindäki fiziki şertler

Eger ýyldyzyň massasy we radiusy belli bolsa, onda Günüň jümmüşindäki fiziki şertleri öwrenenimizdäki çemeleşmelerden ugur alyp, ýyldyzyň jümmüşindäki fiziki şertler barada düşünje alyp bileris (§112 seret). (9.10) formuladan görnüşi ýaly, ýyldyzyň jümmüşindäki T temperatura onuň M massasyna göni we R radiusyna bolsa ters proporsionaldygy görünýär. Hususanda, ýyldyzyň merkezindäki T_0 temperatura üçin

$$T_0 = k \frac{M}{R} \quad (10.20)$$

ýazmak bolar. Bu ýerde k -proporsionallyk koeffisiýenti. Bu koeffisiýentiň diňe Güne meňzeş ýyldyzlar üçin takmynan ululygyny, $R=R_\odot$ we $M=M_\odot$ bolanda T_0 temperaturanyň takmynan 15 000 000K deň bolýandygy şertden ugur alyp, kesgitläp bolar. Bu ýerden esasy yzygiderligiň Güne meňzeş ýyldyzlary üçin merkezlerindäki temperatura

X bap. Ýyldyzlar

1. Adaty ýyldyzlar

Ýyldyzlar Älemde in köp ýaýran obýektlerdir. Kosmos maddasynyň massasynyň 98%-i ýyldyzlarda jemlenendir, galan bölegi bolsa ýyldyzara giňişlikde ýaýrandyr. Ýyldyzlaryň ewolýusiýasy bilen himiki elementleriň köpüsiniň emele gelmegi baglanyşyklydyr. Şonuň üçin ýyldyzlar diňe Älemiň düzüminiň wajyp elementleri bolan, kosmos obýektleri hökmünde dälde, ösüşi materiýanyň ösüşiniň wajyp tapgyry bolan jisimler hökmünde ylmy gyzyklanma döredýändir.

Ýyldyzyň esasy häsiýetnamalary esasan hem onuň massasy, ýagtylanyjylygy we radiusy bilen kesgitleýändir. Gözegçilikleri geçirmegiň nukdaý-nazaryndan wajyp meseleleriň biri bu ululyklary kesgitlemek, aýry-aýry ýyldyzlaryň, şeýle hem dürli ýyldyz toparlarynyň hususy özboluşlyklaryny ýüze çykarmakdan we öwrenmekden ybaratdyr.

Nazary astrofizikanyň usullary ýyldyzlaryň jümmüşindäki we atmosferasyndaky fiziki şertleri kesgitlemäge we olaryň ewolýusiýasyny (ösüşini) yzarlamaga mümkinçilik berýärler.

Ýyldyzlar örän köp dürlüligi bilen tapawutlanýarlar. Ýöne muňa garamazdan, olary umumy häsiýetleri boýunça aýry-aýry toparlara bölüp bolýar. Bular ýaly bölmeklik bar bolan ýyldyzlaryň mümkin bolan köpligini öwrenmek üçin zerurdyr. Esasan hem agzalary durnuksyzlygy bilen tapawutlanýan ýa-da pulsirlemeleri, partlamalary we ş. m. amala aşyrýan toparlary öwrenmeklik aýratyn hem gyzyklydyr. Adatça, bular ýaly özboluşlyklary öwrenip, diňe aýry-aýry ýyldyzlaryň tebigaty barada wajyp netijeleri çykarmaga mümkinçilik bermek bilen çäklenmän, köp ýagdaýlarda Älemiň has umumy kanunalaýyklyklary barada netije çykarmaga mümkinçilik berýär. Bu häsiýetlere eýe bolmadyk ýyldyzlara adaty ýyldyzlar diýilýär. Ýyldyzlary öwrenmekligi adaty ýyldyzlardan başlamak tebigydyr.

§137. Adaty ýyldyzlaryň spektrleri we olaryň spektrleri boýunça toparlara bölünüşleri

Adaty ýyldyzlary öwrenmeklik ähli ýyldyzlary toparlara bölmegiň fiziki esaslandyrylan düzgünlerini (prinsiplerini) kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Ýyldyzly asman bilen ilkinji tanyşlyk ýyldyzlaryň reňkleriniň dürliligi bilen özüne ünsi çekýär. Bu tapawut ýyldyzlaryň spektrleri seredilende has hem güýçli ýüze çykýar. Adatça ýyldyzlaryň üznüksiz spektri bardyr, onuň fonunda bolsa spektral çyzyklary, köplenç siňdirme çyzyklary ýerleşýändir. Käbir ýyldyzlaryň spektrlerinde ýiti emission çyzyklary gözegçilik edilýär.

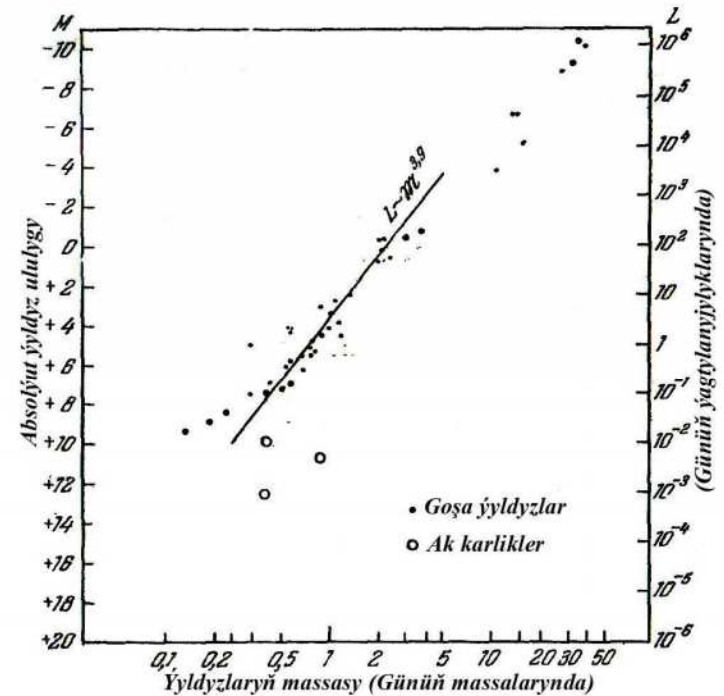
Ýyldyzlaryň spektrlerindäki esasy tapawutlar gözegçilik edilýän spektral çyzyklaryň intensiwliginde we sanynda, şeýle hem üznüksiz spektrde energiýanyň paýlanyşyndadyr.

Spektral toparlara bölmeklik ýyldyzlaryň spektrleriniň emele gelmegi düşündirilmezden ön işlenilip başlanandyr. Şunlukda olaryň wajyp özboluşlyklarynyň ýyldyzlaryň fiziki häsiýetleriniň tapawutlygy bilen baglanyşyklydygy aýdyň bolandyr.

Ýyldyzlaryň esasy köplüginin spektrlerini empiriki usul bilen yzygiderlikde ýerleşdirmek başardandyr. Bu yzygiderligiň ugry boýunça käbir himiki elementleriň çyzyklary kem-kemden gowşap, başgalarynyňky bolsa güýçlenýändir. Özara meňzeş spektrler *spektral toparlara* birleşdirýarlar. Olaryň arasyndaky has inçe tapawutlar bolsa *toparçalara* bölmäge mümkinçilik berýär. Soňky barlaglar dürli spektral toparlara degişli ýyldyzlaryň temperaturalary bilen tapawutlanýandyklaryny görkezdi.

Ýyldyzlaryň spektrlerinde käbir spektral çyzyklaryň intensiwligi temperatura örän duýgur bolýar we ýörite fotometrik ölçegleri geçirmezden, birinji tapgyrda, spektrogrammanyň diňe daşky görnüşi boýunça “göz çeni” bilen oňa baha bermek bolýar. Ýyldyzyň ol ýa-da beýleki spektral topara ýa-da toparça degişiliginin mukdar taýdan şerti bolup, kesgitli spektral çyzyklaryň intensiwlikleriniň gatnaşygy hyzmat edýär.

Spektral toparlara bölmegiň bu düzgüni ilkinji bolup XX asyryň başynda Garward obserwatoriýasynda şowly ulanylandyr.



181-nji çyzgy. Massa-ýagtylanyjylyk diagramması.

Bu formuladan esasy yzygiderligiň ýokarky böleginde, massalary Günüň massasyndan onlarça esse uly massaly, has uly ýyldyzlaryň ýerleşýändikleri gelip çykýar (Plasketta ýyldyzy üçin $M > 60M_{\odot}$). Esasy yzygiderlik boýunça aşaklygyna gitdigimizçe ýyldyzlaryň massalary kemelýär. Giçki spektral toparlaryň karlikleriniň massalary Günüň massasyndan kiçidir. $M < 0,02M_{\odot}$ bolanda madda ýyldyzy emele getirip bilmän, diňe gysylp, planeta öwürlip bilýän bolmaly. *UV Kit* görnüşli lowurdaýan ýyldyzlaryň massasy bu çäk baha ýakyndyr (§151). (10.19) gatnaşyk, başga ýagtylanyjylyk toparlarynyň ýyldyzlary üçin meňzeş bolan gatnaşyklar bilen bilelikde hemme adaty ýyldyzlar üçin dogry diýip hasaplasak, onda massasy belli bolan ýyldyzlaryň hemmesini Gerssprung-Ressel diagrammasyna geçirip, birdeň radiuslaryň çyzyklarynyň alnyşy ýaly, birdeň massalaryň çyzyklaryny geçirmek bolar.

aralyklarda üýtgeýär. Şeýlelik bilen, ýyldyzlaryň atmosferalarynyň temperaturalary bary-ýogy 10 esse tapawutlanýan bolsalar, diametrleri boýunça bu tapawut birnäçe million essä ýetýändir.

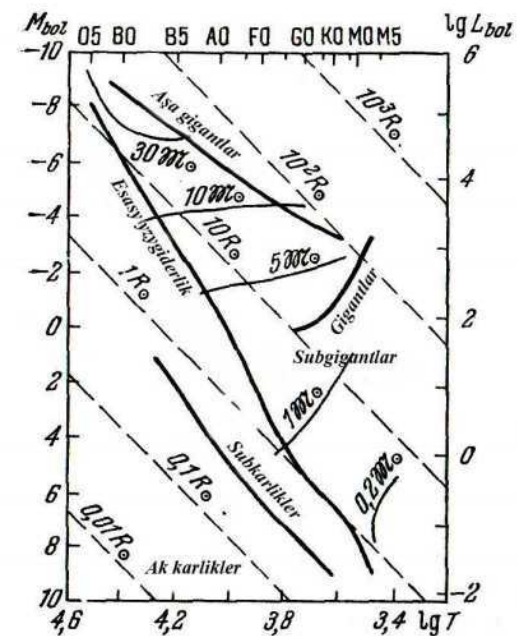
180-nji çyzgyda esasy yzygiderlik, şeýle hem az derejede aşaaþetleriň yzygiderligi gönä ýakyn çyzyklar bilen şekillendirilendir. Bu bolsa esasy yzygiderligiň ýyldyzlary we aşaaþet ýyldyzlar üçin bolometrik ýagtylanyjylyk bilen radiusyň empiriki baglanyşygyny kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Mysal üçin, esasy yzygiderligiň ýyldyzlarynyň köpüsi üçin

$$L_{bol.} = R^{5.2} \quad (10.18)$$

gatnaşyk ýerine ýetýär.

Ýyldyzlaryň has wajyp häsiýetnamalarynyň bir bolan massany ýeke ýyldyzlar üçin kesgitläp bolýan dälär. Käbir ýagdaýlarda Kepleriň kanunynyň kömegi bilen goşa ýyldyz sistemasynyň düzüjileriniň massasyny kesgitläp bolýar (§154 seret). Şol sebäpli ýyldyzlaryň köp bolmadyk sany üçin, 181-nji çyzgyda şekillendirilen, massa bilen bolometrik

ýagtylanyjylygyň



180-nji çyzgy. Absolýut ýyldyz ululygy-temperaturanyň logarifmi diagrammasy.

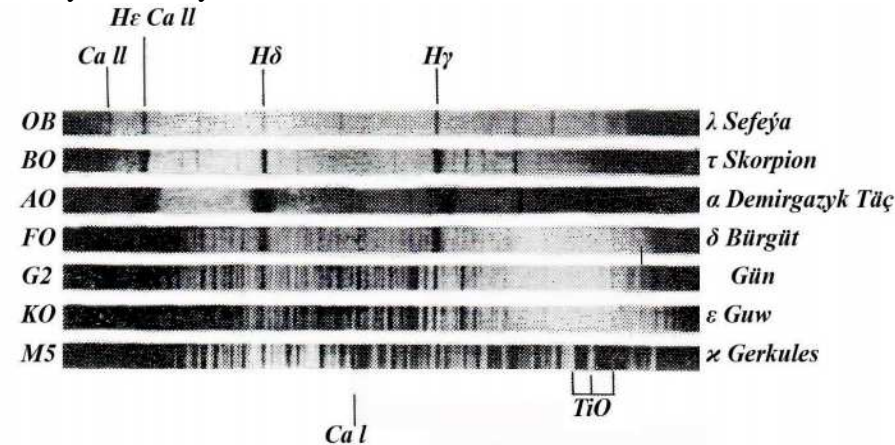
arasyndaky wajyp empirik baglanyşyk tapylandyr. Bu çyzgydaky göni çyzyk, esasy yzygiderlige deňişli goşa sistemalaryň düzüjileriniň köpüsi üçin takmynan ýerine ýetýän, baglanyşygy şekillendirýär

$$L_{bol.} = M^{3.9} \quad (10.19)$$

Ýyldyzlaryň spektral toparlara Garward bölünişi häzirki zaman bölünişiniň esasy düýýändir.

Garward toparlara bölünişi boýunça spektral toparlar latyn elipbiýiniň harplary: O, B, A, F, G, K we M bilen bellendendirler.

Toparlara bölünilýän döwründe spektriň görnüşi bilen temperaturanyň arasyndaky baglanyşyk belli bolmandyr. Deňişli baglanyşyk kesgitlenenden soň, başda harplaryň elipbiý boýunça ýerleşişini bilen gabat gelýän, spektral toparlaryň ýerleşişiniň yzygiderligi üýtgedildi. Spektral toparlaryň häsiýetlerine seredip geçeliň (177-nji çyzgy mysal hökmünde getirilen). Ýyldyzlaryň köpüsiniň spektrleri siňdirmе çyzyklarynyň barlygy bilen häsiýetlendirilýär.



177-nji çyzgy. Dürli spektral toparlaryň ýyldyzlarynyň spektrleri.

O topar. Bu toparyň ýyldyzlarynyň temperaturasynyň ýokarydygyny üznüksiz spektriň ultramelewşe çäklerinde intensiwliginiň ululygy hem görkezýär. Netijede bu ýyldyzlardan gelýän ýagtylygyň mawymtyk reňki bardyr. Ionlaşan geliýniň we köp gezek ionlaşan käbir beýleki elementleriň (uglerod, kremniý, azot, kislorod) çyzyklary has intensiwdir. Neýtral geliýniň we wodorodyň gowşak çyzyklary gözegçilik edilýär.

B topar. Neýtral geliýniň çyzyklary iň uly intensiwligine ýetýärler. Wodorodyň we käbir ionlaşan elementleriň çyzyklary gowy görünýärler. Reňki mawymtyk-ak. Bu topara mysal edip

Gyz ýyldyz toparynyň α ýyldyzyny (Spika) görkezmek bolar.

A topar. Wodorodyň çyzyklary iň uly intensiwligine ýetýärler. Ionlaşan kalsiýniň çyzyklary gowy görünýärler. Beýleki metallaryň gowşak çyzyklary gözegçilik edilýär. Bu topara degişli ýyldyzlaryň reňki ak. Bu topara mysal edip Liranyň α ýyldyzyny (Wega) we Uly Köpegiň α ýyldyzyny (Sirius) görkezmek bolar.

F topar. Wodorodyň çyzyklarynyň intensiwligi gowşayar. Ionlaşan metallaryň (esasan hem kalsiý, demir, titan) çyzyklary güýçlenýär. Ýyldyzlaryň reňki çalaja sarymtykdyr. Bu topara mysal edip Kiçi Köpegiň α ýyldyzyny (Procion) görkezmek bolar.

G topar. Metallaryň köp sanly çyzyklarynyň arasynda wodorodyň çyzyklary tapawutlanmaýarlar. Ionlaşan kalsiýniň çyzyklary örän intensiwdir. Toparyň ýyldyzlarynyň reňki sary. Bu toparyň ýyldyzlaryna mysal edip Güni görkezmek bolar.

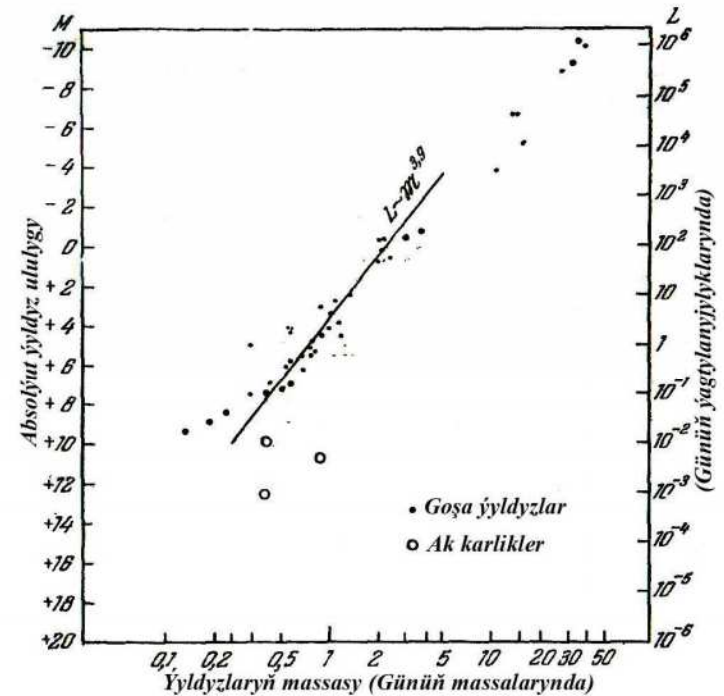
K topar. Wodorod çyzyklary metallaryň örän intensiw çyzyklarynyň arasynda duýulmaýar. Üznüksiz spektriň melewşe gyrasy duýarlyk gowşak, bu bolsa irki toparlar (*O, B, A*) bilen deňeşdireniňde temperaturanyň güýçli kemelendigini görkezýär. Toparyň ýyldyzlarynyň reňki gyzylymtyk. Mysal edip Wolopasyň α ýyldyzyny (Arktur) we Öküzçäniň α ýyldyzyny (Aldebaran) görkezmek bolar.

M topar. Bu topara gyzyly ýyldyzlar degişlidir. Metallaryň çyzyklary gowşayar. Titanyň okisiniň molekulalarynyň we beýleki molekulýar birleşmeleriň siňdirme zolaklary güýçlidir. Mysal edip Üçýyldyzyň α ýyldyzyny (Betelgeýze) we Içýanyň α ýyldyzyny (Antares) görkezmek bolar.

Bu esasy toparlardan başga-da, *G* we *K* toparlardan şahalanýan, beýleki ýyldyzlar köplüğinden himiki düzümi boýunça tapawutlanýan, anomal himiki düzümi bolan ýyldyzlary özünde birikdirýän toparlar bardyr. Birinji şaha *G* topardan bölünýär we düzüminde “uglerodly” ýyldyzlary jemleýär.

C topar. Bu toparyň ýyldyzlarynyň spektri *K* we *M* toparlardan ulgerodyň atomlarynyň siňdirme çyzyklarynyň we uglerodyň molekulalarynyň siňdirme zolaklarynyň barlygy bilen tapawutlanýarlar.

Ikinji şaha *K* topardan bölünýär we düzüminde “sirkoniýli”

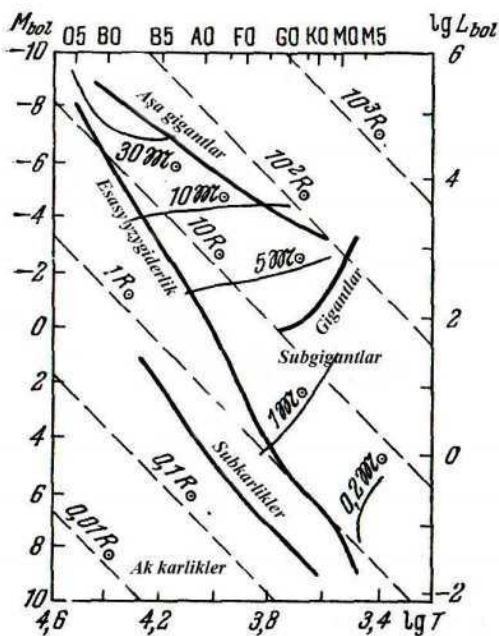


181-nji çyzgy. Massa-ýagtylanyjylyk diagramması.

Bu formuladan esasy yzygiderligiň ýokarky böleginde, massalary Günüň massasyndan onlarça esse uly massaly, has uly ýyldyzlaryň ýerleşýändigleri gelip çykýar (Plasketta ýyldyzy üçin $M > 60M_{\odot}$). Esasy yzygiderlik boýunça aşaklygyna gitdigimizçe diagrammanyň umumy häsiýeti esasan saklanar. Bular ýaly diagrammada birdeň radiuslary bolan ýyldyzlaryň ählisiniň ýagdaýy göni çyzyklar bilen şekillendiriler, sebäbi (10.17) formulada $\lg L$ bilen $\lg T_{\text{eff}}$ arasynda çyzykly baglanyşyk bardyr. 180-nji çyzgyda ýyldyzyň radiusyny (ölçeglerini) onuň ýagtylanyjylygy (absolýut ýyldyz ululygy) we spektri (effektiv temperaturasy) boýunça ýeňil kesgitlemäge mümkinçilik berýän, hemişelik radiuslaryň çyzyklary getirilen. 180-nji çyzgydan dürli ýyldyzlaryň radiuslarynyň örän uly çäklerde üýtgeýändigleri görünýär, ýagny äpet we aşäpetler üçin ýüzlerçe, hatda münlerçe R_{\odot} -den başlap, ak karlikler üçin ($10^{-2} \div 10^{-3}$) R_{\odot} – e çenli

ýüzlerçe, hatda münlerçe R_0 -den başlap, ak karlikler üçin ($10^{-2} \div 10^{-3}$) R_0 – e çenli aralyklarda üýtgeýär. Şeýlelik bilen, ýyldyzlaryň atmosferalarynyň temperaturalary bary-ýogy 10 esse tapawutlanýan bolsalar, diametrleri boýunça bu tapawut birnäçe million essä ýetýändir.

180-nji çyzgyda esasy yzygiderlik, şeýle hem az derejede aşaaþetleriň yzygiderligi gönä ýakyn çyzyklar bilen şekillendirilendir. Bu bolsa esasy yzygiderligiň ýyldyzlary we aşaaþet ýyldyzlar üçin bolometrik ýagtylanyjylyk bilen radiusyň empiriki baglanyşygyny kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Mysal



180-nji çyzgy. Absolýut ýyldyz ululygy-temperaturanyň logarifmi diagrammasy.

ýagtylanyjylygyň arasyndaky wajyp empirik baglanyşyk tapylandy. Bu çyzgydaky göni çyzyk, esasy yzygiderlige degişli goşa sistemalaryň düzüjileriniň köpüsi üçin takmynan ýerine ýetýän, baglanyşygy şekillendirýär

$$L_{bol} = M^{3.9} \quad (10.19)$$

üçin, esasy yzygiderligiň ýyldyzlarynyň köpüsi üçin

$$L_{bol} = R^{5.2} \quad (10.18)$$

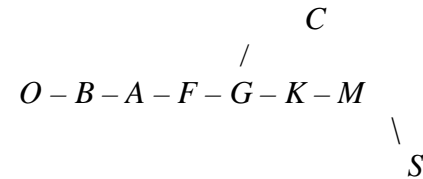
gatnaşyk ýerine ýetýär.

Ýyldyzlaryň has wajyp häsiýetnamalarynyň bir bolan massany ýeke ýyldyzlar üçin kesgitläp bolýan dälendir. Käbir ýagdaýlarda Kepleriň kanunynyň kömegi bilen goşa ýyldyz sistemasynyň düzüjileriniň massasyny kesgitläp bolýar (§154 seret). Şol sebäpli ýyldyzlaryň köp bolmadyk sany üçin, 181-nji

çyzgyda şekillendirilen, massa bilen bolometrik

ýyldyzlary saklaýar.

S topar. Bu toparyň ýyldyzlary *M* toparyň ýyldyzlaryndan titanyň okisiniň *TiO* zolaklarynyň ýerine sirkoniýniň okisiniň *ZrO* zolaklarynyň barlygy bilen tapawutlanýarlar. Şeýlelikde, hemme seredilip geçilen spektral toparlary shemada (çyzgyda) görkezilişi ýaly ýerleşdirip bolar:



Her bir spektral toparý “birinden beýlekä” geçýän toparçalara bölmek bolýandyr. Her topar (*O*-dan başgalary) *O*-dan 9-a çenli sanlar bilen bellenýän, on sany toparçalara bölünýärler. Bu sanlar toparyň belgisinden soň ýazylýar, mysal üçin *B8*, *A0*, *G5*. *O* spektral topar bolsa *O* 5-den *O* 9,5-e çenil bölünýär. Eger ýyldyzyň spektri ol ýa-da beýleki özboluşlylygy bilen tapawutlanýan bolsa, onda belgilenişden soň ýene-de goşmaça *e* harp bilen bellenýär, ýagny *B5e*. Aşaaþet ýyldyzlar köplenç spektrlerinde inçe çuň çyzyklary bilen tapawutlanýarlar, ol *c* harpy bilen bellenýär, mysal üçin *cF0*. Ýyldyzlaryň spektrlerinde berlen spektral topar üçin häsiýetli bolmadyk özboluşlyklary *p* harp bilen (pekulýar) bellenilýär. *p* harp spektral toparyň adyndan soň ýazylýar, mysal üçin *A5p*.

§ 138. Kolorimetriýanyň esaslary

Ýyldyzyň şöhlelenmesi barada has doly maglumat, Gün üçin alnyşy ýaly, absolýut energetik birliklerde aňladylan, energiýanyň ýyldyzyň spektrinde paýlanyşyndadyr. Ýöne ýeterlik derejede takyklyk bilen spektrofotometrik ölçegleri, şöhlelenmesiniň akymy uly bolan, ýyldyzlaryň köp bolmadyk sany üçin ýerine ýetirip bolýandyr. Ýyldyzlaryň şöhlelenmesi ölçenen ýagdaýlary üçin bu şöhlelenmäniň Plankyň kanunyna gabat gelmeýändigini, bu

tapawudyň Güne garanyňda hem has uludygy kesgitlenendir.

Şöhlenenmesini spektriň diňe giň çäklerinde bellige alyp bolýan, gowşak ýyldyzlar üçin maglumatyň ýeke-täk çeşmesi, olaryň ýyldyz ululygyny kesgitleýän şöhlenenmäniň akymydyr.

Ýyldyzlaryň spektrinde energiýanyň paýlanyşy barada käbir düşüňjani ýagtylyk süzgüçlerini (filtrleri) peýdalanylýan, spektriň dürli çäklerinde olaryň şöhlenenmesini ölçäp, alyp bolýandyр. Netijede ýyldyz ululyklaryny kesgitlemegiň dürli sistemalary alynýar, olar barada düşüňje §95 getirilýär.

Wizual fotometrleri ulanmak ýa-da göz çeni bilen baha bermek netijesinde alnan ýyldyz ululygyna *wizual* ýyldyz ululygy diýilýär. Fotosurat oýlanyp tapylmazyndan we astronomiýada ulanylmazyndan ön ýyldyz ululygyny kesgitlemegiň wizual usuly ýyldyz fotometriýasynyň ýeke-täk usuly bolupdyр. Soňky döwürlerde onuň wajpylygy pese düşendir, ýöne oňa garamazdan bu usul üýtgeýän ýyldyzlar öwrenilende ulanylýandyр. Ýyldyzyň sensibilirlenmedik fotoemulsiýada alnan şekilini fotometrik ölçemeleriň esasynda kesgitlenen ýyldyz ululygyna *fotografik* ýyldyz ululygy diýilýär.

Ýyldyzyň ortohromatik ýa-da izoortohromatik emulsiýalarda sary ýagtylyk süzgüjiň kömegi bilen alnan şekilini fotometrik ölçemeleriň esasynda kesgitlenen ýyldyz ululygyna *fotowizual* ýyldyz ululygy diýilýär. Sary ýagtylyk süzgüjiniň sensibilirlenen fotoemulsiýa bilen bilelikde ulanylmagy netijesinde, onuň spektral duýujylygyny, gözüň spektral duýujylygyna ýakyn bolar ýaly edip bolýar. Netijede alynýan ýyldyz ululyklarynyň sistemasy, göz bilen ölçäp alynýan netijelere ýakyn bolar ýaly edilýär.

Ýyldyzlaryň şöhlenenmesini has takyk kesgitlemek, U, B, V halkara sistemasynda, ýörite saýlanyp alnan ýagtylyk süzgüçlerini ulanylýan, fotoelektrik ýa-da fotografik usullaryň kömegi bilen alynýar. U, B, V sistemasynda alnan ölçegler şöhlenenmäniň akymyny spektriň üç böleginde: ultramelewşe (U), gök (B) we sary (V – wizual) çäklerinde geçirilen ölçeglere degişlilikde gabat gelýändir.

Köp reňkli fotometrik sistemalaryň başga-da, mysal üçin, spektriň gyzyly ýa-da infragyzyly çäklerinde ölçegleri öz içine alýan

$$\lg R = \frac{1}{2} \lg L + 2 \lg \frac{T_{\odot}}{T_{\text{eff}}} \quad (10.17)$$

Has uly ýyldyzlaryň kese-kesiginiň ölçegleri Günüň ölçeglerinden müňlerçe we ondan hem köp esse uludyr (VV Cep-iň ölçegi 1600 esse). Kit ýyldyz toparynda Leýtonyň açan ýyldyzy diametri boýunça Ýerden 10 esse kiçidir, neýtron ýyldyzlaryň (§159) ölçegleri bolsa onlarça kilometre deňdir.

§143. Radius – ýagtylanyjylyk – massa baglanyşygy

(10.17) formula ýyldyzyň üç sany wajyp häsiýetnamalaryny – radiusy, ýagtylanyjylygy we effektiv temperaturany özara baglanyşdyrýar. Şonuň bilen birlikde biz spektr, ýagny temperatura bilen ýagtylanyjylygyň arasynda wajyp empiriki baglanyşygyň bardygyny bilýäris (Gerssprung-Ressel diagrammasy). Bu bolsa (10.17) formula girýän hemme üç ululygyň özbaşdak, baglanyşyksyz daldigini görkezýär we spektr-ýagtylanyjylyk diagrammadaky ýyldyzlaryň her-bir yzygiderligi üçin spektral topar (temperatura) bilen radiusyň aralygynda kesgitli gatnaşygy anyklamaga mümkinçilik berýär. Bu gatnaşygyň has aýdyň bolmagy üçin, 178-nji çyzgyda şekillendirilen spektr-ýagtylanyjylyk diagrammany birneme özgerdeliň. Wizual absolýut ýyldyz ululygynyň ýerine absolýut bolometrik ýyldyz ululygyny, spektral toparyň ýerine bolsa degişli effektiv temperaturanyň logarifmini goýalyň. Şunlukda diagrammanyň umumy häsiýeti esasan saklanar. Bular ýaly diagrammada birdeň radiuslary bolan ýyldyzlaryň ählisiniň ýagdaýy göni çyzyklar bilen şekillendiriler, sebäbi (10.17) formulada $\lg L$ bilen $\lg T_{\text{eff}}$ arasynda çyzykly baglanyşyk bardyr. 180-nji çyzgyda ýyldyzyň radiusyny (ölçeglerini) onuň ýagtylanyjylygy (absolýut ýyldyz ululygy) we spektri (effektiv temperaturasy) boýunça ýeňil kesgitlemäge mümkinçilik berýän, hemişelik radiuslaryň çyzyklary getirilen.

180-nji çyzgydan dürli ýyldyzlaryň radiuslarynyň örän uly çäklerde üýtgeýändigleri görünýär, ýagny äpet we aşaäpetler üçin

interferensiýasyna esaslanandyr. Aýry-aýry ýagdaýlarda bolsa ýyldyzyň burç diametrini ölçemek üçin, ýyldyzyň önüni Aý ýapan ýagdaýynda emele gelýän interferensiýa şekilini (kartinasyny) ulanyp bolýar. Tutulma – üýtgeýän ýyldyzlar üçin çyzykly radiusy tutulmanyň dowamlylygy boýunça kesgitläp bolýar (§148 seret).

Eger uzaklygy r belli bolan ýyldyz üçin ýazgysy getirilen usullaryň haýsy hem bolsa biri boýunça sekuntlarda aňladylan burç diametri d'' tapylan bolsa, onda onuň kese-kesiginiň çyzykly ölçegi D formula boýunça hasaplap bolýar.

$$D = \frac{d'' \cdot r}{206265''} \quad (10.13)$$

Gyýtaklaýyn ýol bilen ýyldyzyň ölçegleri diňe onuň bolometrik ýagtylanyjylygy L_{bol} we effektiv temperaturasy belli bolan ýagdaýynda tapylýp biliner. Hakykatdan hem, effektiv temperaturanyň kesgitlemesine görä (§100) ýyldyzyň üstüniň 1sm^2 ähli ugurlar boýunça şöhlendirýän energiýasynyň akymy deňdir

$$\varepsilon = \sigma T_{eff}^4.$$

Alan bu ululygymyzy ýyldyzyň üstüniň meýdanyna $4\pi R^2$ köpeldip, bütin ýyldyzyň şöhlendirýän energiýasynyň doly akymyny alarys. Diýmek, ýyldyzyň ýagtylanyjylygy

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_{eff}^4 \quad (10.14)$$

Indi alnan aňlatmany ýagtylanyjylygy we radiusy bize belli bolan Gün üçin ulansak, onda Günüň effektiv temperaturasy T_\odot bilen belläp, alarys:

$$L_\odot = 4\pi R_\odot^2 \sigma (T_\odot)^4 \quad (10.15)$$

(10.14) aňlatmany (10.15) aňlatma bölüp, taparys:

$$R = R_\odot \left(\frac{T_\odot}{T_{eff}} \right)^2 \sqrt{\frac{L}{L_\odot}}, \quad (10.16)$$

ýa-da, logarifmirläp, alarys:

$$\lg \frac{R}{R_\odot} = \frac{1}{2} \lg \frac{L}{L_\odot} + 2 \lg \frac{T_\odot}{T_{eff}}.$$

Adatça ýyldyzyň radiusy we ýagtylanyjylygy Gün birliklerinde $R_\odot=1$ we $L_\odot=1$ aňladylýar. Onda

görnüşleri hem bardyr.

Berlen sistemada ýyldyz ululygyny kesgitlemek üçin (şöhlelenmäni kabul edijiniň we ýagtylyk süzgüçleriň deňişli kombinasiýasynda) öwrenilýän ýyldyzlaryň we standart hökmünde kabul edilen, deňeşdirilýän ýyldyzlardan gelýän ýagtylyk akymlyary deňeşdirilýär. Ondan başga-da sistemanyň özüni hem öwrenmelidir, ýagny tejribe üsti bilen ulanylýan sistemanyň işleýän spektral çäklerini kesgitlemek zerurdyr.

Dürli fotometrik sistemalar boýunça alynan, ýyldyz fotometriýasynyň netijeleri, spektral toparlara bölmek bilen bir hatarda, ýyldyzlaryň temperaturasy kesgitlemek üçin peýdalanylýp biliner. Aýdylanlar ýyldyzyň şöhlendirýän energiýasynyň spektr boýunça paýlanyşynyň egrisinde maksimumyň ýerleşişiniň, ýagny onuň reňkiniň, temperatura baglydygyna esaslanandyr. Ýyldyzlaryň şöhlelenmesine Plankyň kanuny ulanarlyk däl. Şonuň üçin deňişli baglanyşyk Winiň kanuny ýaly (7.21), beýle ýönekeý däl we ony dürli ýyldyz toparlary üçin aýratyn ýerine ýetirilýän, ýörite barlaglaryň üsti bilen tapyp bolýandyr.

Adatça, şöhlelenmäniň maksimumynyň tolkun uzynlygy seredilmän, ýyldyzyň reňkiniň käbir obyektiv häsiýetnamasy bolan, reňk görkezijisi seredilýär we onuň ýyldyzyň şöhlendirýän energiýasynyň jemini häsiýetlendirýän, effektiv temperatura empiriki baglylygyny kesgitleýärler. Spektriň dürli çäklerdäki şöhlelenmesiniň akymyny deňeşdirip, ýyldyzyň reňki barada netije çykaryp bolýandyr. Şonuň üçin reňk görkeziji haýsy hem bolsa iki sany fotometrik sistemalarda (mysal üçin fotografik we fotowizual) ölçenilen ýyldyz ululyklaryň tapawudy ýaly kesgitleýär. Bu ýagdaýda reňk görkeziji (color indeks)

$$Cl = m_{pg} - m_{pv}; \quad (10.1)$$

bu ýerde m_{pg} we m_{pv} – deňişlilikde fotografik we fotowizual ýyldyz ululyklary. Adatça U , B , V sistemada iki sany reňk görkeziji: esasy ($B-V$) we ultramelewşe ($U-B$) peýdalanylýar.

Ýyldyz ululyklarynyň şkalasynyň ýagtylandyrylyşlarynyň gatnaşygy boýunça kesgitleýänligi, nol punktynyň bolsa erkin saýlanyp alynýanlygy sebäpli, edil şol derejede reňk görkezijisiniň

şkalasynyň nol punkty hem erkin saýlanyp alynýar. Reňk görkezijisi (*B-V*) *A0* toparyň ýyldyzlary üçin nola deň diýip kabul edilendir. *A* topara görä has gyzgyn ýyldyzlaryň reňk görkezijileri otirisatel bolar (ýagny fotografik ýyldyz ululygy fotowizualdan kiçi bolar). Tersligine, *A* topara görä has soňky spektral toparlaryň ýyldyzlarynyň reňk görkezijileri položitel bolar, sebäbi olaryň spektriň goze görünýän çäklerinde şöhlelenmesi güýçlüdir.

12-nji tablisada dürli spektral toparlaryň ýyldyzlarynyň reňk görkezijileriniň mysaly bahalary getirilen.

12-nji tablisa.

Reňk görkeziji bilen spektral toparyň arasyndaky baglanyşyk

Spektral topar	Spektriň esasy aýratynlyklary	Orta reňk görkeziji	Reňk we temperatura; 10^3 K
O	He ⁺ , He, H we ionlaşan C, Si, N, O siňdirme çyzyklary	-0,3	Mawymtyk 25-50
B	Neýtral He çyzyklary iň uly bahalaryna ýetýär.	-0,2	Mawymtyk ak 15-25
A	H çyzyklary iň uly intensiwligine ýetýärler	0,0	Ak 11.
F	H çyzyklary gowşaýar, Ca ⁺ we metallaryň çyzyklary güýçlenýär.	0,4	Sarymtyk-ak 7,5
G	Metallaryň çyzyklary intensiw (Ca ⁺ , Fe, Ti we başg.)	0,6	Sary 6
K	Metallaryň çyzyklary has intensiw. Molekulýar zolaklar ýüze çykýar.	1,0	Оранжевый 5
M	Molekulýar birleşmeleriň (esasan hem TiO) güýçli siňdirme zolaklary	1,5	Gyzyl 2-3,5
C	TiO zolaklaryň ýerine C ₂ we onuň birleşmeleriniň (CO, CN) zolaklary	1,5	Gyzy 2-3,5l
S	ZrO siňdirme zolaklary	1,5	Gyzyl 2-3,3

Astrofizikanyň ýyldyzlaryň reňk görkezijilerini öwrenýän bölümüne *kolorimetriýa* diýilýär. Bu bölümniň esasy maksady reňk görkezijileri dürli usullar bilen ölçemek we ýyldyzlaryň şöhlelenmesiniň spektral düzümini häsiýetlendirýän, beýleki

Dürli ýagtylanyjylyk toparlara degişli ýyldyzlaryň effektiv temperaturalarynyň şkalasy 14-nji tablisada getirilen.

14-nji tablisa.

Ýyldyzlaryň effektiv temperaturalarynyň şkalasy

Spektral toparlar	Ýagtylanyjylyk toparlary					
	Esasy yzygid. (V)		Äpetler (III)		Aşaäpetler (I)	
	Reňk görkezij. B-V	Effekt. temper. K	Reňk görkezij. B-V	Effekt. temper. K	Reňk görkez. B-V	Effekt. temper. K
O5	-0,45	35000				
B0	-0,31	21000			-0,21	
B5	-0,17	15500				
A0	0,00	11000			0,00	
A5	+0,16	9800				
F0	0,30	8600			+0,30	6400
F5	0,45	7500				
G0	0,57	6500	+0,65	5700	0,76	5400
G5	0,70	5400	0,84	5000	1,06	4700
K0	0,84	4700	1,06	4300	1,42	4000
K5	1,11	4000	1,40	3600	1,71	3400
M0	1,39	3600	1,65	3400	1,94	2800
M5	+1,61	3000	+1,85	2800	+2,15	

§142. Ýyldyzlaryň ölçeglerini kesgitlemegiň usullary

Ähli ýyldyzlaryň bizden örän uzakda ýerleşendikleri we hatda iň uly teleskoplaryň çözüp bilijilik ukybynyň çäk bahasyndan hem kiçidigi sebäpli, käbir ýyldyzlardan galanlarynyň radiuslaryny ölçemek mümkin däldir. Ýigrimi-otuz sany ýakyn ýyldyzlaryň burç diametrleri ýörite ýyldyz interferometrleriniň kömegi bilen kesgitlenendir. Bu enjamlaryň işleýiş prinsipi, aralary açyk zerkalolaryň jübüdinden serpigen ýyldyzyň ýagtylygynyň

mümkünçilik berýän, spektral toparlara bölünişiniň kriterileri absolýut ýyldyz ululygyny (uzaklygy) kesgitlemegiň spektroskopiki usulynyň esasy bolup hyzmat edip biler.

Uzaklyklary kesgitlemegiň, ýyldyzyň ýagtylanyjylygy bilen spektrdäki kesgitli çyzyklaryň intensiwlikleriniň gatnaşygynyň arasyndaky bolan empiriki baglanyşyga esaslanan usulyňa, *spektral parallakslar* usuly diýilýär.

Trigonometrik parallakslardan tapawutlylykda, spektral parallakslar, spektrleri öwrenilen bolsa, has uzakda ýerleşen obýektler üçin hem kesgitlenip biliner. Şonuň üçin bu usul astronomiýada aýratyn wajyp orun eýeleýändir.

§141. Ýyldyzlaryň temperaturalary.

Adatça ýyldyzyň temperaturasy diýip onuň effektiv temperaturasyna düşünilýär (§100 seret). Effektiv temperaturany kesgitlemek üçin şöhlelenmäniň doly akymyny we ýyldyzyň radiusyny bilmek zerurdyr. Ýokary takyklyk bilen bu iki ululygy, şolaryň esasynda bolsa effektiv temperaturany ýyldyzlaryň köp bolmadyk sany üçin kesgitläp bolýandyr. Galan ýyldyzlar üçin effektiv temperatura gyýtaklaýyn usullar, ýagny olaryň spektrlerini ýa-da ýyldyzlaryň effektiv temperaturalarynyň şkalasynyň kömegi bilen reňk görkezijilerini öwrenmegiň esasynda kesgitlenip biliner.

Effektiv temperaturalaryň şkalasy diýip ýyldyzlaryň şöhlelenmesiniň reňk häsiýetnamalarynyň, mysal üçin spektral toparynyň ýa-da reňk görkezijisiniň, effektiv temperatura baglylygyna aýdylýar.

Edil şuna meňzeşlikde reňk temperaturasynyň şkalasy hem girizilýär. Eger temperaturalar şkalasy belli bolsa, onda gözegçiliklerden berlen ýyldyzyň spektral toparyny ýa-da reňk görkezijisini kesgitläp, onuň temperaturasyny tapmak ýeňildir.

Temperatura şkalasy effektiv temperaturalary belli bolan ýyldyzlar boýunça empiriki, şeýle hem ýyldyzlaryň käbir görnüşleri üçin nazary hasaplamalar boýunça kesgitlenilýär.

ululyklary kesgitlemek, şeýle hem bu häsiýetnamalar bilen temperaturanyň arasyndaky baglanyşygy kesgitlemekden ybaratdyr.

§139. Absolýut ýyldyz ululygy we ýyldyzlaryň ýagtylanyjylygy

Görünýän ýyldyz ululyklary ýyldyzyň şöhlendirýän umumy energiýasy barada hem, onuň üstüniň ýagtylygynyň ýitiligi barada hem maglumat berýän däldir. Hakykatdan-da, dürli uzaklyklarda ýerleşendikleri sebäpli kiçi, sowuk ýyldyz, gyzgyn, äpet ýyldyza görä bize golaý ýerleşendigi üçin ýeterlik kiçi görünýän ýyldyz ululygyna eýe bolar, ýagny has ýiti bolup görüner.

Eger iki ýyldyza çenli uzaklyklar belli bolsa, onda olaryň görünýän ýyldyz ululyklarynyň esasynda olaryň hakyky şöhlendirýän ýagtylyk akymalarynyň gatnaşygyny kesgitläp bolar. Onuň üçin olaryň döredýän ýagtylandyrylyşlaryny, ähli ýyldyzlar üçin umumy bolan, standart uzaklyga degişli etmeli. Bular ýaly aralyk hökmünde 10 ps uzaklyk kabul edilendir.

Ýyldyzyň 10ps uzaklykdan gözegçilik edilende alyp biljek ýyldyz ululygyna *absolýut ýyldyz ululygy* diýilýär. Edil görünýän ýyldyz ululyklary ýaly, absolýut ýyldyz ululyklary hem wizual, fotografik we şuna meňzeş bolup bilerler.

Goý, käbir ýyldyzyň görünýän ýyldyz ululygy m , gözegçiden uzaklygy bolsa $r\text{ ps}$ bolsun. Kesgitleme boýunça, 10ps uzaklykdan ýyldyz ululygy M absolýut ýyldyz ululygyna deň bolar. Onda m we M ýyldyz ululyklary üçin (6.8) formulany ulanyp, alarys

$$0,4(m - M) = \lg \frac{E_0}{E}, \quad (10,2)$$

bu ýerde E we E_0 – degişlilikde $r\text{ ps}$ we 10ps uzaklyklarda ýyldyzyň döredýän ýagtylandyrylyşlary. Ýagtylandyrylyşlaryň uzaklyklaryň kwadratlaryna ters proporsional bolanlary üçin:

$$\frac{E_0}{E} = \frac{r^2}{100} \quad (10.3)$$

(10.3) aňlatmany (10.2)-de ornuna goýup, alarys:

$$0,4(m - M) = 2 \lg r - 2, \quad (10.4)$$

ýa-da

$$M = m + 5 - 5 \lg r \quad (10.5)$$

Eger-de ýyldyzyň görnüşän ýyldyz ululygy m we parseklerde aňladylan, oňa çenli uzaklyk belli bolsa, onda (10.5) formula absolýut ýyldyz ululygyny kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Eger absolýut ýyldyz ululygy belli bolsa, onda görnüşän ýyldyz ululygyny bilip, perseklerde aňladylan ýyldyza çenli uzaklygy şu şertden kesgitlep bolýar:

$$\lg r = 1 + 0,2(m - M) \quad (10.6)$$

$(m - M)$ ululyga uzaklygyň moduly diýilýär.

Ýagtylygyň ýyllyk parallaksy π we parseklerde aňladylan, oňa çenli bolan uzaklyk r özara $r = 1/\pi$ gatnaşyk bilen baglanyşykly (§63 seret) bolany üçin, (10.6) formulany başga görnüşe getirip bolýar:

$$M = m + 5 + 5 \lg \pi \quad (10.7)$$

Mysal hökmünde, görnüşän wizual ýyldyz ululygy $m_0 = -26^m,8$ bolan Güňň absolýut wizual ýyldyz ululygyny kesgitleliň. Güne çenli uzaklyk $r_0 = 1 a.b. = \frac{1}{206265} ps.$ (10.5) formula m_0 we $\lg r_0$ bahalaryny ornuna goýup, alarys:

$$M_v^0 = -26^m,8 + 5^m + 26^m,6 = 4^m,8$$

Ýyldyz ululygy (mysal üçin wizual) gös-göni gözegçiliklerden kesgitlenende, şöhlelenmäniň diňe Ýer atmosferasyndan we optiki sistemadan geçip, ýagtylyga duýgur bolan enjam tarapyndan bellige alnan bölegi hasaba alynýar. Bütün spektr boýunça jemleýji şöhlelenmäni kesgitlemek üçin bu ölçegleriň netijelerine, kabul ediji enjama çenli ýetmedik şöhlelenmäni hasaba alýan, düzedişi goşmak zerurdyr. Şöhlelenmäni bütün spektr boýunça hasaba alyp kesgitlenýän ýyldyz ululygyna *bolometrik ýyldyz ululygy* diýilýär.

Bolometrik ýyldyz ululygy we wizual ýa-da fotowizual ýyldyz ululyklarynyň aratapawudyna *bolometrik düzediş* diýilýär.

$$\Delta m_{bol} = m_{bol} - m_v = M_{bol} - M_v \quad (10.8)$$

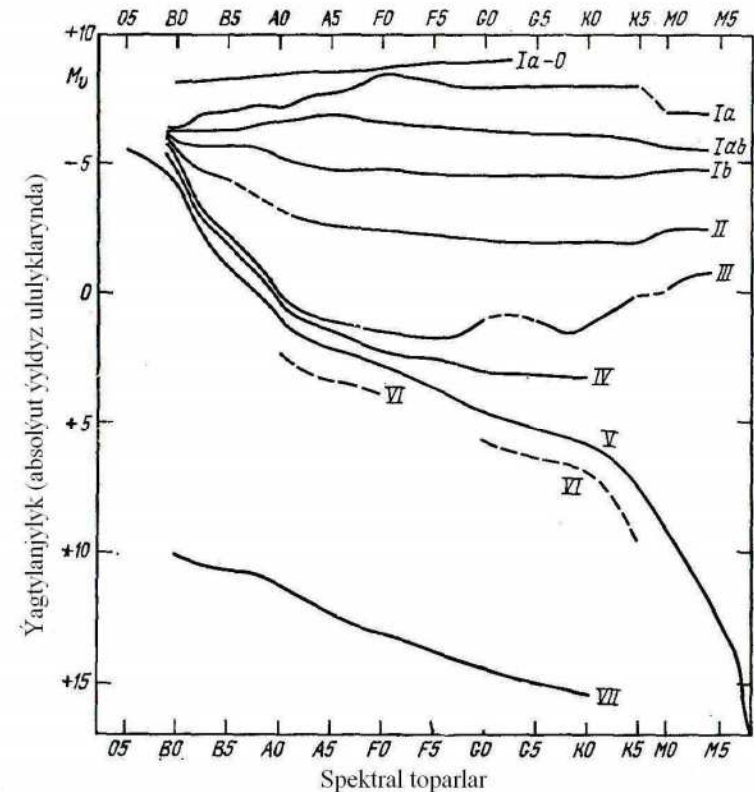
Bolometrik düzediş nazaryýetden hasaplanýar (teoretiki). Soňky wagtlarda bu maksatlar üçin ýyldyzlaryň spektriň

zygyderligiň aralygynda ýerleşýändirler.

V ýagtylanyjylyk topary – esasy zygiderligiň ýyldyzlary.

VI ýagtylanyjylyk topary – ýiti ýagty subkarlikler (göýdükler). Olar $A0$ topardan başlap, saga tarap esasy zygiderlikden takmynan bir ýyldyz ululygy aşakdan gidýän, zygiderligi emele getirýärler.

VII ýagtylanyjylyk topary – ak karlikler (ak göýdükler). Olaryň ýagtylanyjylygy örän kiçidir we diagrammanyň aşaky bölegini eýeleýändirler.



179-njy çyzgy. Dürli ýagtylanyjylyk toparlarynyň ýyldyzlarynyň zygiderlikleriniň Gersprung-Ressel diagrammasynda ýerleşişleri.

Ýyldyzyň berlen ýagtylanyjylyk toparyna degişiligi spektral toparlara bölünüşiniň ýörite goşmaça alamatlary boýunça kesgitlenilýär. Ýagtylanyjylyk toparyny kesgitlemäge

aşaky ýarsynda ýerleşen ýyldyzlar kiçi ýagtylanyjylyga eýedirler we olara *göýdükler (kaplik)* diýilýär. Ýyldyzlara iň baý bolan, diagrammanyň çep ýokarky böleginden sag aşaky bölegine tarap gidýän diagonala *esasy yzygiderlik* diýilýär. Onuň ugry boýunça iň gyzgyn ýldyzlardan başlap (ýokarky böleginde) iň sowuk ýyldyzlara (aşaky böleginde) çenli ýyldyzlar ýerleşendirler.

178-nji çyzgydan görnüşi ýaly, ýyldyzlar Gerssprung-Ressel diagrammasynda diýseň deňölçeşsiz paýlanandyr. Bu bolsa ýyldyzlaryň ýagtylanyjylygy bilen temperaturasynyň arasyndaky bar bolan kesgitli baglanyşyga laýyk gelýändir. Bu baglanyşyk esasy yzygiderligiň ýyldyzlary üçin has anyk aňladylandyr. Ýöne diagrammany has ünsli öwrenmeklik, esasy yzygiderlige garanynda has uly dispersiýa eýe bolan, birnäçe başga-da yzygiderlikleri ýüze çykarmaga mümkinçilik berýär. Bu yzygiderlikler ýyldyzlaryň käbir kesgitli toparlary üçin ýagtylanyjylygyň temperaturadan hususy baglylygynyň bardygyny görkezýär.

Seredilen yzygiderliklere ýagtylanyjylyk toparlary (klaslary) diýilýär we ýyldyzlaryň spektral toparlarynyň belliginden soň ýazylýan, *I*-den *VII*-ä çenli rim sifrleri bilen bellenilýärler. Şeýlelik bilen ýyldyzlaryň toparlara has doly bölünişi iki häsiýetnamadan, ýagny spektri häsiýetlendirýän temperaturadan we ýagtylanyjylykdan baglydyr. Mysal üçin, esasy yzygiderlige degişli Gün, ýagtylanyjylygy boýunça *V* topara degişlidir we onuň spektriniň doly belgilenilişi *G2V*. Ýyldyzlary toparlara bölmegiň häzirki wagtda ulanylýan bu görnüşine *MK* (Morgan, Kinan) diýilýär.

Ýagtylanyjylyk toparlary shema görnüşde 179-nji çyzgyda şekillendirilen.

I ýagtylanyjylyk topary – aşıäpet ýyldyzlar. Bu ýyldyzlar spektr-ýagtylanyjylyk diagrammasynda ýokarky bölekde ýerleşýärler we birnäçe yzygiderliklere bölünýärler.

II ýagtylanyjylyk topary – ýiti ýagty äpetler.

III ýagtylanyjylyk topary – äpetler.

IV ýagtylanyjylyk topary – subäpetler. Soňky üç topar diagrammada aşıäpetleriň ýerleşen çäkleri bilen esasy

ultramelewşe çäklerinde şöhlelenmesini, atmosferanyň çäklerinden daşynda ölçemeleriň netijeleri peýdalanylýar.

Bolometrik düzedişiň minimal bahasy ähli şöhlendirýän energiýasynyň köp bölegini spektriň göze görünýän çäklerinde şöhlendirýän ýyldyzlar üçin degişlidir we ýyldyzyň effektiv temperaturasyna baglydyr (13-nji tablisa).

13-nji tablisa.

Bolometrik düzedişler.

Effektiv temperatura, K	Δm_{bol}	Effektiv temperature, K	Δm_{bol}
3000	-2,50	10 000	-0,36
4000	-1,00	20 000	-2,65
5770 (Gün)	-0,08	50 000	-4,55
6000	-0,02		

Bolometrik düzedişler absolýut wizual ýyldyz ululyklary belli bolan ýyldyzlar üçin bolometrik ýagtylanyjylygy kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Goý, M_v -ýyldyzyň absolýut wizual ýyldyz ululygy, Δm_{bol} -bolometrik düzediş bolsun. Onda bolometrik absolýut ýyldyz ululygy

$$M_{bol} = M_v + \Delta m_{bol} \quad (10.9)$$

Bu formulany Gün üçin ulanyp, onuň üçin bolometrik absolýut ýyldyz ululygyny kesgitleliň. Bolometrik düzedişi Gün üçin 10-njy tablisadan 0,1-e çenli tegelekläp alarys:

$$\Delta m_{bol}^{\odot} = -0^m,1.$$

Gün üçin absolýut wizual ýyldyz ululygy $M_v^{\odot} = 4^m,8$ deň, onda onuň bolometrik absolýut ýyldyz ululygy:

$$M_{bol}^{\odot} = 4^m,8 - 0^m,1 = 4^m,7$$

Ýyldyzyň ähli ugurlar boýunça şöhlendirýän energiýasynyň akymyna onuň şöhlelenijiligi diýilýär. Şöhlelenijilik L bilen absolýut ýyldyz ululygynyň arasynda, (7,8) formulada E bilen m arasyndaky ýaly gatnaşyk ýerine ýetmelidir. Onda, Güne we haýsy

hem bolsa bir ýyldyza degişli ululyklary degişlilikde $^{\odot}$ we * bellikler bilen belläp, alarys:

$$\lg \frac{L^*}{L^{\odot}} = 0,4(M^{\odot} - M^*) \quad (10.10)$$

Adatça ýagtylanyjylyk Günün ýagtylanyjylygynyň birliklerinde aňladylýar, ýagny $L^{\odot}=1$ we

$$\lg L^* = 0,4(M^{\odot} - M^*) \quad (10.11)$$

Bu formula girýän ýyldyz ululyklarynyň kesgitleniş usulyna baglylykda wizual, fotografik ýa-da bolometrik ýagtylanyjylygy alarys. Bolometrik ýagtylanyjylyk üçin M_{bol}^{\odot} bahasyny ornuna goýup we (10.9) formulany hasaba alyp, alarys:

$$\lg L_{bol}^* = -0,4(M_v + \Delta m_{bol} - 4^m, 7) \quad (10.12)$$

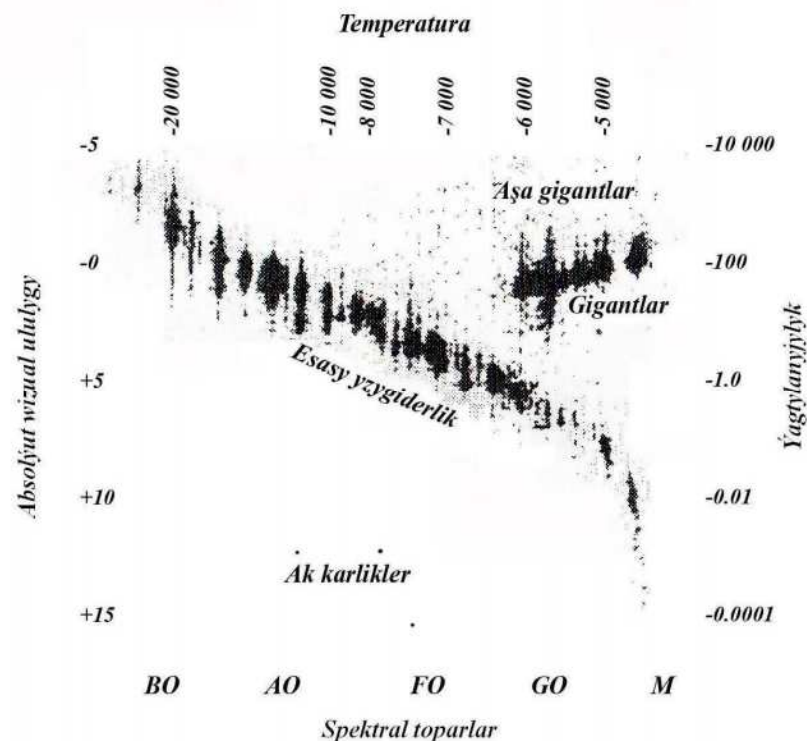
§140. Spekr-ýagtylanyjylyk diagrammasy.

XX asyryň başynda daniýaly astronom Gerssprung we biraz soňrak amerikan astrofizigi Ressel ýyldyzlaryň spektrleriniň görnüşi (ýagny temperatura) bilen ýagtylanyjylygynyň arasynda baglanyşygyň bardygyny kesgitlediler. Bu baglanyşygy oklarynyň biri boýunça ýyldyzlaryň spektral toparlary, beýlekisi boýunça absolýut ýyldyz ululygy ýerleşdirilen çyzgy şekillendirýändir. Bu çyzga ýyldyzlaryň *spekr-ýagtylanyjylyk diagrammasy* ýa-da *Gerssprung-Ressel diagrammasy* diýilýär.

Bu diagrammada absolýut ýyldyz ululygynyň ýerine ýagtylanyjylygy (adatça logarifmik şkalada), spektral toparlaryň ýerine bolsa reňk görkezijileri ýa-da effektiv temperaturany goýmak bolar. Her bir ýyldyzyň diagrammada ýerleşýän nokady onuň fiziki tebigaty we ösüşiniň (ewolýusiýanyň) tapgyry bilen kesgitlenýär. Şonuň üçin seredilýän ýyldyz sistemasynyň bütin taryhy Gerssprung-Ressel diagrammasynda öz beýany tapandyr. Şu nukdaý-nazardan spekr-ýagtylanyjylyk diagrammasynyň örän uly ähmiýeti bardyr we ony öwrenmek ýyldyz astronomiýasynyň iň wajyp usullarynyň biridir. Bu usul umumy fiziki häsiýetnamalary boýunça toplanan ýyldyz toparlarynyň

birnäçesini tapawutlandyrmaga, olaryň käbir fiziki häsiýetnamalarynyň arasyndaky baglanyşygy kesgitlemäge we käbir beýleki meseleleri çözmäge ýardam berýär (mysal üçin, ýyldyzlaryň himiki düzümini we ewolýusiýasyny öwrenmekde).

178-nji çyzgydaky diagrammanyň ýokarky bölegi ýagtylanyjylygy uly bolan ýyldyzlara degişlidir. Olar temperaturanyň berlen bahasynda uly ölçegleri bilen tapawutlanýarlar. Diagrammanyň aşaky bölegini bolsa ýagtylanyjylygy kiçi bolan ýyldyzlar eýeleýärler. Diagrammanyň çep bölegine irki spektral toparlara degişli gyzgyn ýyldyzlar, sag böleginde bolsa giçki spektral toparlara degişli, sowuk ýyldyzlar ýerleşýärler.



178-nji çyzgy. Spekr-ýagtylanyjylyk diagrammasy.

Diagrammanyň ýokarky böleginde iň uly ýagtylanyjylygy bolan ýyldyzlar (*äpet we aşäpet*) ýerleşýändirler. Diagrammanyň

UV Kit görnüşli lowurdaýan ýyldyzlar. Olar mydama T Öküzçe görnüşli üýtgeýänleriň bolan ýerlerinde gabat gelyärler. Olar K we M spektral toparlaryň karlikleridir. Olaryň spektrlerinde hem kalsiý elementine we wodoroda degişli emission çyzyklar gözegçilik edilýär. Olar epizodik lowurdamalar wagtynda ýagtylanyjylygynyň adatdan daşary çalt artmagy bilen tapawutlanýarlar, ýagny bir minutdan az wagtyň dowamynda şöhlelenmäniň akymy onlarça esse ulalyp bilýär. Ondan soňra ýarym-bir sagadyň dowamynda ol öňki ýagdaýyna gaýdyp gelyär. Lowurdama wagtynda emission çyzyklaryň ýitiligi hem güýçlenýär. Hadysanyň häsiýeti, diňe örän uly ölçegleri bilen tapawutlanýan, Günde bolup geçýän hromosferadaky lowurdamalary ýatladyr.

UV Kit görnüşli ýyldyzlar grawitasion gysylmanyň jemleýji tapgyrynda bolmalydyrlar.

Be görnüşli ýyldyzlar. Massiw, çalt ösýän ýyldyzlary ewolýusiýasynyň irki tapgyrlarynda görmek örän çylşyrymlydyr. Oňa garamazdan, örän çalt aýlanmasy bolan, B toparyň gyzygyn ýyldyzlarynyň arasynda, köplenç wodoroda, kämahal bolsa geliý we beýleki elementlere degişli emission çyzyklary bolan ýyldyzlar ýygy-ýygýdan gabat gelyärler. Düzgun boýunça bular ýaly ýyldyzlar spektrleriniň üýtgeýänligi bilen tapawutlanýarlar we ýalpyldysyny $0^m, 1-0^m, 2$ ululyga üýtgedýärler. Bu üýtgemeleriň belli bir wagty we yzygiderligi ýokdur, olaryň ýüze çykmagy çalt aýlanma netijesinde döreýän, maddanyň akymydyr. Be –ýyldyzlaryň massalary $10M_\odot$ töweregidir. Bu ýyldyzlar ýakyn döwürlerde emele gelen ýaş obýektler bolmalydyr.

Wolf-Raye görnüşli ýyldyzlar (WR belgilenýär). Olar biziň Galaktikamyzyň iň ýagty obýektlerine degişli bolan, köpsanly bolmadyk ýyldyzlaryň toparyny düzýärler. WR görnüşli ýyldyzlaryň absolýut ýyldyz ululygynyň orta bahasy -4^m , belli bolan umumy sany 200 töweregidir. Olaryň spektri güýçli üznüksiz fonuň üstüne goýlan, ionlaşma potensialy ýokary bolan atamlara we ionlara (H , $He I$, $He II$, $C III$, $N III$, $O III$ we ş.m.) degişli bolan, giň ýagty çyzyklardan ybaratdyr. Spektral çyzyklaryň görnüşi, bu ýyldyzlary gurşaýan gabyklaryň tizlenme

daşky gatlaklarynyň takmynan 70% (massasynyň) gyzyly äpet ýyldyzyň kuwwatly konwektiv zolagyny (gatlagyny) emele getirýär.

Ak karlikler (göýdükler). Seredip geçilen gyzyly äpet ýyldyzlaryň düzüminiň wajyp özboluşlylygy, onuň jümmüşinde, massasy Gün massasyna deň ýa-da ondan az bolan, üýtgan gazdan ybarat, esasan hem geliýden durýan, izotermiki ýadronyň, ýagny obýektiň emele gelmegidir.

Gersprung-Ressel diagrammasynda bu obýekt çep aşaky burçda ýerleşmelidir, sebäbi uly temperaturasynyň barlygyna garamazdan ölçegleriniň kiçiligi üçin (10^{-2} – $10^{-3}R_\odot$) kiçi ýagtylanyjylygy bolmalydyr. 179-njy we 180-nji çyzgylardan görnüşi ýaly, ol ak karlikleriň ýerleşen çäkleri bilen gabat gelyär.

Şeýlelik-de, ak karlikler, termoyadro energiýasynyň wodorod çeşmelerini gutaran, aşadykyz, üýtgan ýyldyzlar bolmalydyrlar. Ak karlikleriň merkezindäki dykzlyk kub santimetrde yüzlerçe tonna ýetip bilýändir. Haýallyk bilen sowap, olar üýtgan gazyň ýylylyk energiýasynyň äpet goruny ýuwaş-ýuwaşdan şöhlelendirýärler. Ak karligiň massasynyň ulalmagy bilen onuň jümmüşindäki gazyň basyşy, üýtgan gazyň basyşynyň ösüşine garanynda has çalt ulalýan, öňkünden hem uly grawitasiýa güýjüne garşy durmalydyr. Şol sebäpli has uly ak karlikler güýçli gysylandyrlar we olar üçin ýyldyzyň radiusynyň massa takyk baglylygy bardyr. Emma massanyň käbir bahalaryndan başlap üýtgan gazyň basyşy grawitasiýa güýjüni deňagramlaşdyryp bilmeýär. Bular ýaly ýyldyz çäksiz gysylp (kollaps) bilýändir. Kollaps takmynan $2-3M_\odot$ -den uly massalarda gutulgysyzdyr. Eger-de neýtron ýyldyza öwürülme mümkinçiligi bolmadyk bolsa, onda kollaps $M > 1,2M_\odot$ bolanda gutulgysyz bolardy. Neýtron ýyldyza öwürülende üýtgan neýtron “gazyň” basyşy grawitasiýa güýçlerine garşy durmaga ukyply bolýar. Bu ýagdaýa geçmezden öň ýyldyz, aşatäze ýyldyzyň lowurdamasy hökmünde gözegçilik edilýän we onuň netijesinde ähli mümkin bolan ýadro energiýasy bölünip çykyan, maddanyň neýtronlar görnüşiňe geçmegini üpjün edýän, ýadro partlamasyny başdan geçirýändir. Emma 2-3 Gün massasyndan uly massalarda üýtgan neýtronlaryň basyşy hem

grawitasiýa garşy durmaga ukypsyz bolýar. Indi ýyldyzyň dynuwsyz gysylmagyny saklap biljek hiç zat ýokdur. Gysylýan (kollapsirleýän) ýyldyzyň radiusy $2GM/c^2$ –den kiçi bolanda aýratyn ýagdaý döremelidir. Bu ýerde c –ýagtylygynyň tizligi. (2.20) formuladan görnüşi ýaly, bu ýagdaýda parabolik tizlik ýagtylygynyň tizliginden uly bolýar. Başgaça aýdanymyzda hiç zat, iň bärkisi ýagtylyk kwanty hem ýyldyzy taşlap gidip bilmeyär. Bular ýaly obýektiň görünmeýän boljakdygy aýdyňdyr. Ýyldyzyň bular ýaly ýagdaýyna “gara girdap” diýilýär.

§145. Ýyldyzlaryň umumy gurluşy we atmosferalary

Spektroskopik usul bilen esasan hem ýyldyzlaryň fotosferasynyň we käbir ýagdaýlarda bolsa hromosferasynyň şöhlemenmesine gözegçilik edip bolýar. Ýyldyzlaryň atmosferasyndaky fiziki şertleri öwrenmek üçin Günün fotosferasyny öwrenmek üçin ulanylan usullary peýdalanylýan bolmalydyr. Ýöne ýyldyzlara gözegçilik edip, düzgün boýunça, onuň ýagtylygynyň ýitilginiň disk boýunça paýlanyşyny kesgitläp bolmaýar. Şonuň üçin temperaturanyň optiki çuňluk boýunça üýtgemesini diňe nazary hasaplamalar boýunça kesgitläp bolýar. Günün mysalynda görşümiz ýaly, fotosferanyň anyk häsiýetnamalary ýyldyzyň effektiv temperaturasyna, massasyna we radiusyna baglydyr. §120-de beýiklik şkalasynyň

$$H = \frac{RT}{\mu g}$$

formula boýunça tapylýandygy görkezilipdi. Bu ýerde R –uniwersal gaz hemişeligi, g –agyrlık güýjüniň tizlenmesi (R_0 – ýyldyzyň radiusy):

$$g = G \frac{M}{R_0^2};$$

Eger-de ähli ýyldyzlaryň temperaturalary we massalary birdeň bolan bolsalar, onda olaryň atmosferalarynyň ölçegleri radiusynyň kwadratyna proporsional bolardylar. Hakykatda bolsa “massa-ýagtylanyjylyk-radius” arabaglanyşygyň esasynda onuň radiusyň

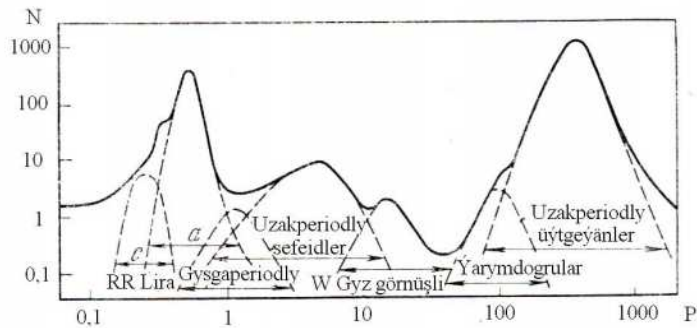
umumy sany pulsirleýän äpetleriň sanyndan takmynan on esse azdyr. Bu ýyldyzlaryň hemmesiniň üýtgemeleri gaýtalanýan lowurdamalar görnüşinde ýüze çykýar we lowurdamalary maddanyň dürli usullar bilen zyňylmasy-erupsiýa bilen düşündirip bolýandyr. Şonuň üçin ýyldyzlaryň bu toparyna täze ýyldyzlar bilen bilelikde *eruptiw üýtgeýänler* diýilýär.

Eruptiw üýtgeýänler toparyna dürli tebigaty bolan, ewolýusiýasynyň dürli tapgyrlarynda bolan, şeýle hem ömür ýolunyň ahyrky tapgyrlarynda bolan ýyldyzlaryň jemlenendigini göz önünde tutmalydyr.

Ewolýusiýasynyň başlangyjyndaky ýyldyzlar. Has ýaş, entek grawitasiýa gysylma prosessi tamamlanmadyk ýyldyzlar diýip, T Öküzçe görnüşli üýtgeýänleri hasaplamak bolar. Olar köplenç F - G spektral toparlara degişli bolan, spektrlerinde Gün hromosferasynyň ýiti çyzyklaryny ýadyňa salýan emission çyzyklary bolan karliklerdir. Olar köp mukdarda Orion dumanlygynda tapylandyr. Bulara B -den M -e çenli spektral toparlara degişli bolan RW Wozniçiy görnüşli ýyldyzlar örän meňzeşdirler. Bu ýyldyzlaryň hemmesiniň ýagtylanyjylygynyň üýtgemesi örän nädogry bolup geçýär, şol sebäpli hiç hili kanunalaýyklygy kesgitläp bolmaýar. Amplitudasy 3^m ýetýän, käwagtlar bolsa 1^m çenli ýetýän ýalpyldysynyň tertipsiz üýtgemeleri bir sagadyň dowamynda hem bolup bilýär.

T Öküzçe görnüşli ýyldyzlar köplenç toparlaýyn, aýratyn hem uly gaz-tozan dumanlyklaryň çäklerinde duşýarlar. Uly bolmadyk ýagty dumanlyklar bu ýyldyzlaryň öz töwereklerinde hem gözegçilik edilýär. Bu bolsa olaryň daşynda giň gaz gabyklarynyň bardygyny görkezýär. Maddanyň bu gabyklarda ýyldyzyň grawitasion gysylma prosessi bilen baglanyşykly bolan hereketi, onuň haotik üýtgeýänliginiň sebäbi bolýan bolmagy mümkindir. Bu ýerden bolsa T Öküzçe görnüşli ýyldyzlaryň eýýäm ýyldyz hasaplap bolýan, iň ýaş emele gelmelerdigi gelip çykýar. Infragyzyl şöhlemenmäniň çeşmesi bolan, has ýaş obýektler bellidir. Ýöne olar entek ýyldyz derejesine ýetmedik, ýyldyz emele gelmeginiň ön ýanyndaky ýagdaýdaky jisime (protoýyldyz) çenli gysylýan gaz-tozan buludydyr.

Ondan görnüşi ýaly, pulsirläp üýtgeýänleriň periodlarynyň bahalary 0,2 gije-gündize (RR Lira görnüşliler), 0,5 we 5 gije-gündize (sefidler), 15 gije-gündize (sefidleriň özboluşly-W Gyz görnüşli ýyldyzlar), 100 gije-gündize (ýarymdogry) we 300 gije-gündize (uzakperiodly) deň bolan bahalara eýedirler. Bu ýyldyzlaryň hemmesi äpetlere degişlidirler we ýyldyzlaryň ewolýusiýasynyň häzirki döwürde göz önüne getirilişine laýyklykda, olar esasy yzygiderlikde bolma tapgyryny



197-nji çyzgy. Pulsirläp üýtgeýän dürli periodly ýyldyzlaryň otnositel mukdary.

geçen obýektlere degişlidirler. Ewolýusiýanyň geljekki ýoly Gersprung-Ressel diagrammasynda saga süýşülmegine laýyk gelýändir. Şunlukda, esasy yzygiderligiň ýokarky bölegindäki hemme ýyldyzlar, ýokarda seredip geçilen durnuksyzlyk zolagyny kesip geçmelidirler, özi hem massiw ýyldyzlar ony iki sapar kesip geçýärler we onda köpräk saklanýarlar.

Sefidler üçin häsiýetli durnuksyzlykdan başga-da, Gersprung-Ressel diagrammasynda beýleki pulsirläp üýtgeýän ýyldyzlar üçin degişli durnuksyzlygyň çäkleriniň bolmagy hem mumkindir.

Şeýlelikde, pulsirleme ýyldyzlaryň ewolýusiýasynyň käbir tapgyryny tapawutlandyryň, kanunalaýyk hadysadyr.

§151. Eruptiw üýtgeýänler, pulsarlar we neýtron ýyldyzlar

Kiçi ýagtylanyjylykly ýyldyzlaryň (karlikler) arasynda hem dürli görnüşli üýtgeýänler bardyr we olaryň belli bolanlarynyň

kwadratyna däl-de birlikden sähelçe uly derejesine proporsionaldygy gelip çykýar.

Bu ýerden, spektr-ýagtylanyjylyk diagrammasynyň ýokarky böleginde ýerleşen uly radiusly ýyldyzlaryň iň galyň, uly ölçegli atmosferalarynyň bolmalydygy gelip çykýar. Giçki spektral toparlaryň äpet ýyldyzlarynyň fotosferasynyň galyňlygy Gününkiden ýüzlerçe, ašaäpet ýyldyzlaryňky bolsa on münlerçe esse uludyr.

Şonuň üçin, Günüň fotosferasynyň galyňlygy bary-ýogy birnäçe ýüz kilometr bolsa, esasy yzygiderligiň giçki spektral toparlarynyň ýyldyzlary üçin onuň ölçegleri münlerçe kilometre, äpetler üçin onlarça mün kilometre, ašaäpetler üçin bolsa millionlarça kilometrler ýetýändir. Başga bir tarapdan bolsa, massasy Günüň massasyndan sähelçe az bolan ak karlikler ölçegleri boýunça Günden takmynan ýüz esse kiçidir, atmosferasy bolsa Günüň atmosferasyndan on mün esse ölçegleri kiçidir we on metr töweregidir (radiusyň milliondan bir ülüşi).

Atmosferanyň ölçegleri (galyňlygy) bilen ýyldyzyň konwektiw gatlagynyň (gabygynyň) bolmagy baradaky sorag jebis baglanyşyklydyr. Bilşimiz ýaly, Günde fotosferadan aşakda konwektiw zolak bardyr. Gaty uly bolmadyk ýokary temperaturalarda konweksiýasyz, diňe şöhle göýberme arkaly, ýyldyzyň jümmüşinden çykyp atmosferasyna düşmeli ähli energiýa geçirilip bilinmeýär. Ondan başgada, “sowuk” atmosferada konweksiýanyň döremegi, onuň energiýany has effektiv geçirmäge ukyplylygy sebäpli, ýeňilleşýär. Has çuňda ýerleşen gatlaklardan ýokarlygyna galýan konweksiýanyň elementi öz düzüminde ionlaşan wodorody saklaýandyr we ol ýokarky sowuk gatlaklara diňe ýylylyk energiýasyny bermek bilen çäklenmän, neýtral ýagdaýa geçip, ionlaşma energiýasyny hem berýändir. Şonuň üçin, Günden has sowuk ýyldyzlarda wodoroddan ybarat konwektiw zolak has hem galyňdyr, konweksiýa bolsa has hem güýçlidir. Başga bir tarapdan bolsa, Güne görä gyzgyn, atmosferasynyň ähli ýerinde wodorod ionlaşan ýagdaýynda bolan ýyldyzlarda konweksiýanyň döremegi çylşyrymlaşýandyr we şöhle göýberme arkaly energiýanyň zerur

bolan geçirilişi üpjün edilýänligi üçin konwektiw zolak (gatlak) döreýän dälär.

Dürli ýyldyzlaryň atmosferasynyň dykzlygyna seredeliň. Gün fotosferasynyň ρ dykzlygyny kesgitlemek üçin, biz §113-de galyňlygy H bolan atmosfera gatlagynda ýerleşen maddanyň mukdary duýarlyk dury dälige eýe bolmalydyr diýen çaklamadan peýdalanyşdyk (optiki galyňlygy $\tau \approx 1$). Başgaça aýdanymyza

$$\rho \approx \frac{1}{\chi H}.$$

Eger hemme ýyldyzlaryň daşky gatlaklaryndaky maddanyň dury dalligi birdeň bolsa, onda dykzlyk H galyňlyga ters proporsional bolardy. Ýöne maddanyň dury dälige temperatura güýçli baglydyr we has hem wajyby, agyrylyk güýji bilen kesgitlenýän, basyşa baglydyr. Agyrylyk güýji, ýagny basyş näçe uly boldugyça, dury dälige şonça-da güýçlidir. Emma biziň ýaňy görşümiz ýaly, H ululygy agyrylyk güýjüne ters proporsionaldyr. Şonuň üçin (9.16) formula girýän χH köpeltmek hasyly az üýtgemelidir. Bu bolsa näme üçin ýyldyzlaryň fotosferalarynyň dykzlyklarynyň tapawudynyň olaryň galyňlyklarynyň tapawudyndan kiçidigini düşündirýär.

Hakykatdan hem, äpet we aşäpet ýyldyzlaryň fotosferalary Günün fotosferasy bilen deňeşdirilende bary-ýogy 10

esse seýreklendirilendir, ak karlikleriň daşky gatlaklary bolsa 10 esse dykzdyr. Aşäpetleriň we “sowuk” aşäpetleriň atmosferalary has seýreklendirilendir. Olaryň fotosferalary Gününkiden ýüzlerçe mün esse seýreklendirilendir, bu bolsa Günün hromosferasynyň ýokarky gatlaklaryndaky şertlere gabat (laýyk) gelyändir.

Şeýlelik bilen bu bölümde biz Gersşprung-Ressel diagrammasynda dürli ýagdaýlary eýeleýän, adaty ýyldyzlaryň gurluşyny we esasy aýratnylyklaryny öwrendik. Netije görnüşinde 15-nji tablisada has tipiki ýyldyzlaryň häsiýetnamalary getirilen.

Bu ululyklaryň birinji üçüsi, şol sanda Gün hem esasy yzygiderlikde ýerleşendirler, olaryň biri ($B0$ topar) esasy yzygiderlikde Güne garanynda has ýokarda, beýlekisi bolsa ($M0$) has aşakda ýerleşendirler. Dördünji ýyldyz bolsa massasy Günün

RV Öküzçe görnüşli ýyldyzlar F , G ýa-da K spektral toparlara degişlidirler. Olaryň köpüsünde maksimum döwrüniň ýakynynda spektrlerinde titana degişli ýiti emission çyzyklar, minimum döwrüniň ýakynynda bolsa siňdirme zolaklary ýüze çykýar. Bu bolsa RV Öküzçe görnüşli ýyldyzlaryň spektrleriniň özünde irki spektral toparlaryň gyzygyn ýyldyzlarynyň, şeýle hem giçki spektral toparlaryň sowuk ýyldyzlarynyň alamatlaryny utgaşdyrýandyklaryny görkezýär. RV Öküzçe görnüşli ýyldyzlar sefidler bilen beýleki pulsirläp üýtgeýänleriň aralyk görnüşidir.

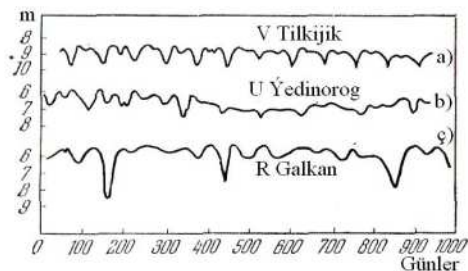
μ Sefid görnüşli ýyldyzlar M spektral topara degişlidirler we olara gyzyly ýarymdogry üýtgeýänler diýilýär. Olar käwagt bolup geçýän, onlarçadan birnäçe ýüz gije-gündiziň dowamynda bolýan, ýagtylanyjylygynyň güýçli nädogry üýtgemeleri bilen tapawutlanýarlar. Spektr-ýagtylanyjylyk diagrammasynda ýarymdogry üýtgeýänleriň ýakynynda, ýagtylanyjylyklarynyň üýtgemelerinde gaýtalanmalary ýüze çykaryp bolmaýan, M spektral topara degişli ýyldyzlar ýerleşýärler (nädogry üýtgeýänler). Olardan aşakda, spektrinde emission çyzyklar bolan, ýagtylanyjylygyny uzak wagtyň dowamynda (70-den 1300-e çenli gije-gündiz) we örän uly çäklerde (10^m) üýtgedýän ýyldyzlar ýerleşýär. Bu görnüşli ýyldyzlaryň ajaýyp wekili hökmünde “omikron”(o) Kit ýa-da başgaça Mira atlandyrylýan, ýalpyldysynyň egrisi 196-njy çyzgyda getirilen ýyldyzlary görkezmek bolar. Şonuň üçin ýyldyzlaryň bu toparyna Kitiň Miry görnüşli *uzakperiodly* üýtgeýänler diýilýär. Olaryň spektrlerinde mydama wodorodyň (maksimumda) ýa-da metallaryň (minimumyň ön ýanynda) emission çyzyklary bardyr. Uzakperiodly üýtgeýän ýyldyzlaryň periodynyň uzaklygy orta bahasynyň ýakynynda 10% -iň çäginde iki tarapa yrgyldaýar.

Pulsirläp üýtgeýän ýyldyzlaryň seredilen toparlary pulsirleme periodynyň dowamlylygy ulalýan ýyldyzlaryň bütewi yzygiderligini emele getirýärler. Eger giňişligiň kesgitli göwrümindäki, periodyň degişli bahasyna eýe bolan ýyldyzlaryň dürli görnüşleriniň umumy sanyny hasaba alsak, onda bu yzygiderlik has aýdyň bolýandyr. Bu yzygiderlik 197-nji çyzgyda aýdyň görkezilendir.

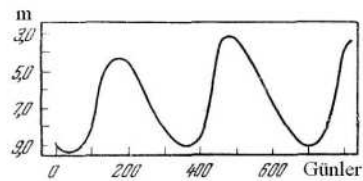
görnüşli ýyldyzlaryň periodlary 0,2-den 1,2 gije-gündiz çäklerde ýerleşendir. Ýalpyldynyň üýtgemeleriniň amplitudasy bir ýyldyz ululygyna ýetýär.

Pulsirläp üýtgeýän ýyldyzlaryň beýleki görnüşleri. β Sefeýa görnüşli (ýa-da Uly Köpegiň β -sy görnüşli), esasan hem irki spektral toparçalaryň *B* (ortaça *B2 III* topar) äpetlerine degişli bolan ýyldyzlaryň uly bolmadyk topary, pulsirläp üýtgeýän ýyldyzlaryň gyzykly görnüşine degişlidir. Gerssprung-Ressel diagrammasynda olar esasy yzygiderligiň ýokarky böleginde, sag tarapda ýerleşendirler (193-nji çyzgy). Üýtgemesiniň häsiýeti we ýalpyldysynyň egrisiniň görnüşü boýunça bu ýyldyzlar RR Lira görnüşli ýyldyzlary ýatladýarlar, ýöne olaryň ýyldyz ululygynyň üýtgemesiniň amplitudasynyň aýratyn kiçiligi (0^m , 2-den kiçi) bilen tapawutlanýar. Periody 3-den 6 sagat aralykdadyr we sefeidlerinki ýaly, periodyň ýagtylanyjylyga baglylygy gözegçilik edilýär. Şöhle tizlikleriniň üýtgeме egrileri köplenç fazasy, görnüşü we amplitudasy boýunça üýtgeýän bolýarlar.

Ýagtylanyjylygynyň dogry üýtgemeleri bolan, pulsirläp üýtgeýän ýyldyzlardan başga-da, ýalpyldysynyň egrisiniň häsiýetleri üýtgeýän, ýyldyzlaryň birnäçe görnüşleri bardyr. Olaryň arasynda ýagtylanyjylygynyň üýtgemesi çuň we ownuk minimumlaryň gezekleşip gelmesi bilen häsiýetlendirilýän (195-nji çyzgy), periody 30-dan 150 gije-gündize we amplitudasy 0,8-den 3,5 ýyldyz ululygyna deň bolan, RV Öküzçe görnüşli ýyldyzlar tapawutlanýarlar.



195-nji çyzgy. RW Öküzçe görnüşli ýyldyzlaryň ýalpyldysynyň egrisi.



196-njy çyzgy. Kitniň Miry görnüşli ýyldyzlaryň ýalpyldysynyň egrisi.

massasyndan birneme ulurak bolan gyzykly äpetdir. Başynji, soňky ýyldyz bolsa spektr-ýagtylanyjylyk diagrammasynda iň aşaky ýagdaýy eýeleýän ak karlikleriň wekilidir.

15-nji tablisa

Ýyldyzyň gurluşyny häsiýetlendirýän fiziki ululyklar

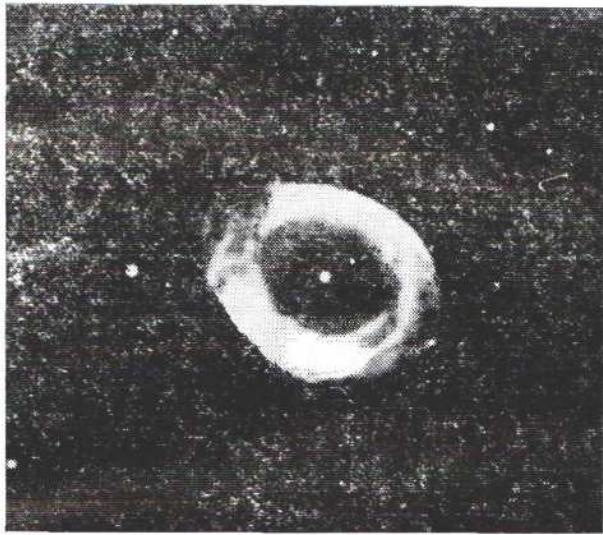
Ýyldyzyň topary	Massa, $M_0=1$	Ýagtylanyjylyk $L_0=1$	R Radius, $R_0=1$	Ýyldyzyň merkezin daki şertler		Energiýanyň esasy çeşmesi	Fotosferadaky şertler		
				T_0 (K)	ρ_0 (g/sm ³)		H (km)	T(K)	ρ_0 g/sm ³
B0V	10	$3 \cdot 10^3$	4	$3 \cdot 10^4$	8	Uglerod aýlawy	10^3	$2 \cdot 10^4$	10^{-9}
G2V	1	1	1	$1,3 \cdot 10^4$	130	Proton-proton reaksiýasy	180	6000	10^{-7}
M0V	0,5	0,5	0,6	10^4	65	Proton-proton reaksiýasy	160	3300	$3 \cdot 10^{-7}$
K0 III	1,3	$2 \cdot 10^2$	20	$4 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^5$	Ýadro b-n gabygyň aralygynda proton-proton reaksiýasy	$2 \cdot 10^3$	4100	10^{-8}
A0VII	0,9	10^{-3}	10^{-2}	10^4	$1,5 \cdot 10^4$	Ýylylyk energiýasy	0,01	10^4	10^{-6}

Tablisada getirilen ululyklaryň san bahalary deslapky hasaplamalardan alynandyr we amatly bolar ýaly tegeklelenendir.

2.Planetar dumanlyklar

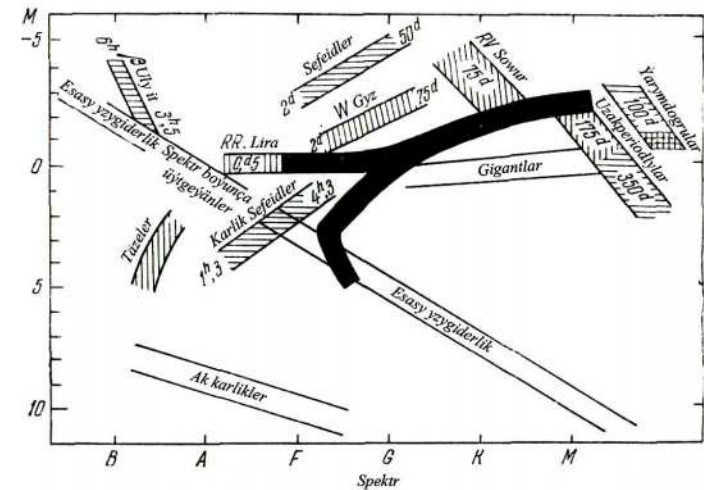
Gyzykly äpetleriň ak karliklere öwürlip bilýändiglerine mysal hökmünde görkezip bolýan ýyldyzlar bellidirler. Bizi olar esasan

hem daşlaryny gurşap alan gyzgyn gaz gabygynyň häsiýetnamalarynyň, şu bölümde öwrenjek, gaz dumanlyklarymyzyň häsiýetnamalaryny ýada salýandyklary sebäpli gyzyklandyrýarlar. Planetalaryň teleskopda gözegçilik edilýän disklerine daşky görnüşleriniň meňzeşligi sebäpli, olara planetar dumanlyklar diýilýär (183-nji çyzygy). Olaryň merkezinde mydama ýadrony-spektri Wolf-Raye ýyldyzlarynyň ýa-da O spektral toparyň ýyldyzlarynyň spektrini ýada salýan, gyzgyn ýyldyzy görmek bolýar.

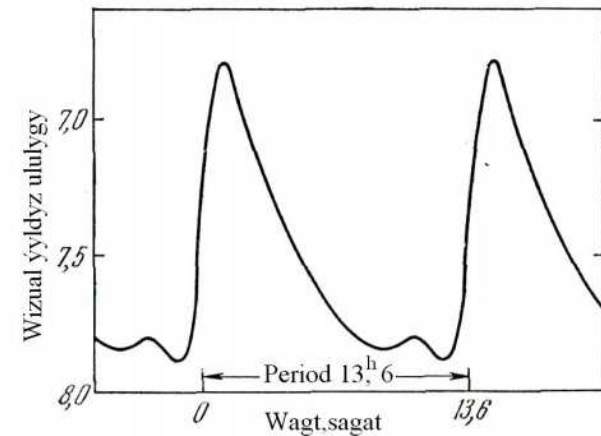


183-nji çyzygy. Lira ýyldyz toparyndaky planetar dumanlyk.

Görünýän ölçegleri Aýyň ölçeglerinden iki esse kiçi bolan, Gowa ýyldyz toparynda ýerleşen Heliks planetar dumanlygy in ýakyn we uly obýektleriň biridir. 700ps uzaklyklarda bu ululyk dumanlygyň 3ps hakyky ululygyna deňdir. Şeýle hem belli dumanlyk hökmünde Lira ýyldyz toparynda ýerleşýän halka şekilli dumanlygy görkezmek bolar. Häzirki döwre çenli belli bolan planetar dumanlyklaryň köpüsiniň ölçegleri kiçidir we ortaça 0,05ps töweregidir, Galaktikanyň tekizliginde däl-de, esasan hem onuň merkezinde ýerleşendirler.



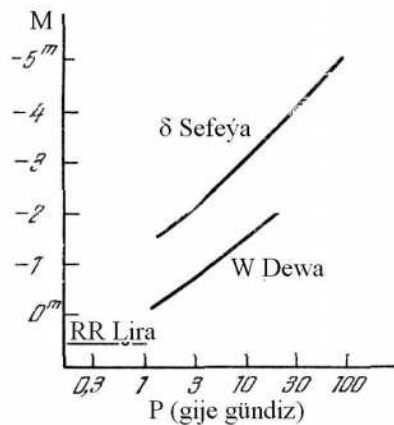
192-nji çyzygy. δ Sefeýa, RR Lira we W Gyz görnüşli ýyldyzlar üçin period-ýagtylanyjylyk baglanyşygy.



194-nji çyzygy. RR Lira görmüşli ýyldyzlaryň ýalpyldysynyň egrisi.

RR Lira görmüşli ýyldyzlar A spektral toparyň äpet ýyldyzlarydyr. Olar Gerssprung-Ressel diagrammasynda, bu görmüşli ýyldyzlaryň hemmesi üçin birden ýagtylanyjylygy, ýagny Günüň ýagtylanyjylygyndan ýüz esseden hem uly bolan ýagtylanyjylyga degişli, örän inçejik zolagy eýeleýär. RR Lira

peýdalanmaly bolýandyr. Şonuň üçin, 192-nji çyzgyda şekillendirilen egriniň görnüşi, birmeňzeş uzaklyklarda ýerleşen ýyldyz üýşmekleriniň öwrenmegiň esasynda ygtybarly kesgitlenilýär, ýöne onuň wertikal ok boýunça süýşmesi (nol nokady) anyklamagy talap edýändir.



192-nji çyzgy. δ Sefeyá, RR Lira we W Dewa görnüşli ýyldyzlar üçin period-ýagtylanyjylyk baglanyşygy.

Häzirki wagtda 192-nji çyzgyda şekillendirilen egrileriň ýerleşiş, pesinden ýyldyz ululygynyň ondan bir ülüşleriniň takyklygynda belli diýip hasaplap bolýandyr.

Sefeidleriniň peridy bilen absolýut ýyldyz ululygynyň baglanyşygynyň bolmagy astronomiýada aýratyn wajyp orun eýeleýändir. Bu baglanyşyk boýunça, başga usullar ulanyp bolmaýan ýagdaýynda, has uzaklarda ýerleşen obýektlere çenli aralyklar kesgitlenýär.

Hakykatdan hem, käbir ýyldyz üýşmeginde peridy 3 gije-gündize we görnüşli ýyldyz ululygy $+13^m$ bolan sefid ýüze çykarylan (tapylyp) bolsun. 193-nji çyzgydaky ýokarky egri boýunça absolýut ýyldyz ululygynyň $M = -2^m$ deňdigini taparys. Uzaklyk moduly $m - M = 15^m$ deň we (10.6) formula görä uzaklyk $10000ps$ deň bolar.

RR Lira görnüşli ýyldyzlar. Sefeidlerden başga, Gersprung-Ressel diagrammasynda ýerleşişleri 193-nji çyzgyda görkezilen, pulsirläp üýtgeýän ýyldyzlaryň birnäçe görnüşleri bardyr. Olaryň arasynda iň bellileri RR Lira görnüşli ýyldyzlardyr. Adaty sefidler bilen häsiýetnamalarynyň meňzeşligi üçin olara öň gysga periodly sefidler diýipdirler (194-nji çyzgy).

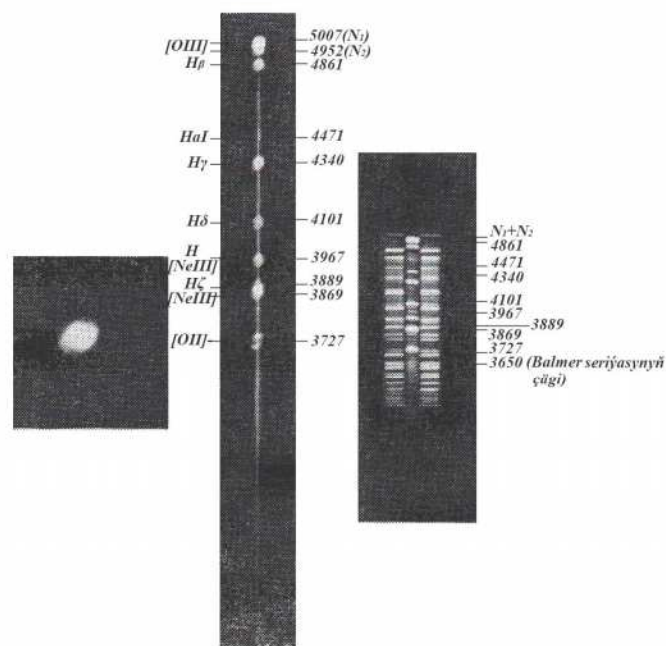
Planetar dumanlyklaryň spektrleri gowşak kontinuum görnüşde bolup, onuň fonunda (düşekliginde) ýiti emission çyzyklary görünýändir. Özi hem bir we iki sapa ionlaşan kislorodyň we azodyň (N_1 we N_2 nebulýar çyzyklar) gadagan çyzyklary, wodorodyň we neýtral geliýniň çyzyklary güýçli tapawutlanýarlar.

Planetar dumanlyklaryň adaty simmetrik bolan we köplenç halka ýaly görünüşli daşky görnüşleri boýunça olaryň toroid görnüşli bolan hem-de ýyldyzy gurşap alan, güýçli seýrekendirilen ionlaşan gaz gabygydygy barada netije çykarmak bolýar. Bu gabygyň spektrinde çyzyklaryň süýşmesi boýunça onuň orta bahasy sekuntda onlarça kilometr bolan tizlik bilen giňelýändigini ýüze çykarylandyr.

Panetar dumanlygyň şöhlendirýän energiýasynyň doly mukdary ýadronyň spektriň göze görünüşli çäklerinde şöhlendirýän energiýasyndan onlarça esse uludyr. Merkezi ýyldyzyň örän gyzygyn bolanlygy we temperaturasynyň onlarça mün gradusa ýetýänligi sebäpli, onuň şöhlelenmesiniň maksimumy spektriň görünmeýän ultramelewşe çäginde ýatandyr (184-nji çyzgy).

Dumanlygyň ýadrosynyň, ýagny merkezi ýyldyzyň şöhlendirýän gaty şöhleleri dumanlygyň seýrekendirilen gazyny ionlaşdyrýar we ony on-ýigirmi mün kelwine ýetýän temperaturalara çenli gyzydyrýar. Öz gezeginde dumanlygyň atomlary, spektri gözegçilik edilýän emission çyzyklary we gowşak üznüksiz ýagtylanmany özünde saklaýan, gözegçilik edilýän şöhlelenmäni göýberýär.

Çaklamalara görä planetar dumanlyklar käbir ýyldyzlaryň, mümkin, nädogry üýtgeýän, RV Öküzçe (Teles) görnüşli ýyldyzlaryň ewolýusiýasynyň tapgyrydyr. Planetar dumanlyk tapgyrynda ýyldyz daşky gabygyny taşlaýar we özüniň gyzygyn içki gatlaklaryny açýar. Olaryň giňelme tizliginden çen tutulsa, bu prosess örän çalt bolup geçmelidir (20000 ýyl töweregi). Bu wagtyň dowamynda ýyldyzyň içinde hem düýpli üýtgeşmeler bolup geçýändir. Käbir ýyldyzlar planetar dumanlyk tapgyryny geçip, ak karliklere öwürülýändirler diýip çaklamaga esas bardyr.



184-nji çyzgy. Çepde suraty getirilen NGC 6543 planetar dumanlygynyň ýşly (sagda) we ýşsyz (merkezde) spektrleri. Sifralar angstremlerde aňladylan tolkun uzynlyklary.

3. Goşa ýyldyzlar

Asmanda köplenç iki ýa-da birnäçe ýakyn ýerleşen ýyldyzlar gabat gelýärler. Olaryň käbirleri hakykatda biri-birinden uzakdadyr we özara fiziki baglanyşyklary ýokdur. Olar diňe asman sferasyna proyektirlenende örän ýakyndyrlar we şonuň üçin olara *optiki goşa* ýyldyzlar diýilýär. Olardan tapawutlylykda, özara dartylma güýçleriniň täsiri netijesinde umumy massa merkeziniň daşynda aýlanýan, bir dinamiki sistemany emele getirýän ýyldyzlara *fiziki goşa* ýyldyzlar diýilýär. Käwagtlar üç we ondan hem köp ýyldyzlaryň birleşmesi (üçem we kratnyý sistemalar) gözegçilik edilýär. Eger goşa ýyldyzyň düzüjileri biri-

ýetirýändigini görkezär (wodород we beýleki himiki elementler doly ionlaşandyr). Neýtral geliý ýyldyzyň ultramelewşe şöhlelenmesi üçin durý dälendir we ony geçirmeýäni üçin gaz gyzýandyr. Bu gyzma we onuň döredýän giňelmesi geliýniň ionlaşmagyna ýardam edýärler, gatlak durý gatлага öwrülip, ondan çykýan şöhlelenmäniň akymy ulalýar. Ýöne bu proses sowamaklyga we gysylma getirýär. Şol sebäpli geliý ýene-de neýtral ýagdaýa geçýär we bütin proses täzeden gaýtalanýar.

Şeýle mehanizmiň amala aşyrylmagy üçin ýyldyzyň üstki gatlagynyň aşagynda, dyklylygynyň ýeterlik uly bahalary bolan çuňlukda, temperatura geliýniň ionlaşmagy üçin gerek bolan ululyklara ýetmelidir. Bu şert diňe kesgitli effektiv temperaturasy, ýagny ýagtylanyjylygy bolan ýyldyzlar üçin mümkindir. Netijede, pulsirleme Gerssprung-Ressel diagrammasyndakesgitli çäkleri eýeleýän ýyldyzlarda mümkindir.

Eger sefeidler üçin, §143-de seredip geçen baglanyşygymyza meňzeşlikde, massa bilen ýagtylanyjylygynyň arasynda käbir baglanyşyk bar diýip çaklasak, onda $P\sqrt{\rho} = const$ gatnaşygynyň esasynda period bilen ýagtylanyjylygynyň arasynda baglanyşygynyň bolmagy mümkindir.

Bu baglanyşygynyň barlygy sefeidleriniň pulsirlemesiniň tebigaty anyklanylmazyndan köp ön kesgitlenendir. Bize ýakyn ýerleşen ýyldyz sistemalarynyň birinde (Kiçi Magellan Buludy) sefeidler öwrenilende, sefeidiň görünyän ýyldyz ululygy näçe kiçi boldugyça (ýagny näçe ýiti boldugyça), ýalpyldysynyň üýtgame periodynyň şonça uludygy kesgitlenendir. Bu baglanyşyk çyzyklydyr. Öwrenilen ýyldyzlaryň hemmesiniň şol bir sistema degişli bolany üçin, olara çenli uzaklyklar tapawutlanmaýar diýen ýalydyr. Sonuň üçin ýüze çykarylan baglanyşyk, şol bir wagtyň özünde sefeidleriniň P periody bilen M absolýut ýyldyz ululygynyň (ýa-da L ýagtylanyjylygynyň) arasyndaky baglanyşykdyr (192-nji çyzgy).

Bu baglanyşygynyň nol nokadyny kesgitlemegiň esasy çylşyrymlygy, belli bolan sefeidleriniň hiç birine çenli uzaklygy trigonometrik usul bilen kesgitläp bolmaýanlygydyr we şonuň üçin ygtybarlygy pesräk bolan, gyýtaklaýyn usullardan

ýyldyzyň maddasy, maýatnigiň yrgyldaşy ýaly, yrgyldyly herekete gelmegi mümkin. Maýatnigiň yrgyldylarynyň periody onuň l uzynlygynyň we agyrlýk güýjüniň g tizlenmesiniň üsti bilen aşakdaky formula boýunça aňladylýar

$$P = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} .$$

Bu formula uniwersaldyr we köp mehaniki sistemalaryň kiçi yrgyldylarynyň periodyny kesgitlemek üçin peýdalanyp bolar. Eger maýatnigiň l uzynlygynyň ýerine ýyldyzyň R radiusyny peýdalansak, onda bu formulany ýyldyzlar üçin hem peýdalanyp bolar. Ýyldyzyň üstünde g tizlenmäniň GM/R^2 deňdigi aýdyňdyr. Maýatnigiň formulasynda l we g bahalaryny ýerine goýup, alarys:

$$P = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}} .$$

Eger $\frac{3M}{4\pi R^3} = \bar{\rho}$ ýyldyzyň orta dykzlygyny hasaba alsak,

onda $P\sqrt{\bar{\rho}} = \sqrt{\frac{3\pi}{G}}$ köpeltmek hasyly hemişelik ululykdyr. P -ni

gije-gündizlerde, ρ -ny bolsa Güniň orta dykzlygynyň birliklerinde aňlatsak, onda ýönekeý gatnaşyk alarys:

$$P\sqrt{\frac{\bar{\rho}}{\rho_{\odot}}} \approx 0,12 .$$

Şeýlelikde, Güne meňzeş ýyldyzyň mehaniki yrgyldylarynyň periody üç sagat töweregi bolýar. Hakykatdan-da, Günde periody 2-3 sagatdan kiçi bolan gowşak pulsirlemeler gözegçilik edilýär. Emma bular ýaly pulsirlemeleriň, sefidlerdäki ýaly ýeterlik uly amplitudalara ýetmegi üçin, bu yrgyldylary energiýa bilen üpjün edýän, kesgitli mehanizm bolmalydyr. Häzirki döwürde bu energiýa ýyldyzyň şöhlelenmesiniň hasabyna üpjün edilýär, yrgyldylar bolsa, ýyldyzyň dury däl daşky gatlaklarynyň içki gatlaklaryň şöhlelenmesiniň belli bir bölegini saklamagy sebäpli, ýagny ösboşly klapa mehanizminiň netijesinde bolýar diýip çaklanylýar.

Hasaplamalar bular ýaly klapanyň wezipesini ýyldyzyň düzümindäki geliýniň bölekleyin ionlaşan gatlagynyň ýerine

birinden ýetrlik uzaklaşan we aýrylykda görünýän bolsalar (biri-birinden seljerip bolýan bolsa), onda olara *wizual goşa* ýyldyzlar diýilýär. Käbir jebis jübütleriň düzüjilerini biri-birinden seljerip, aýry-aýrylykda görüp bolmaýar, olaryň goşalygy fotometrik (*tutulma üýtgeýän* ýyldyzlar) ýa-da spektroskopik (*spektral goşa* ýyldyzlar) usullar bilen ýüze çykarylyp biliner.

§146. Goşa sistemalaryň umumy häsiýetnamalary

Goşa ýyldyzlar tebigatda köp duş gelýändirler. Şonuň üçin olary öwrenmek, diňe ýyldyzlaryň özleriniň tebigatyny anyklamak üçin wajyp bolman, ýyldyzlaryň emele gelmeginiň we ewolýusiýasynyň kosmogonik meseleleri üçin hem möhümdir.

Berlen goşa ýyldyzyň optiki goşa däl-de, fiziki baglanyşygynyň bardygyna göz ýetirmek üçin, bir ýyldyzyň beýleki ýyldyza görälikde orbita boýunça hereketini ýüze çykarmaga mümkinçilik berýän, uzak wagtyň dowamynda gözegçilikleri geçirmek zerurdyr.

Ýokary ähtimallyk bilen ýyldyzlaryň fiziki goşalygy olaryň hususy hereketleri boýunça kesgitlenip bilinýär (§83 seret). Fiziki jübüdi emele getirýän ýyldyzlaryň (goşa ýyldyzyň düzüjileri) hususy hereketleri birmeňzeş diýen ýalydyr. Käbir ýagdaýlarda, özara orbital hereket edýän ýyldyzlaryň diňe biri görünýär. Bu ýagdaýda onuň asmandaky ýoly tolkunly çyzyk bolýar.

Häzirki wagtda onlarça mün jebis wizual goşa ýyldyzlar bellidir. Olardan diňe 10%-i üçin otnositel orbital hereketini ynamly ýüze çykaryp bolýandyr we diňe 1%-i üçin (takmynan 500 ýyldyz) orbitalaryny ynamly hasaplap bolýandyr.

Goşa ýyldyzlaryň düzüjileriniň hereketi Kepleriň kanunlaryna laýyklykda bolup geýýändir (§34 seret), ýagny iki düzüjisi hem giňişlikde umumy massa merkeziniň töwereginde meňzeş elliptik orbitalar (ýagny birdeň eksentrisiteti bolan) boýunça hereket edýärler. Eger esasy ýyldyzy hereket etmeýär diýip hasaplasak, onda edil şolar ýaly eksentrisiteti bolan elliptik orbita boýunça hemra-ýyldyz esasy ýyldyza görä hereket eder. Hemra ýyldyzyň

esasy ýyldyza görä hereketiniň orbitasynyň uly ýarymoky, bu iki ýyldyzlaryň umumy massa merkezine görä hereketiniň orbitalarynyň uly ýarymoklarynyň jemine deňdir. Ikinji bir tarapdan bolsa, bu iki ellipsiň uly ýarymoklarynyň ululyklary ýyldyzlaryň massalaryna ters proporsionaldyrlar. Şeýlelik bilen, eger gözegçiliklerden oňnositel hereketiň orbitasy belli bolsa, onda (2.23) formulanyň esasynda goşa ýyldyzyň düzüjileriniň massalarynyň jemini kesgitlep bolýar. Eger goşa ýyldyzyň düzüjileriniň massa merkezine görä hereketiniň orbitalarynyň uly ýarymoklary belli bolsa, onda massalarynyň gatnaşygyny, şeýle hem ýyldyzlaryň her-biriniň massasyny aýry-aýrylykda tapyp bolýar. Astronomiýada goşa ýyldyzlary öwrenmegiň wajyplygy ýyldyzyň esasy häsiýetnamalarynyň biri bolan massany kesgitlemäge, ony bilenimizden soň bolsa, ýyldyzyň içki gurluşyny we atmosferasyny öwrenmäge mümkinçilik berýänligindedir.

Goşa ýyldyzyň orbitasynyň elementlerini kesgitlemek üçin S_2 hemra ýyldyzyň S_1 esasy ýyldyza görä hereketine seredeliň (185-nji çyzygy). Ol uly ýarymoky $a=a_1+a_2$ bolan ellipsdir, özi hem a_1 we a_2 ýyldyzlaryň her biriniň massa merkeziniň daşynda çyzýan ellipsleriniň uly ýarymoklarydyr. Esasy ýyldyz S_1 bu ellipsiň fokusynda ýerleşendir. Hemra ýyldyzyň orbitasynyň esasy ýyldyza iň ýakyn nokadyna *periast* (IT), garşysyndaky nokada bolsa *apoast* (A) diýilýär.

Hemranyň esasy ýyldyza görä hereketi orbitanyň elementleri bilen, ýagny: orbitanyň ululygy- a uly ýarymokuň uzynlygy; görnüşi-orbitanyň e eksentrisiteti; orbitanyň tekizliginiň gözegçä görä ýerleşiş- orbitanyň tekizliginiň ýapgytlyk i burçy, ýagny görüş şöhlesine perpendikulýar bolan tekizlik bilen emele getirýän burçy bilen häsiýetlendirilýär. Hemranyň hereketi bolsa adatça ýyllarda aňladylýan, P aýlanma periody bilen häsiýetlendirilýär. Eger hemranyň periastrdan geçme T pursaty berlen bolsa, onda onuň islendik wagt pursatyndaky ýagdaýyny kesgitlep bolýandyr.

Bu baş elemente ýene-de iki, ýagny orbitanyň ellipsiniň uly okunyň giňişlikdäki ýerleşişini häsiýetlendirýän elementi goşmak gerekdir. Orbitanyň tekizligindäki burçlar onuň düwünleriniň

örän uzaklarda, şol sanda biziň ýyldyz sistemamyzyň-Galaktikanyň çäklerinden daşynda hem gözegçilik etmäge mümkinçilik berýär.

Period sefeidleriniň iň wajyp häsiýetnamalarynyň biridir. Dürli sefeidleriniň periodlary ýeterlik tapawutlanýandyr (bir gije-gündizden onlarça gije-gündize çenli), ýöne anyk berlen ýyldyz üçin ýokary takyklyk bilen hemişelik ululykdyr.

Sefeidleriniň görünýän ýyldyz ululygy bilen bir wagtda spektri hem üýtgeýändir, özi hem bu üýtgame bir spektral toparyň çäklerinde bolýar. Bu bolsa sefeidleriniň ýagtylanyjylygynyň üýtgemesiniň olaryň atmosferasynyň temperaturasynyň ortaça $1500K$ üýtgemesi bilen bolup geçýändigini aňladýar.

Sefeidleriniň spektrlerinde spektral çyzyklaryň süýşmesi boýunça şöhle tizlikleriň periodiki üýtgemesi ýüze çykarylan. Spektral çyzyklaryň gyzyl tarapa iň uly süýşmesi ýalpyldynyň minimumynda, gök tarapa süýşmesi bolsa ýalpyldynyň maksimumynda bolup geçýär. Şeýlelik bilen, ýyldyzyň radiusy hem periodiki üýtgeýändir.

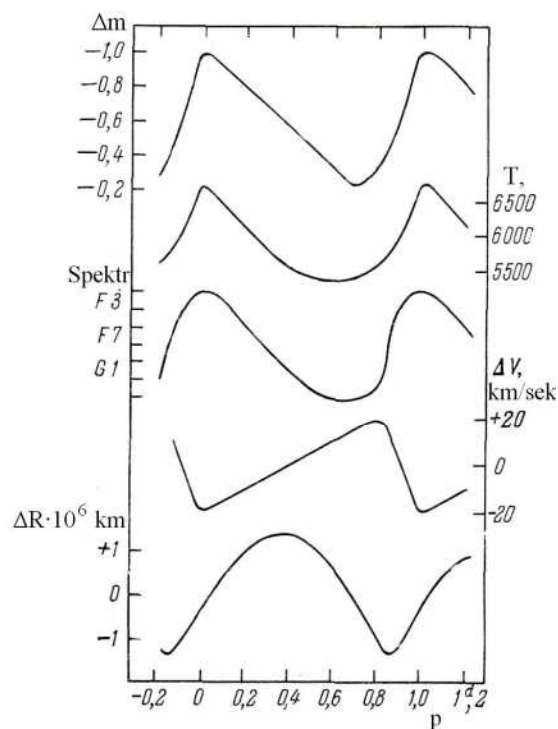
δ Sefeýa görnüşli ýyldyzlar, esasan hem biziň ýyldyz sistemamyz bolan, Galaktikanyň esasy tekizliginiň ýakynynda ýerleşen, ýaş obýektlere degişlidir. Şar görnüşli ýyldyz üýşmeklerinde gabat gelýän sefeidler ýaşı boýunça uludyrlyr we ýagtylanyjylyklary pesräkdir. Olar gabarasy boýunça kiçiräk, şol sebäpli ewolýusiýasy haýalrak geçýän, sefeidleriniň ösüş tapgyryna ýeten ýyldyzlardyr. Olara W Gyz ýyldyza meňzeş (görnüşli) ýyldyzlar diýilýär.

Sefeidleriniň ýazgysy getirilen, gözegçilik edilýän özboluşlyklary bu ýyldyzlaryň atmosferalarynyň yzygiderli pulsirlemelere sezewar bolýandyklaryna şaýatlyk edýär. Diýmek, olarda özboluşly yrgyldyly prosessi uzak wagtyň dowamynda hemişelik derejede saklamak üçin şertler bardyr.

§145-de belleýşimiz ýaly, ýyldyzyň deňagramlylyk ýagdaýy grawitasiýa güýji we gazyň içki basyşynyň balansy, ýagny deň bolmagy bilen kesgitleňýär. Eger haýsy bir sebäplere görä deňagramlylyk bozulyp, ýyldyz çalaja gysylsa ýa-da tersligine, giňelse, onda deňagramlylyk ýagdaýyna gaýdyp geljek bolup,

§150. Pulsirläp üýtgeýän ýyldyzlar

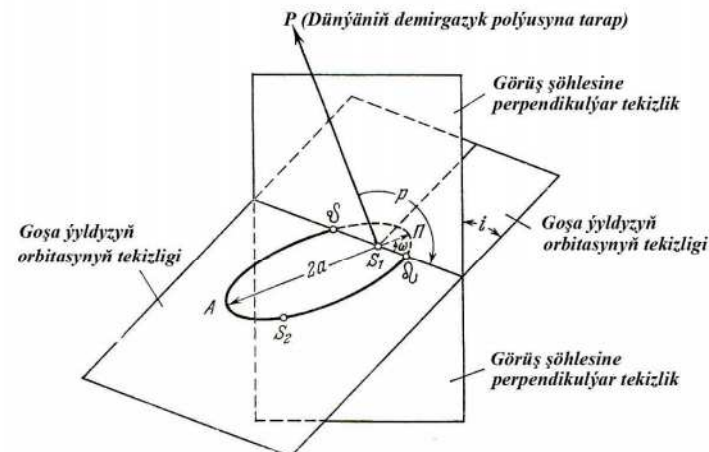
Sefeidler. Sefeidler diýip, ýalpyldysynyň egrisiniň özboluşly görnüşi (191-nji çyzgyda mysal getirilen) bilen häsiýetlendirilýän, fiziki üýtgeýän ýyldyzlara aýdylýar. Görünýän ýyldyz ululygy wagtyň geçmegi bilen endigan, periodiki üýtgeýär we bu üýtgame ýyldyzyň ýagtylanyjylygynyň birnäçe gezek (2-den 6-a çenli) üýtgemegine deň gelýändir.



191-nji çyzgy. δ Sefeyā ýyldyzyň pulsirlemesi. Egriler ýokardan aşaklygyna degişlilikde görnüş, ýyldyz ululygynyň, temperaturanyň, spektriň, şöhle tizliginiň we radiusyň üýtgemeleriniň şekillendirýärler.

Ýyldyzlaryň bu görnüşiniň häsiýetnamalarynyň üýtgemesiniň δ Sefeyā ýyldyzynyň häsiýetnamalarynyň üýtgemesine meňzeş bolany üçin, olara sefeidler diýilýär. Sefeidler F we G spektral toparlaryň äpet we aşaaþet ýyldyzlaryna degişlidir. Bu bolsa olary

birinden hasaplanylýar. Ω we \mathcal{O} düwünler diýip, orbitanyň gözegçilik edilýän tekizlik bilen kesişme nokatlaryna aýdylýar.



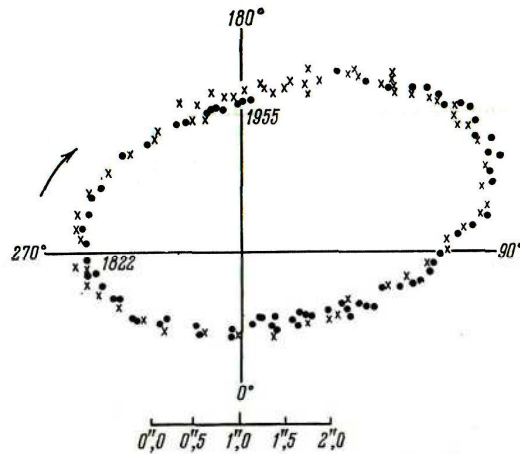
185-nji çyzgy. Goşa ýyldyzyň orbitasynyň elementleri.

Orbitanyň tekizliginde düwünden periastra çenli burça, periastryň uzaklygy (ω) diýilýär. Gözegçilik edilýän tekizlikde düwüniň ýagdaýy, dünýä polýusyna bolan ugurdan hasaplanylýan düwüne çenli bolan, pozision p burç bilen kesgitlenilýär. Şeýlelik bilen, ýene-de iki element goşulýar: p -orbitanyň pozision burçy (mydama 180° -dan kiçi); ω -periastryň uzaklygy.

§147. Wizual-goşa ýyldyzlar

Goşa ýyldyzyň goşalygy teleskopda gözegçilik edilende ýüze çykarylýan bolsa, onda oňa wizual-goşa ýyldyz diýilýär. Hemra-ýyldyzyň esasy ýyldyza görä hereketiniň görnüş, dürli döwürlerde geçirilen, dowamly gözegçilikleriň köplügi boýunça tapýarlar. Bu orbitalar, gözegçiliklerde göýberilen ýalňyşlyklaryň takyklygynda, mydama ellips bolup çykýandyr (186-nji çyzgy).

Käbir ýagdaýlarda ýeke ýyldyzyň fon ýyldyzlara görä çylşyrymly hususy hereketiniň esasynda, onuň görünmeýän hemrasynyň bardygyny ýüze çykarýp bolýar.



186-njy çyzgy. Wizual goşa ýyldyzyň (Uly Ýedigeniň ξ ýyldyzy) görünýän orbitasy.

Hemra-ýyldyzyň görünmeýänligi onuň esasy ýyldyza ýakynlygy ýa-da has gowşak ýagtylanyjylygydyr. Şu usul bilen ilkinji ak karlikler – Siriusyň we Porsionyň hemralary açylandy. Siriusyň we hemrasynyň hususy hereketleri we görünýän orbitalary 187-nji çyzgyda şekillendirilen.

Wizual-goşa ýyldyzyň görünýän orbitasy onuň hakyky orbitasynyň gözegçilik edilýän tekizlige proyeksiýasydyr. Şol sebäpli orbitasynyň ähli elementlerini kesgitlemek üçin, ilki bilen i ýapgytlyk burçuny bilmek zerurdyr. Bu burçy eger-de ýyldyzlaryň ikisi hem görünýän bolsa tapyp bolýar. Ony kesgitlemek, görüş şöhlesine perpendikulýar proyeksiýada esasy ýyldyz görünýän orbitanyň ellipsiniň fokusynda ýerleşmän, ellipsiň içinde, başga nokatda ýerleşýär.

Bu nokadyň ýagdaýy i ýapgytlyk burçy we ω periastryň uzaklygy bilen anyk kesgitlenýändir. Seýlelik bilen, i we ω elementleri, seýle-de e eksentrisiteti kesgitlemek geometrik meselä öwrülýär. P , T we p elementler gözegçiliklerden göni kesgitlenýärler.

Orbitanyň uly ýarymokunyň hakyky a we görünýän a' ululyklarynyň

$$a = a' \cos i \quad (10.24)$$

Bu üstleriň iň içkisi sekizlik görnüşli bolup, ýyldyzlaryň ikisiniň hem daşyny gurşap alýandyr we Lagranžyň birinji (içki) L_1 nokadyndan geçýändir (§50 seret). Bu üst iki sany ýapyk göwrümden ybarat bolan, Roşyň içki boşlugy diýilýän göwrümi çäklendirýär. Ýapyk göwrümleriň her birinde özara daşgyn täsiri netijesinde deformirlenen ýyldyzyň görnüşini kesgitleýän, ekwipotensial üstleriň ellipsoidleri ýerleşýändir. Beýleki iki kritiki üstler deňişlilikde Lagranžyň ikinji we üçünji (daşky) nokatlaryndan geçýärler, şunlukda bu üst öz içine Lagranžyň L_4 we L_5 nokadyny alýan, iki boşlugy çäklendirýär. Eger-de ýyldyzlaryň daşky gatlaklary Roşyň içki boşlugynyň çäklerinden daşyna çykýan bolsa, gaz ekwipotensial üstler boýunça akyp, birinjiden bir ýyldydan beýleki ýyldyza akyp geçip bilýär, ikinjiden bolsa iki ýyldyzyň daşyny gurşap alýan, gabygy emele getirip bilýär. Bular ýaly sistema, spektral gözegçiliklerden goşa sistemanyň umumy gaz gabygy, şeýle hem hemradan esasy ýyldyza gaz akymy ýüze çykarylýan, Liranyň β ýyldyzyny mysal getirmek bolar. Özara täsirleşýän jebis goşa sistemalaryň arasynda ajaýyp obýektleriň köplügi bardyr, olaryň käbirleri §152 serediler.

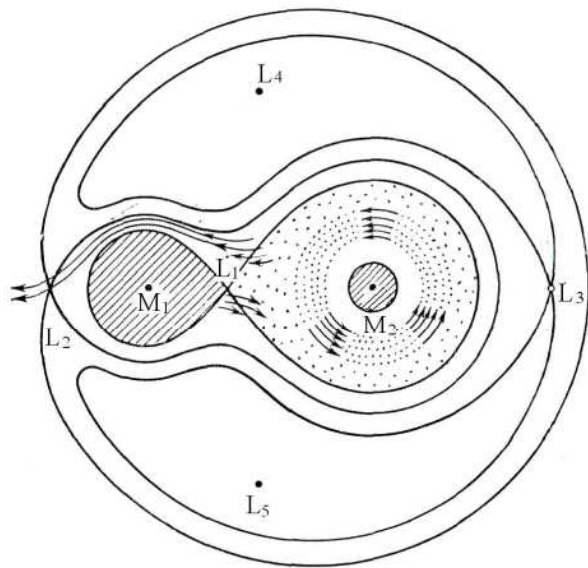
4. Fiziki üýtgeýän ýyldyzlar

Özünde bolup geçýän fiziki hadysalaryň netijesinde, otnositel gysga wagt aralygynda ýagtylanyjylygyny üýtgedýän ýyldyzlara fiziki üýtgeýän ýyldyzlar diýilýär. Üýtgemäniň häsiýetine baglylykda *pulsirläp* üýtgeýän we *eruptiw* üýtgeýän, şeýle hem eruptiw üýtgeýän ýyldyzlaryň hususy haly bolan, *täze* we *aşatäze* ýyldyzlary tapawutlandyryýarlar.

Hemme üýtgeýän ýyldyzlar, şol sanda tutulma üýtgeýän ýyldyzlar, eger olar ön grek elipbiýiniň harplary bilen belgilenmedik bolsa, onda olaryň ýörite bellenilişi bardyr. Ýyldyz toparynyň ilkinji 334 üýtgeýän ýyldyzy latyn elipbiýiniň harplary $R, S, T, \dots, Z, RR, RS, \dots, SS, ST, \dots, SZ, \dots, ZZ, AA, \dots, AZ, \dots, QQ, \dots, QZ$ bilen bellenilýär we deňişli ýyldyz toparynyň ady goşulýar. Ondan soňky üýtgeýän ýyldyzlary $V 335, V336$ we ş.m. görnüşde belleýärler.

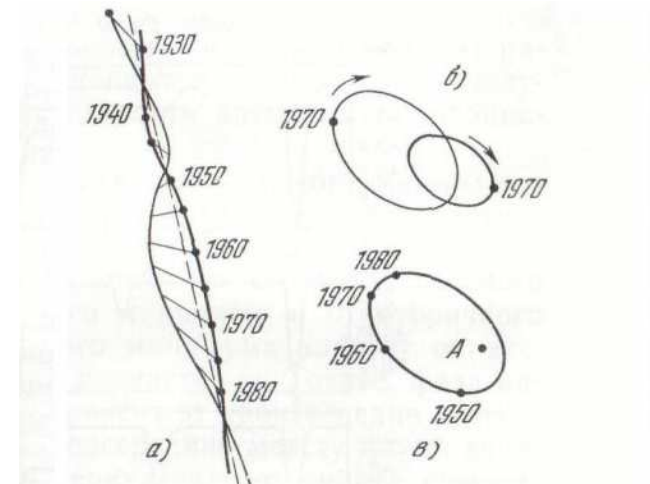
çykarýan güýjüň täsiri netijesinde ýyldyzlaryň ikisiniň hem üstleri sferik görnüşini üýtgedip, ellipsoidal görnüşi alyarlar we olarda, edil Ýerde okeanlarda döreýän Aý daşgynlaryna meňzeş, biri-birine ugrukdyrylan daşgyn gerşleri döreýär.

Gazdan ybarat bolan jisimiň kabul edýän şekili (görnüşü), grawitasion potensialyň birmeňzeş ululyklaryna eýe bolan nokatlardan geçýän üst bilen kesgitlenýär. Oňa ekwipotensial üst diýilýär. Gaz ekwipotensial üst boýunça erkin akyp bilýändir, bu bolsa jisimiň deňagramly şekilini kesgitleýär. Aýlanmaýan, ýeke ýyldyz üçin ekwipotensial üstüň, merkezi massa merkezi bilen gabat gelýän, konsentrik sferalardygy aýdyňdyr. Bu bolsa adaty ýyldyzlaryň sferik görnüşiniň bolmagyny düşündirýär. Jebis goşa sistema üçin ekwipotensial üstüň çylşyrymly görnüşi bardyr we egrileriň birnäçe maşgalasyny emele getirýändir. Olaryň häsiýetnamalaryny, bu maşgalalary biri-birinden çäklendirýän kritiki üstleriň kese-kesigine ünsli seretsek, göz önüne getirip bolýar (190-njy çyzgy).



190-njy çyzgy. Liranyň β -synyň jebis goşa sistemasy.
 $M_1=63M_\odot$, $M_2=42M_\odot$, L_1, L_2, L_3, L_4, L_5 – Lagranžyň nokatlary

arabaglanyşygy bardyr. Gözegçiliklerden a' ululygy, diýmek a ululygy hem burç ölçeg birliklerinde alynýandyr. Diňe ýyldyzyň parallaksyny bilip, uly ýarymokuň bahasyny astronomik birliklerde kesgitläp bolýandyr.



187-nji çyzgy. Siriusyň we onuň hemrasynyň nereketi.
 a) Siriusyň (ýasy çyzyk), hemrasynyň (inçe çyzyk) we olaryň umumy massa merkeziniň (punktir çyzyk) hususy hereketleri;
 b) esasy we hemra ýyldyzlaryň umumy massa merkeziniň töwereginde hereketiniň görüňýän orbitalary;
 c) esasy ýyldyza görä hemra ýyldyzyň orbitasy.

60000-den köpräk wizual-goşa sistemalar hasaba alynandyr. Olardan takmynan 2000-si üçin orbital hereketi kesgitlenendir. Ýöne olardan periodlary 500 ýyldan uly bolmadyk, diňe 500 töweregi obýekt üçin orbitalary ygtybarly hasaplanandyr.

§148. Tutulma üýtgeýän ýyldyzlar

Tutulma üýtgeýän ýyldyz diýip, teleskopyň kömegi bilen goşalygyny seljerip bolmaýan, goşa sistemanyň bir düzüjisiniň Ýerdäki gözegçi üçin beýleki düzüjisiniň önüni periodiki tutmagy sebäpli, görüňýän ýyldyz ululygy üýtgeýän, jebis ýyldyz jübüdine

aýdylýar. Şonda ýagtylanyjylygy güýçli bolan ýyldyza esasy, gowşagyna bolsa hemrasy diýilýär. Oňa mysal edip, Algoly (Perseyiň β -sy) we Liranyň β ýyldyzlaryny görkezmek bolar. Yzygiderli bolup geçýän, esasy ýyldyzyň hemrasy tarapyndan we hemra ýyldyzyň esasy ýyldyz tarapyndan tutulmagy sebäpli, tutulma goşa ýyldyzlaryň jemleýji görünýän ýyldyz ululygy periodiki üýtgeýär.

Ýyldyzyň şöhlelenmesiniň akymynyň wagta görä üýtgemesini şekillendirýän çyzga ýalpyldynyň egrisi diýilýär. Ýyldyzyň görünýän ýyldyz ululygynyň in kiçi bahasyna eýe bolýan wagt pursatyna maksimum döwri, in uly bahasyna eýe bolýan pursatyna bolsa minimum döwri diýilýär.

Minimumdaky we maksimumdaky ýyldyz ululyklarynyň tapawudyna amplituda, iki yzygiderli maksimumlaryň ýa-da minimumlaryň wagt aralygyna bolsa üýtgame periody diýilýär. Üýtgame periody Algol üçin 2gün 20sagat 49minut, Liranyň β ýyldyzy üçin 12gün 21sagat 48minut.

Tutulma üýtgeýän ýyldyzyň ýalpyldysynyň egrisiniň häsiýeti boýunça bir ýyldyzyň beýleki ýyldyza görä orbitasynyň elementlerini, sistemanyň düzüjileriniň –ýyldyzlaryň otnositel ölçeglerini kesgitlemäge, käbir ýagdaýlarda bolsa olaryň şekilleri, ýagny görnüşleri barada düşünje almaga mümkinçilik berýär. 188-nji çyzgyda käbir tutulma-üýtgeýän ýyldyzlaryň ýalpyldylarynyň egrisi we olaryň esasynda tutulma-üýtgeýän ýyldyzyň düzüjileriniň hereketiniň alynan çyzgysy görkezilen. Çyzgyda getirilen egrileriň ählisinde iki sany minimum bardyr. Olaryň biri, has çuňy, ýagny esasy, hemra-ýyldyzyň esasy ýyldyzyň önüni tutmasyna, beýlekisi, gowşagy, esasy ýyldyzyň hemra-ýyldyzyň önüni tutmasyna degişlidir.

Ýalpyldy egrileriniň anyk öwrenilmegi netijesinde tutulma-üýtgeýän ýyldyzlaryň düzüjileri barada şu maglumatlary alyp bolýandyr:

1. Tutulmanyň häsiýetnamalary (bölekleyin, doly ýa-da merkezi) ýyldyzlaryň ölçegleri we orbitanyň i ýapgytlygy bilen kesgitlenýär. Haçan-da $i = 90^\circ$ bolanda, tutulma merkezdur, ýagny Liranyň β ýyldyzynyňky ýalydyr (188-nji çyzgy). Haçanda bir

perpendikulýar bolan, gözegçilik edilýän tekizlige golaý bolanda, ýyldyzlaryň hereketi çyzyklaryň duýarlyk süýşmesini döretmeýär we diňe şonda ýyldyzyň goşalygyny ýüze çykaryp bolmaýar.

Eger orbitanyň tekizligi görüş şöhlesinden geçýän bolsa ($i = 90^\circ$), onda spektral çyzyklaryň maksimal süýşmesi, sistemanyň massa merkezine görä orbitanyň diametral garşylykly iki nokadynda, ýyldyzlaryň hereketiniň doly V tizliginiň bahasyny kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Bu ululyklar şöhle tizliginiň egrisiniň ekstremumlarydyr. Şöhle tizlikleriniň egrisiniň görnüşü boýunça periastryň ω uzaklygy we eksentrisitet belli bolany üçin, elliptik hereketiň nazaryýeti boýunça orbitanyň ähli elementlerini kesgitläp bolýandyr. Eger-de $i \neq 90^\circ$ bolsa, onda gözegçiliklerden kesgitlenilýän şöhle tizlikleri $V_r = V \sin i$ deňdir. Şonuň üçin, spektroskopik usul bilen orbitanyň çyzykly parametrleriniň absolýut ululyklaryny kesgitläp bolýan hem bolsa (kilometrlerde aňladylan), olaryň hemmesi spektroskopik gözegçiliklerden kesgitläp bolmaýan, näbelli $\sin i$ köpeldijini saklaýandyrlar.

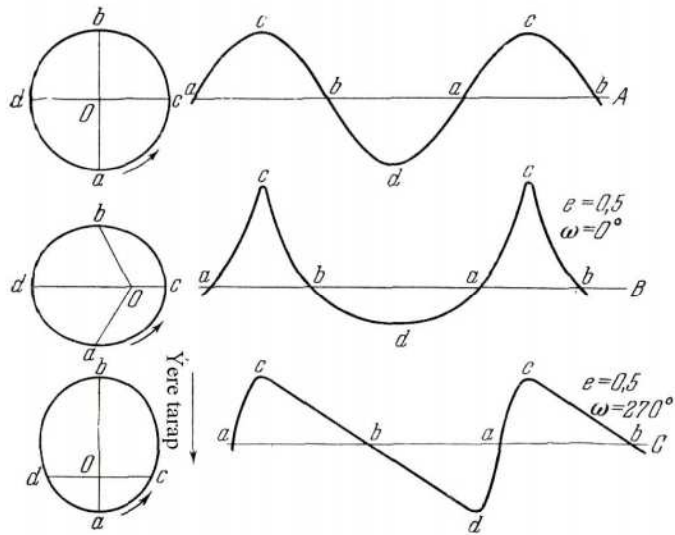
Aýdylanlardan görnüşü ýaly, haçanda şöhle tizlikleriniň egrisi tutulma-üýtgeýän ýyldyzlar üçin belli bolanda (bu ýagdaý üçin i burçy kesgitläp bolýar), orbitanyň elementleri we ýyldyzlaryň häsiýetnamalary has doly we ygtybarly kesgitlenýändir. Şunlukda, hemme çyzykly ululyklar kilometrlerde kesgitlenýär. Ýyldyzlaryň diňe ölçegleri bilen görnüşleri däl-de, massalaryny hem kesgitläp bolýandyr.

Häzirki döwürde goşalygy diňe spektral gözegçilikler esasynda kesgitlenen 2500 töweregi ýyldyz bellidir. Olaryň 750-si üçin aýlanma periodyny we orbitanyň görnüşini kesgitlemäge mümkinçilik berýän şöhle tizliginiň egrisini almak başardandyr.

Spektral-goşa ýyldyzlary öwrenmek has wajypdyr, sebäbi ol uzakda ýerleşen uly ýagtylanyjylygy bolan obýektleriň, şeýle hem has massiw ýyldyzlaryň massalary barada düşünje almaga mümkinçilik berýär.

Jebis goşa sistemalar. Aralaryndaky uzaklyk öz ölçegleri bilen deňeşdirerlik bolan ýyldyz jübüdi jebis goşa sistemany emele getirýändir. Şunlukda sistemanyň düzüjileriniň arasynda özara daşgyn täsiri wajyp orun eýeläp başlaýandyr. Daşgynlary ýüze

alýar. Eger gözegçilik edilýän spektr diňe ýeke ýyldyza degişli bolsa (ikinci ýyldyzyň spektri gowşaklygy sebäpli görünmeýär), onda çyzyklaryň ikä bölünmesiniň ýerine çyzyklaryň saga-çepi (spektriň kä gyzyň kä gök bölegine) süýşmesi gözegçilik edilýär. Şöhle tizliginiň, spektral çyzyklaryň süýşmesi boýunça kesgitlenen, wagta baglylygyna şöhle tizliginiň egrisi diýilýär. 189-njy çyzgyda şekillendirilen her bir ýagdaý üçin sag tarapynda degişli şöhle tizliginiň egrisi getirilen. Şöhle tizliginiň egrisiniň görnüşi diňe iki sany häsiýetnama: orbitanyň e ekssentrisiteti we periastryň ω uzaklygy bilen kesgitlenýär.

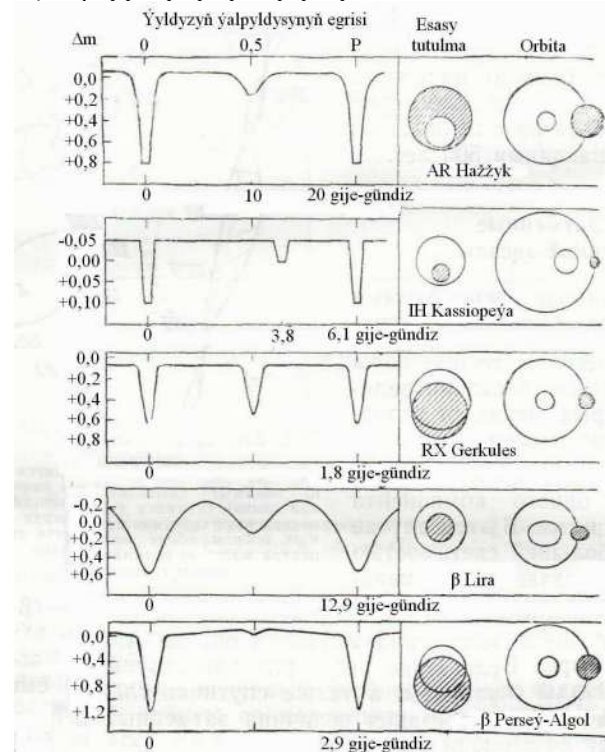


189-njy çyzgy Şöhle tizlikleriniň egrileriniň spektral goşa ýyldyzlaryň orbitalarynyň görnüşine we ýerleşişine baglylygy.

Şeýlelik bilen, eger-de şöhle tizliginiň egrisi belli bolsa, onda bu iki parametri bilelikde ýa-da aýry-aýrylykda kesgitläp bolýar.

Goşalygyny diňe spektral gözegçilikleriň esasynda anyklap bolýan ýyldyzlara *spektral-goşa* diýilýär. Orbitalarynyň tekizligi görüş şöhlesi bilen kiçi burç emele getirýän, tutulma-üýtgeýän ýyldyzlardan tapawutlykda, spektral-goşa ýyldyzlar bu burç köp uly bolanda, ýagny i burç 90° -dan köp tapawutlananda hem gözegçilik edilýändir. Eger orbitanyň tekizligi görüş şöhlesine

ýyldyzyň diskiniň öňi beýleki ýyldyzyň diski bilen tutuşlygyna ýapylýan ýagdaýynda, ýalpyldylynyň egrisiniň degişli çäginin häsiýetli tekiz görnüşi bardyr (*IH Kassiopeýa*). Bu bolsa goşa sistemanyň şöhlenenmesiniň umumy akymynyň kesgitli wagtyň dowamynda, ýagny kiçi ýyldyzyň uly ýyldyzyň diskiniň önünden ýa-da arka tarapyndan geçme wagtyň dowamynda hemişelikdigini, üýtgemeyändigini görkezýär. Diňe bölekleyin tutulma ýagdaýynda minimumlar ýiti bolýandyr (*RX Gerkules* ýa-da *Perseyiň β* ýyldyzynyňky ýaly).



188-nji çyzgy. Tutulma-üýtgeýän ýyldyzlaryň ýalpyldylarynyň egrisi we tutulma wagtynda ýyldyzlaryň ýerleşişleri.

2. Minimumlaryň dowamlylygynyň esasynda sistemanyň düzüjileriniň R_1 we R_2 radiuslarynyň ululyklaryny, tutulmanyň dowamlylygynyň ýyldyzlaryň diametrlerine proporsional bolany üçin, orbitanyň uly ýarymokunyň üleşlerinde kesgitleýäris.

3. Eger tutulma doly bolsa, onda minimumlaryň çuňluklarynyň

gatnaşygy boýunça ýagtylanyjylyklaryň gatnaşygyny kesgitläp bolýar, radiuslary belli bolan ýagdaýynda

bolsa, sistemanyň düzüjileriniň effektiv temperaturalarynyň gatnaşygyny hem kesgitläp bolýar.

4. Esasy minimumyň merkezinden ikilenç minimumyň merkezine çenli bolan wagt aralygynyň, ikilenç minimumyň merkezinden indiki esasy minimumyň merkezine çenli bolan wagt aralygyna bolan gatnaşygy, orbitanyň e ekssentrisitetine we ω periastryň uzaklygyna baglydyr. Has takyk aýdanymyzda, ikilenç minimumyň bolmagy (düşmegi) $e \cos \omega$ köpeltmek hasylyna baglydyr. Eger ikilenç minimum iki esasy minimumlaryň deň ortasynda ýerleşen bolsa (RX Gerkules), onda orbita görüş şöhlesine görä simmetrikdir we hususy halda töwerek bolup biler. Ikilenç minimumyň asimmetriýasy $e \cos \omega$ köpeltmek hasylyny tapmaga mümkinçilik berýär.

5. Ýalpyldynyň egrisiniň iki minimumynyň aralygynda käwagtlar gözegçilik edilýän ýapgytlygy, bir ýyldyzyň şöhlelenmesiniň beýleki ýyldyz tarapyndan serpikdirilme hadysasyna, mukdar taýdan baha bermäge mümkinçilik döredýär (Liranyň β ýyldyzy).

6. Ýalpyldysynyň egrisiniň Liranyň β ýyldyzynyňky ýaly endigan üýtgemesi, goşa ýyldyzlaryň örän ýakyn düzüjileriniň daşgyn täsiri netijesinde ýüze çykýan, ýyldyzlaryň ellipsoid görnüşleriniň bardygyny görkezýär. Bular ýaly sistemalara Liranyň β ýyldyzy we Uly Ýedigeniň W ýyldyzy ýaly ýyldyzlar degişlidir. Bu ýagdaýda ýalpyldynyň egrisiniň görnüşi boýunça ýyldyzyň şekilini (görnüşini) kesgitläp bolýar.

7. Ýalpyldynyň egrisiniň minimumlarda görnüşiniň has anyk öwrenilmegi, käbir ýagdaýlarda ýyldyzyň diskiniň gýralaryna tarap garalmagynyň kanuny barada netije çykarmaga mümkinçilik berýär. Bu hadysany ýüze çykarmak örän çylşyrymlydyr. Emma Günden tapawutlykda, ýyldyzlaryň diskini boýunça ýitiligiň paýlanyşyny öwrenmekde bu usul ýeke-täkdir.

Netijede, tutulma-üýtgeýän ýyldyzyň ýalpyldysynyň egrisiniň görnüşi boýunça sistemanyň aşakdaky elementlerini we häsiýetnamalaryny kesgitläp bolýar: i –orbitanyň ýapgytlygy; P –

periody; T –esasy minimum döwrüni; e –orbitanyň ekssentrisitetini; R_1 we R_2 –uly ýarymokuň üzüşlerinde aňladylan, düzüjileriň radiuslary; Liranyň β ýyldyzy görnüşliler üçin – ýyldyzlaryň şekilini görkezýän, ellipsoidleriň ekssentrisitetleri; L_1/L_2 düzüjileriň ýagtylanyjylyklarynyň gatnaşygyny ýa-da T_1/T_2 -temperaturanyň gatnaşygyny.

Ýyldyzlaryň käbir aýratyn görnüşleri üçin (mysal üçin Wolf-Raye), eger olar tutulma-üýtgeýän ýyldyzlar bolsa, onda birnäçe goşmaça häsiýetnamalary kesgitläp bolýar.

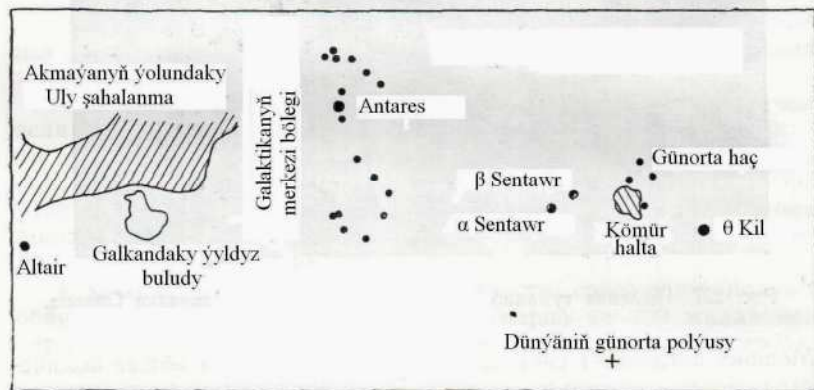
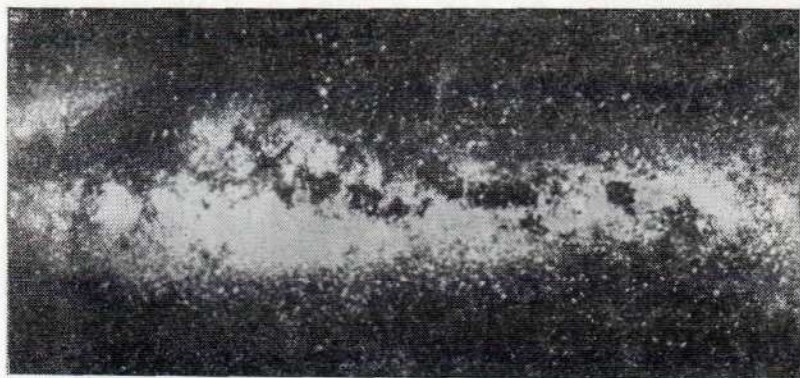
Bu ululyklary kesgitlemek örän çylşyrymly meseledir we käbir ýagdaýlarda soňuna çenli çözmek başardýan däldir. Adatça, ýalpyldynyň egrisiniň umumy görnüşi boýunça birinji ýakynlaşmada orbitanyň görnüşi we giňişlikde takmynan ýerleşşi kesgitlenýär, ondan soňra orbitanyň elementleri takyk hasaplanylýar.

Häzirki döwürde belli bolan, tutulma-üýtgeýän ýyldyzlaryň içinde minimal period bir sagatdan kiçi, maksimal period 57 ýyla deňdir. Tutulma goşa ýyldyzlar baradaky maglumatlaryň has doly we ygtybarly bolmagy üçin fotometrik gözegçilikleri spektral gözegçilikler bilen doldurmak zerurdyr.

§149. Spektral-goşa ýyldyzlar

Käbir ýyldyzlaryň spektrlerinde spektral çyzyklaryň periodiki ikä bölünmesine ýa-da ýerleşişiniň üýtgemesine gözegçilik edilýär. Eger bu ýyldyzlar tutulma-üýtgeýän bolsalar, onda çyzyklaryň üýtgame periody ýalpyldynyň üýtgame periodyna deň bolýar. Şunlukda birleşme pursatlary, haçanda iki ýyldyz hem görüş şöhlesine görä perpendikulýar hereket edenlerinde, spektral çyzyklaryň orta ýagdaýyndan gyşarmasy nola deňdir. Galan wagt pursatlary iki ýyldyzyň spektrleri üçin umumy bolan, spektral çyzyklaryň ikä bölünmesi gözegçilik edilýär. Çyzyklaryň ikä bölünmesi iň uly bahasyny goşa sistemanyň düzüjileri uly şöhle tizligine eýe bolanda, ýagny düzüjileriň biri gözegçä tarap, beýlekisi bolsa gözegçiden garşylykly tarapa hereket edenlerinde

siňdirýän maddanyň barlygyny, ýagtylygyň ýyldyzara gyzarmasy diýilýän, ýene bir hadysa tassyklaýandyr. Bu hadysa köp ýyldyzlaryň, esasan hem örän uzakda ýerleşenleriniň şöhlelenmesiniň spektral düzüminiň, Günüň ýakynynda ýerleşen, şol bir spektral toparyň ýyldyzlarynyň şöhlelenmesiniň spektral düzüminden tapawutlanýanlygyndadyr.



211-nji çyzgy. Akmaýanyň ýolunyň Galaktikanyň merkezine tarap ugurda görmüş: a) fotosuraty; b) obýektleriň ýerleşişleriniň çyzgysy.

Tapawut şöhlelenmäniň spektriniň gök böleginiň ýetmeýänligidir, bu bolsa onuň gyzarýan ýaly bolup görünmegine getirýär. Netijede, köp ýyldyzlar üçin, esasan hem Akmaýanyň ýolunyň ýakynynda ýerleşenleri üçin, §141-de reňk görkezijisi bilen spektral toparyň arasynda kesgitlenen baglanyşyk bozulýar.

bilen giňelýändigini görkezýär.

Çyzyklarda şöhlendirilýän energiýa üznüksiz spektrde şöhlendirilýän energiý bilen deňeşdirerlikdir. Energiýanyň çeşmesi effektiv temperaturasy $100000K$ ýetýän, örän gyzgyn ýyldyzyň kuwwatly ultramelewşe şöhlelenmesidir. Örän ýokary temperaturaly şöhlelenmäniň ýagtylyk basyşy, WR görnüşli ýyldyzlaryň atmosferalarynda atomlaryň gözegçilik edilýän tizlenmeli hereketiniň sebäbi bolmalydyr. *Be*-ýyldyzlar ýaly, bular has ýaş obýektlerdir we köplenç goşa sistemalarydyr.

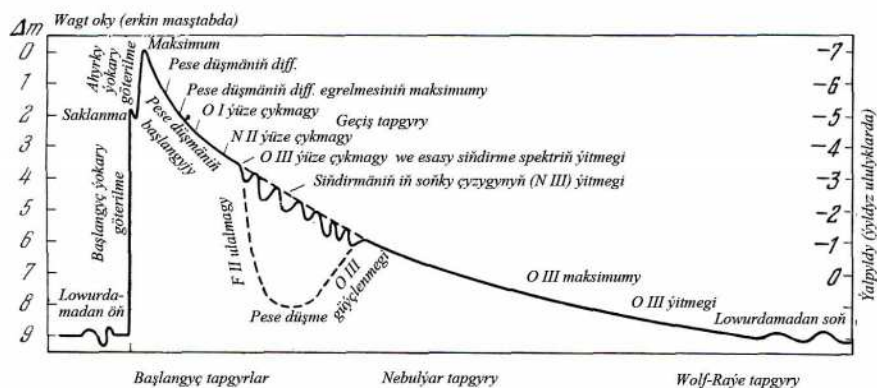
Täze ýyldyzlar. "Täze" ýyldyz adalgasy täzeden emele gelen ýyldyzyň ýüze çykmagyny däl-de, käbir ýyldyzlaryň kesgitli üýtgeме tapgyryny aňladýandyr (suratlandyrýar).

Täze ýyldyzlar diýip, ýagtylanyjylygy iň bolmanda bir gezek, azyndan 7-8 ýyldyz ululygyna duýdansyz we çürt-kesik ulalmasy (lowurdamasy) gözegçilik edilen, eruptiw üýtgeýän ýyldyzlaryň aýratyn görnüşine aýdylýar. Köplenç lowurdama wagtynda görünýän ýyldyz ululygy 10^m-13^m kemelýär, bu bolsa ýagtylanyjylygyň on we ýüz münlerçe esse artýandygyny görkezýär. Absolut ýyldyz ululygynyň maksimumda orta bahasy $8^m,5$ ýetýär. Lowurdamadan soň täze ýyldyzlar örän gyzgyn karliklerdir. Lowurdamanyň maksimal fazasynda olar A-F spektral toparlaryň aşaaпетlerine meňzeşdirler. Şol bir täze ýyldyzyň lowurdamasy ikiden az bolmadyk sapar gözegçilik edilen bolsa, onda olar ýaly täze ýyldyza gaýtalanýan diýilýär. Gaýtalanýan täze ýyldyzlaryň ýagtylanyjylygynyň artmasy adaty täze ýyldyzlara garanyňda kiçidir.

Häzirki wagtda 300 töweregi täze ýyldyz bellidir, olardan 150 töweregi biziň Galaktikamyza, 100-den gowragy bolsa Andromeda dumanlygynda lowurdandyr. Ýedi sany belli bolan gaýtalanýan täzeleriň gözegçilik edilen lowurdamalarynyň sany 20 töweregidir. Täzeleriň we gaýtalanýan täzeleriň köpüsi (mümkin hemmesi) jebis goşa sistemalarydyr. Lowurdamadan soň, täze ýyldyzlaryň köpüsi gowşak üýtgemelere eýe bolýarlar.

Täze ýyldyzlaryň ýalpyldysynyň egrileri, bütin hadysany birnäçe tapgyrlara bölmäge mümkinçilik berýän, özboluşly görnüşe eýedirler (198-nji çyzgy). Ýalpyldynyň başlangyç yokary

göterilmesi örän çalt bolup geçýär (2-3 gije-gündiz), ýöne maksimumyň öň ýanynda ýagtylanyjylygyň ösüşi haýallaýar (ahyrky ýokary göteriliş). Maksimumdan soň köp ýyllaryň dowamynda ýagtylanyjylygyň peselmesi bolýar. Ilkinji üç ýyldyz ululygyna pese düşme endigan bolup geçýär. Kāwagt ikilenç maksimum gözegçilik edilýär. Soňra ýagtylanyjylygyň üç ýyldyz ululygyna endigan pese düşmesi ýa-da onuň yrgyldamalary bilen tapawutlanýan, geçiş tapgyry gelýär. Kāwagt bolsa ýagtylanyjylygyň curt-kesik pese düşmesi we soňra haýallyk bilen öňki bahasyna gaýdyp gelmesi bolýar. Ýalpyldynyň ahyrky pese düşmesi endigan bolup geçýär. Netijede ýyldyz lowurdamadan öňki ýagtylanyjylygyna eýe bolýar.



198-nji çyzgy. Täze ýyldyzyň ýalpyldysynyň egrisi.

Täze ýyldyzyň ýagtylanyjylygynyň ýazgysy getirilen üýtgemesi, lowurdama wagtynda ýyldyzda döreýän durnuksyzlyk sebäpli, duýdansyz partlamanyň bolup geçýändigini görkezýär. Dürli çaklamalara görä bu durnuksyzlyk, kábiri gyzgyn ýyldyzlarda energiýanyň bölünip çykmasy kesgitleýän, içki prosesleriň netijesinde ýa-da haýsy hem bolsa bir daşky täsirler netijesinde dörap bilýändir.

Täze ýyldyzlaryň partlamasynyň mümkin bolan sebäpleriniň biri hem, olaryň ählisiniň deňişli bolan jebis goşa sistemalarynyň düzüjileriniň arasyndaky madda çalşygydyr. Mysal üçin, eger

ýagtylygyň umumy mukdaryny takmynan üç esse kemeldýändigini görkezýär.



210-njy çyzgy. Üç ýyldyzdaky (Orion ýyldyz topary) „Atný kellesine“ meňzeş gara dumanlyk.

Bular ýaly siňdirmе,

$$\tau = \ln 3 \approx 1,1$$

deň bolan optiki galyňlyga laýykdyr. Ýagtylygyň gowşamasyny ýyldyz ululyklarynda aňlatsak, onda

$$\Delta m = 1,08 \tau \approx 1^m, 2.$$

“Kömür halta” meňzeş bulutlaryň köplügi Akmaýanyň ýolunyň orta çyzygynyň ugry boýunça, Guw ýyldyz toparyndan başlap Bürgüt, Ýylan, Keman we İçyan ýyldyz toparlaryndan geçýän, giň gara zolagy emele getirýärler. Ol Akmaýanyň ýolundaky belli bolan Uly şahalanmadyr. Esasan hem gara bulutlar köp mukdarda, biziň Galaktikamyzyň Keman ýyldyz toparynda ýerleşen, merkezi goýulanmanyň çäklerinde gözegçilik edilýär (211-nji çyzgy). Şol sebäpli Galaktikanyň örän wajyp bolan obýektini gözegçilik etmek örän çylşyrymlydyr. Ýyldyzara giňişlikde ýagtylygy

Bu aýlanmanyň şu aýratynlyklary bardyr:

1. Aýlanma, Galaktikanyň Weronikanyň saçlary ýyldyz toparynda ýerleşen demirgazyk polýusundan seredenimizde, sagat diliniň ugruna bolýandyr.

2. Aýlanmanyň burç tizligi merkezden uzaklaşdygymyza kemelýändir. Emma bu kemelme, ýyldyzlar Galaktikanyň merkeziniň töwereginde Kepleriň kanunlary boýunça hereket eden ýagdaýyndaky burç tizliginiň kemelmesinden haýaldyr.

3. Aýlawly hereketiň çyzykly tizligi ilkibaşda merkezden daşlaşdygymyza ulalýandyr. Soňra, takmynan Günüň ýerleşen uzaklyklarynda 240km/s töweregi bolan maksimal bahasyny alýar, soňra bolsa örän haýallyk bilen kemelýär.

4. Gün we onuň ýakynyndaky ýyldyzlar Galaktikanyň merkeziniň töwereginde bir doly aýlawy takmynan 200 million ýylda amala aşyrýarlar. Bu wagat aralygyna Galaktiki ýyl diýilýär.

§159. Ýyldyzara tozanlar

Ýyldyzly asmanyň fotosuratlarynda, esasan hem Akmaýanyň ýolunyň töwereginde, ýyldyzlaryň paýlanyşygynda güýçli birhilli dälligi seljermek mümkindir we ol gara, dury däl dumanlyklar bilen baglanyşyklydyr.

Bular ýaly görnüşli obýektlere “Atyň kellesi” (210-njy çyzgy) we “Kömür halta” (Günorta Haç ýyldyz toparynyň iň ýagty iki ýyldyzynyň ýakynynda ýerleşen) ady bilen belli bolan gara dumanlyklary görkezmek bolar. Soňky dumanlygyň asmanda tutýan çäkleriniň görünýän burç diametri 3^0 -dan uludyr.

Bu dumanlyk bize örän ýakyndyr we 150ps töweregi uzaklykda ýerleşendir. Diýmek, onuň hakyky ölçegleri 8ps töweregidir. Daşyny gurşap alan Akmaýanyň ýolunyň ýagty zolagy bilen tapawudynyň güýçli bolany sebäpli, dumanlyk gara tegmil ýaly bolup görünýär. Teleskopda seredilende ondaky gowşak ýyldyzlar görünýär. Olaryň sany edil şol ölçegleri bolan goňşy çäklerdäki ýyldyzlaryň sanyndan takmynan üç esse azdyr. Bu bolsa dumanlygyň uzakdaky ýyldyzlaryň ýagtylygyny siňdirýändigini,

esasy ýyldyzyň gabygynyň wodoroda baý bolan maddasy onuň hemrasynyň-ak karligiň üstüne düşse, onda termoyadro energiýasynyň duýdamsyz bölünip çykmagy mümkin. Täze ýyldyz lowurdanda bölünip çykýan energiýanyň umumy mukdary 10^{45} - 10^{46} ergden köpdür. Bu mukdardaky energiýany Gün onlarça mün ýylyň dowamynda şöhlendirýär. Emma bu energiýanyň mukdary ýyldyzyň ätiýaçdaky ähli termoyadro energiýasynyň mukdaryndan örän azdyr. Bularyň esasynda täze ýyldyzyň partlamasy onuň umumy düzüminiň üýtgemegine getirmeýär, diňe onuň daşky gatlaklaryna täsirini ýetirýär diýip hasaplanylýar.

Partlama netijesinde gazyň gyzmagy sebäpli ýyldyzdan maddanyň zyňylmasy bolýar, ýagny ýyldyzyň daşky gatlaklarynyň massasy $(10^{-4} \div 10^{-5})M_{\odot}$ bolan gabygyň ondan gopmasy bolýar. Bu gabyk birnäçe ýüzden $1500\text{-}2000\text{km/s}$ çenli bolan örän uly tizlik bilen giňelýär. Ýyldyz bu gabygyny örän çalt taşlaýar we netijede öz daşynda dumanlyk emele getirýär. Giňelýän gaz dumanlyklary bize ýakyn bolan täze ýyldyzlaryň hemmesinde diýen ýaly ýüze çykarylýandyr.

Lowurdamanyň başlangyç tapgyrlarynda giňelme netijesinde gabygyň radiusy ýüzlerçe esse ulalýar, ýyldyzyň daşky gatlaklarynyň dykzlygy we temperaturasy kemelýär. O spektral topara degişli gyzygyn ýyldyz ilkinjy A - F toparyň spektrine eýe bolýar. Emma sowanlygyna garamazdan, ýyldyzyň umumy ýagtylanyjylygy gazlaryň kuwwatly ýagtylanmasy we gabygyň radiusynyň ulalmagy netijesinde çalt artýar. Şonuň üçin, esasy maksimumyň ön ýanynda täze ýyldyzyň spektri aşaapetiň spektri ýalydyr. Bu tapgyrda täze ýyldyzyň spektri A ýa-da F toparyň aşaapetlerine mahsus bolan hemme özboluşlyklara eýedir (arasynda wodorodyň çyzygy tapawutlanýan, inçejik çyzyklar). Maksimalyň ön ýanyndaky diýilýän bu spektriň wajyp özboluşlygy siňdirme çyzyklaryň, şöhlendirýän maddanyň bize tarap ýüzlerçe kilometr/sekunt tizlik bilen ýakynlaşmasyna degişli bolan, melewşe tarapa güýçli süýşmesidir. Şol wagat täze ýyldyzyň bu tapgyrdaky dykz gabygynyň giňelmesi bolup geçýär.

Maksimumda spektriň görnüşi curt-kesik üýtgeýär. Esasy spektr diýilýän spektr peýda bolýar. Onuň çyzyklary giňelmäniň

1000km/s tizligine deňişli bolan ululyga melewşe tarapa süýşendir. Spektriň bu üýtgemesiniň sebäbi gabygyň giňelip ýukalmagy we netijede durulanmagydyr. Şol sebäpli has çalt hereket edýän, has çuň gatlaklary hem görnüp başlaýarlar. Edil maksimumdan soň täze ýyldyzyň spektrinde, esasan hem wodoroda, demire we titana deňişli, zolak görnüşli, ýiti, örän giň bolan emission çyzyklar ýüze çykýar. Bu zolaklaryň her birisi melewşe tarapa süýşen esasy spektriň siňdirmiş çyzyklaryndan başlap bu çyzygyň süýşmezden öňki ýagdaýyna çenli bolan spektriň çäginä tutýar.

Bu bolsa gabygyň eýýäm örän seýreklenendigini görkezýär we onuň dürli tizlikleri bolan dürli gatlaklaryna gözegçilik edip bolýar.

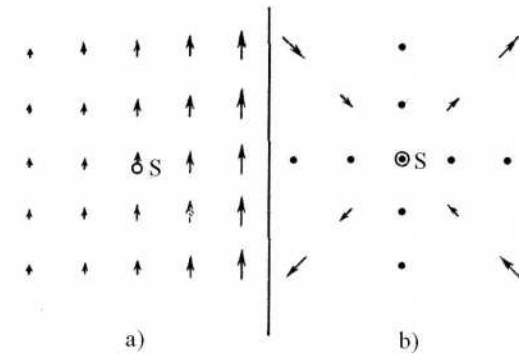
Haçanda ýagtylanyjylygyň kemelmesi I^m ýyldyz ululygy töweregi bolanda wodorodyň we ionlaşan metallaryň güýçli bulaşyk siňdirmiş çyzyklaryndan, şeýle hem özboluşly ýiti zolaklardan ybarat bolan diffuz-uçgun spektr ýüze çykýar. Diffuz-uçgun spektr esasy spektriň üstüne goýulýar, ýuwaş-ýuwaşdan intensiwligi güýçlenýär. Soňra onuň üstüne gyzgyn ýyldyzlar üçin häsiýetli bolan, orion spektri diýip atlandyrylýan spektr goşulýar. Diffuz-uçgun, soňra bolsa orion spektrleriň ýüze çykmagy ýyldydan maddanyň gitdigiçe ulalýan tizlik bilen has çuň we has gyzgyn gatlaklaryndan zyňylýandygyny görkezýär.

Geçiş tapgyrynyň başlangyjyna diffuz-uçgun spektr ýitýär, orion spektr bolsa intensiwliginiň iň uly bahasyna ýetýär. Orion spektri ýiteninden soň giň siňdirmiş zolaklary bilen kesilýän täze ýyldyzyň üznüksiz spektriniň fonunda seýreklandirilýän gaz dumanlyklaryň spektrlerinde gözegçilik edilýän, emission çyzyklar ýüze çykýar we ýuwaş-ýuwaşdan güýçlenýär. Bu bolsa gabygyň maddasynyň öňkünden hem seýreklandirilýändigini tassyklaýar.

Aşatäze ýyldyzlar. Täze ýyldyzlara meňzeşlikde lowurdaýan we maksimumynda absolýut ýyldyz ululygy -18^m -den -19^m çenli, hatda -21^m çenli ýetýän ýyldyzlara aşatäze ýyldyzlar diýilýär.

Ýagtylanyjylygyň artmasy 19^m ýyldyz ululygyndan hem köp, ýagny onlarça million esse bolýar. Lowurdama döwründe aşatäze ýyldyzyň şöhlendirýän umumy energiýasy 10^{48} - 10^{49} ergden hem

gözegçilik edilende, ýyldyzlaryň nähili şöhle tizlikleriniň boljakdygyna seredeliň. S nokatdan çepi we saga gözegçilik etsek, bu ugurlar boýunça hiç hili oňnositel hereketiň ýoklugy sebäpli, şöhle tizliginiň nola deň boljagy aýdyňdyr. Edil şular ýaly netijäni perpendikulýar ugurda hem alarys, sebäbi Günüň tizliginiň wektorynyň ugry boýunça hemme ýyldyzlaryň tizlikleri birmeňzeşdir, şonuň üçin hem oňnositel şöhle tizligi nola deňdir.



208-nji çyzygy. Günüň töweregindäki ýyldyzlaryň giňişlik (a) we şöhle (b) tizlikleri.

Ähli beýleki ugurlar boýunça şöhle tizlikleri gözegçilik edilýär, özi hem olar iň uly bahasyna ýokarda sereden ugurlarymyz

bilen 45° burç emele getirilenlerinde eýe bolarlar. Ondan başga-da, seredilýän obýekt näçe uzakda boldugyça, gözegçilik edilýän şöhle tizligi hem şonça uly bolar. Uzakda ýerleşen ýyldyzlaryň şöhle tizlikleriniň ölçemeleri, olaryň tizlikleriniň endigan üýtgeşip, ýokarda ýazgysy getirilen ýagdaýda, şöhle tizlikleriniň üýtgemesi bilen takyk gabat gelýändigini ýüze çykarýar (209-njy çyzygy). Şunlukda, şöhle tizliginiň nola deň bahalary Galaktikanyň merkezine we antimerkezine, şeýle hem olar bilen 90° burç emele getirýän ugurlarda gözegçilik edilýär. Şu ýerden bolsa hemme ýyldyzlaryň Gün bilen bilelikde Galaktikanyň merkezine bolan ugura perpendikulýar ugurda hereket edýändikleri gelip çykýar. Bu hereket Galaktikanyň umumy aýlanmasynyň netijesidir we bu hereketiň tizligi merkezden uzaklyga görä üýtgeýändir (differensirlenen aýlanma).

hereketleri bar diýsek, onda mesele çylşyrymlaşýandyr. Emma asmanyň berlen çäklerinde ýyldyzlaryň köp sanysyny öwrenip, ortaça alanymyzda olaryň hususy hereketleri biri-birini kompensirlemeli diýip hasaplamak bolar. Şol sebäpli, ýyldyzlaryň köp sanysy üçin hususy hereketleriniň we şöhle tizlikleriniň orta bahalary, diňe Gün hereket edýär diýip sereden ýagdaýymyzdaky, aýry-aýry ýyldyzlaryň tizlikleri üçin anyklanan kanunalaýyklyklara gabat gelýändirler.

Ýazgysy getirilen usulyň kömegi bilen Gün sistemasynyň apeks nokadynyň Gerkules ýyldyz toparynda ýerleşendigi, göni ýokary göterilişi $\alpha=270^0$ we ýapgytlygy $\delta=+30^0$ deňdigi anyklanyldy. Bu ugurda Gün 20 km/s tizlik bilen hereket edýär.

§158. Galaktikada ýyldyzlaryň aýlanmasy

Adatça Günüň hereketiniň apeksi has ýakyn ýyldyzlar boýunça kesgitlenýär, sebäbi has uzakdaky obýektleriň haýsy hem bolsa bir umumy hereketi bar bolmagy mümkindir. Eger bular ýaly umumy hereket bar bolsa, onda asmanyň käbir çäklerinde köp sanly ýyldyzlar üçin şöhle tizliginiň we hususy hereketleriniň orta bahasy tapylýanlygyna garamazdan, hususy tizlikler biri-birini kompensirlemezler, sebäbi ýyldyz üşmekleriniň umumy tizligine deň bolan düzüjileri bolar.

S Güni we ony gurşap alan uzakdaky ýyldyzlar bilen bilelikde seredeliň (208-nji çyzgy). Goý, bu ýyldyzlar toparynyň haýsy hem bolsa bir umumy hereketi bar bolsun. Eger şonda herekete gatnaşýan ýyldyzlaryň tizlikleri birmeňzeş bolsalar, onda hiç bir usul bilen ony ýüze çykaryp bolmazdy. Indi bolsa seredilýän çäklerde ýyldyzlaryň çyzykly tizlikleri kesgitli ugurda ýuwaş-ýuwaşdan artýan bolsun, mysal üçin, 208-nji a çyzgyda görkezilişi ýaly, çepden-saga artýan bolsun. Tizlikleriň bular ýaly paýlanyşygy, eger-de biziň seredýän çägimiz sag tarapda, örän uzakda ýerleşen nokadyň daşynda aýlawly hereket edýän bolsa, emele gelýändir.

Indi bolsa S nokatdan (208-nji b çyzgy) dürli ugurlar boýunça

köp, bu bolsa täze ýyldyzlaryň şöhlelendirýän energiýasyndan hem mün esse köpdür. Fotografik usul bilen beýleki galaktikalarda lowurdan 60-a golaý aşatäze ýyldyzlar bellige alynandyr, özi hem köplenç olaryň ýagtylanyjylygy lowurdama bolup geçen galaktikanyň integral ýagtylanyjylygy bilen deňeçerdir.

Has ir döwürlerde guralysyz geçirilen gözegçilikleriň ýazgylary boýunça, biziň Galaktikamyzda aşatäzeleriň lowurdamasynyň birnäçesini ýüze çykarmak başardandyr. Olardan has köp gyzyklanma döredýäni, hytaý we ýapon astronomlary tarapyndan 1054-nji ýylda gözegçilik edilen, Öküzçe ýyldyz toparynda lowurdan Aşatäze ýyldyzdyr. Duýdansyz peýda bolan bu “myhman-ýyldyzyň” Weneradan hem ýagty we gündizinede görünendigi bellenilýär.

Başga şuna meňzeş hadysa 1572-nji ýylda bolup geçendir we onuň has anyk ýazgysy daniýaly astronom Tiho Brage tarapyndan ýerine ýetirilendir. Kassiopeýa ýyldyz toparynda “täze” ýyldyzyň duýdansyz ýüze çykandygy bellenilýär. Bary-ýogy birnäçe günüň dowamynda bu ýyldyz öz ýagtylanyjylygyny örän çalt ulaldyp, Weneradan hem ýagty bolup görünýär. Az wagtdan soň onuň şöhlelenmesi ýuwaş-ýuwaşdan peselip başlaýar, özi hem pese düşme intensiwligiň yrgyldamalary we uly bolmadyk lowurdamalar bilen bolup geçýär. Iki ýyldan soň ol gözden ýitýär, ýagny guralysyz ýöne göz bilen seredilende görünmeýär. 1604 ýylda Ýylan göteriji ýyldyz toparyndaky aşatäze ýyldyzyň lowurdamasyny Kepler gözegçilik edendir.

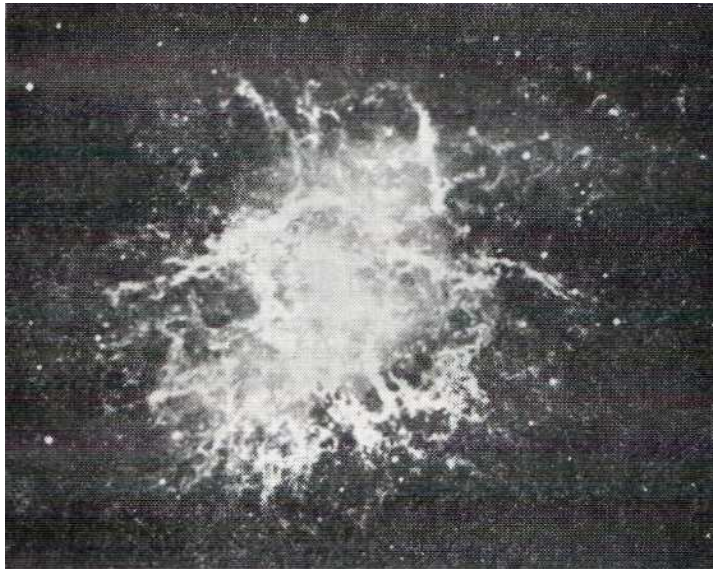
Bu hadysa adaty täzäniň lowurdamasyna meňzeş hem bolsa, ol öz masştaby, endigan we haýal üýtgeýän ýalpyldynyň egrisi we spektri boýunça tapawutlanýar. Maksimum döwrüniň ýakynynda spektriniň häsiýeti boýunça aşatäze ýyldyzlaryň iki görnüşini tapawutlandyryşlar.

I görnüşli aşatäzeler maksimumyň ýakynynda hiç-hili çyzyklar görünmeýän, üznüksiz spektri bilen tapawutlanýarlar. Soňra ýerleşiş ýagdaýy belli bolan hiç bir spektral çyzyk bilen gabat gelmeýän, örän giň emission çyzyklar ýüze çykyp başlaýar. Bu zolaklaryň giňligi gazyň 6000 km/s tizlik bilen giňelmesine laýyk gelýär. Zolaklaryň intensiwligi, düzümi we ýagdaýy wagta görä

çalt üýtgeýär. Maksimumdan ýarym ýyl geçenden soň neýtral kislorodyň çyzyklary bilen laýyk gelýän zolaklar ýüze çykýar.

II görnüşli aşatäzäniň maksimumda ýagtylanyjylygy I görnüşli aşatäzäniň ýagtylanyjylygyndan biraz pesdir. Olaryň spektri ultramelewşe şöhlelenmäniň güýçlenmesi bilen tapawutlanýar. Edil adaty täzeleriň spektrindäki ýaly, wodoroda, ionlaşan azota we beýleki elementleriň siňdirme we şöhlelenme çyzyklaryna laýyk gabat gelýän çyzyklar gözegçilik edilýär.

Käbir ýagdaýlarda I görnüşli aşatäze ýyldyzlaryň lowurdan ýerinde ýüze çykarylan, örän çalt giňelýän gaz dumanlyklary uly gyzyklanma döredýärler. Olardan iň bellisi Öküzçe ýyldyz toparyndaky Leňneç görnüşli dumanlygydyr (199-njy çyzgy)..

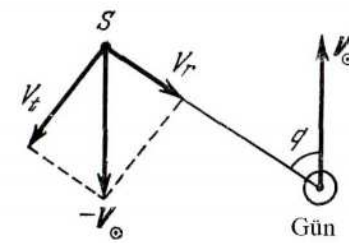


199-njy çyzgy. Öküzçe ýyldyz toparyndaky Leňneç görnüşli dumanlygy.

Bu dumanlygyň emission çyzyklarynyň görnüşü onuň takmynan 1000km/s töweregi tizlik bilen giňelýändigini görkezýär. Dumanlygyň häzirki ölçegleri, onuň giňelmesiniň takmynan 900 ýyl öň başlanan bolmalydygyny, ýagny 1054 ýylyň Aşatäzesiniň lowurdama döwrüne gabat gelýändigini görkezýär. Leňneç

düzüjisidir.

Bu proyeksiýalaryň ululyklarynyň q burça baglylygyny göz önünde tutup, Günüň



207-nji çyzgy. Günüň hereketi netijesinde ýyldyzyň antiapakse tarap hereket edýän ýaly bolup görünmegi.

giňişlikde hereketi netijesinde, onuň hereket edýän ugrunda ýerleşen ýyldyzlaryň şöhle tizlikleri hakyky tizliklerinden V_0 ululyga kiçi bolup görünmeli. Garşylykly ugurda ýerleşen ýyldyzlar üçin tersligine, tizlikleri şonça ululyga uly bolup görünmeli. Günüň hereketiniň ugruna

perpendikulýar ugurda ýerleşen ýyldyzlaryň şöhle tizlikleri üýtgeýän dälirler. Ýöne olaryň antiapakse ugrukdyrylan we ululygy boýunça ýyldyzyň uzaklygyndan V_0 wektoryň görünýän burçuna deň bolan, hususy hereketleri bolar. Apeks we antiapakse ýakynlaşdygymyza bu hususy hereketiň ululygy $\sin q$ proporsionallykda, nola çenli kemelýär.

Umuman alanymyza hemme ýyldyzlar antiapakse tarap daşlaşýan ýaly bolup görünýärler.

Şeýlelik bilen, haçanda diňe Gün hereket eden ýagdaýynda, onuň hereketiniň tizliginiň ugruny we ululygyny iki usul bilen tapmak mümkindir:

1) dürli ugurlarda ýerleşen ýyldyzlaryň şöhle tizliklerini ölçäp, şöhle tizliginiň iň uly otrisatel bahasyna eýe bolan ugruny tapmaly; bu ugurda apeks ýerleşendir; apeks tarap ugurda Günüň hereketiniň tizligi, tapylan maksimal şöhle tizligine deňdir;

2) ýyldyzlaryň hususy hereketlerini ölçäp, olaryň hemmesiniň ugrukdyrylan, asman sferasyndaky umumy nokatlaryny tapmaly; oňa garşylykly nokat apeks bolar; Günüň tizliginiň ululygyny kesgitlemek üçin burç süýşmesini çyzykly tizlige geçirmeli, onuň üçin uzaklygy belli bolan ýyldyzy saýlap almaly, soňra onuň üçin (11.6) formula boýunça V_0 tapmaly.

Eger indi diňe Gün dälde, hemme beýleki ýyldyzlaryň hususy

Ýyldyzyň giňişlikdäki V tizligini tapmak üçin, ýyldyzyň spektrindäki çyzyklaryň dopler süýşmesi boýunça kesgitlenýän, V_r şöhle tizligini bilmek zerurdyr. V_r we V_t özara perpendikulýar bolanlary üçin, ýyldyzlaryň giňişlikdäki tizligi

$$V = \sqrt{V_t^2 + V_r^2} \quad (11.4)$$

deňdir.

Ýyldyzlaryň hususy hereketlerini we şöhle tizliklerini bilmeklik, olaryň giňişlikde töweregindäki planetalary bilen bilelikde, Güne görälikde hereketleri barada netije çykarmaga mümkinçilik berýär. Şonuň üçin ýyldyzlaryň gözegçilik edilýän hereketleri iki bölekden ybaratdyr. Olaryň biri Günün hereketiniň netijesi, beýlekisi bolsa ýyldyzyň hususy hereketiniň netijesidir.

Ýyldyzlaryň hususy hereketleri barada netije çykarmak üçin, Günün hereketiniň tizligini tapyp, ýyldyzyň hereketiniň gözegçilik edilýän tizliginden aýrarmalydyr.

Günün giňişlikdäki hereketiniň tizligini we ugruny kesgitläliň. Asman sferasynyň Günün tizliginiň wektory ugrukdyrylan nokadyna Günün apeksi, oňa garşylykly nokada bolsa antiapiks diýilýär. Günün apeks nokadynyň ýagdaýyny kesgitlemegiň esasy düýýän prinsipe düşünmek üçin, Günden başga ähli ýyldyzlar hereket etmeýärler diýip hasaplalyň. Bu ýagdaýda ýyldyzlaryň gözegçilik edilýän hususy hereketleri we şöhle tizlikleri, Günün V_o tizlik bilen hereket edýanligi sebäpli ýüze çykýandyr (207-nji çyzgy). Haýsy hem bolsa bir S ýyldyzy saýlap alalyň we oňa tarap bolan ugur V_o wektor bilen q burç emele getirýän bolsun. Ähli ýyldyzlar hereket etmeýär diýip hasaplanymyz üçin S ýyldyzyň Güne görä görünýän hereketiniň tizligi, Günün tizligine ululygy boýunça deň we ugry boýunça ters bolmalydur, ýagny - V_o bolmalydyr. Bu tizligiň iki sany düzüjisi bardyr, ýagny olaryň biri görüş şöhlesiniň ugry boýunça, ýyldyzyň şöhle tizligine deň bolan

$$V_r = -V_o \cos q, \quad (11.5)$$

beýlekisi bolsa görüş tekizliginde ýerleşen, ýyldyzyň hususy hereketine degişli bolan

$$V_t = -V_o \sin q \quad (11.6)$$

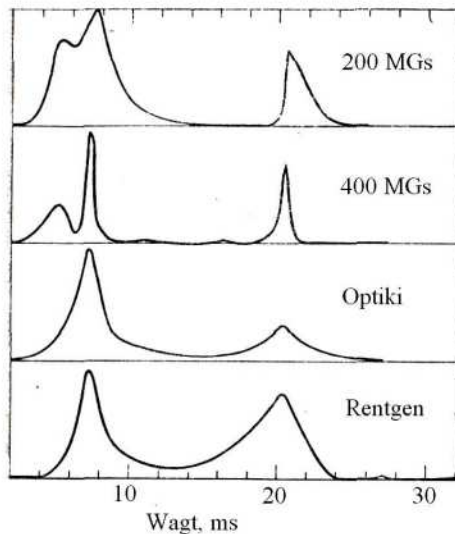
görnüşli dumanlygyň ýerleşşi we wagty boýunça, hytaý ýyl ýazgylarynda ýazgysy getirilen “myhman-ýyldyz” bilen gabat gelmegi, Öküzçe ýyldyz toparyndaky bu dumanlygyň aşatäzäniň lowurdamasynyň netijesi bolmagynyň mümkindigini görkezýär

Bu dumanlyk birnäçe ajaýyp özboluşlyklara eýedir:

1) görünýän şöhlelenmäniň 80%-inden köprägi üznüksiz spektre düşýändir; 2) ak ýagtylykda onuň amorf görnüşi bardyr; 3) dumanlyklar üçin adaty, ionlaşan metallaryň we wodorodyň çyzyklary bolan emission spektrler, dumanlygyň aýry-aýry süýmleri tarapyndan şöhlelendirilýär; 4) şöhlelenme polýarlanandyr, özi hem dumanlygyň käbir çäklerinde doly diýen ýaly polýarlanandyr; 5) Leňneç görnüşli dumanlygy biziň Galaktikamyzdaky radioşöhlelenmäniň in kuwwatly çeşmeleriniň biridir.

Leňneç görnüşli dumanlygyň bu gyzykly özboluşlygynyň mümkin bolan düşündirilişi aşakdaky ýalydyr. 1054-nji ýylyň Aşatäzesiniň lowurdamasy wagtynda, örän uly kinetik energiýasy bolan, erkin elektronlar (relýatiwistik elektronlar) köp mukdarda döräp başlaýar. Olar ýagtylygyň tizligine ýakyn tizliklerde hereket edýärler. Bölejikleri bular ýaly güýçli tizlendirme prosessi häzirki wagtda hem dowam edýändir. Spektriň göze görünýän çäklerinde, şeýle hem radioçäklerde üznüksiz şöhlelenme, relýatiwistik elektronlar gowşak magnit meýdanynyň güýç çyzyklarynyň töwereginde spiral boýunça hereket edenlerinde, tormozlanma sebäpli döreýändir. Bular ýaly şöhlelenme polýarlanan bolmalydyr. Gözegçiliklerden olaryň hakykatdan hem polýarlanandygy anyklanandyr. Radioşöhlelenmäniň kuwwatly çeşmesi bolan, Leňneç görnüşli dumanlyga meňzeşlikde, biziň galaktikamyzda lowurdan beýleki aşatäze ýyldyzlaryň ýerinde hem gowşak dumanlyklar we dürli kuwwatlyklary bolan radioşöhlelenmäniň çeşmeleri tapylandyr. Aşatäze ýyldyzyň lowurdama hadysasynyň birwagt tamamlanandygyna garamazdan, Leňneç görnüşli dumanlygyndan täze relýatiwistik elektronlaryň gelip durmasynyň nämäniň hasabyna bolup geçýänligi, çözülmek meseleleriň biridi. Täze obýektleriň-pulsarlaryň açylmagy bilen bu mesele çözüldir.

Pulsarlar. 1967-nji ýylda Kembrijde (Angliýa) nokatlaň çeşmelerden, biri-biriniň yzyndan tertipli gelýän, takyk impulslar görnüşli kosmos radioşöhlenenmesi hasaba alyndy (200-nji çyzgy). Bular ýaly çeşmeleriň aýry impulsynyň dowamlylygy birnäçe millisekuntdan başlap sekundyň ondan bir ülüşlerine ýetip bilýär. Impulsalaryň curt-kesikligi we olaryň ýokary takyklyk bilen gaýtalanmagy, *pulsarlar* diýip atlandyrylan bu obýektleriň, ýokary takyklyk bilen pulsirleme periodyny kesgitläp bolýar. Pulsarlaryň biriniň periody $1,337301133s$ deňdir. Beýlekileriniň periodlary



200-nji çyzgy. Leňneç görnüşli dumanlygynyň merkezindäki NP0531 pulsaryň impulsalarynyň dürli spektral çäklerdäki şekili.

0,03-den 4 sekunt aralygyndadyr. Häzirki wagta çenli belli bolan pulsarlaryň hemmesi, tolkun uzynlygynyň artmagy bilen intensiwligi curt-kesik artýan, tolkun uzynlyklaryň giň çäklerinde güýçli polýarlanan radioşöhlenenmäni berýärler. Bu bolsa şöhlenenmäniň ýylylyk däl tebigatynyň bardygyny görkezýär. Pulsarlaryň köpüsine çenli uzaklygy kesgitlemek başardandyr we ol ýüzden mün parsege çenli ululyklara deňdir.

Şeýlelikde olar biziň Galaktikamyza degişli bolan, uzakda bolmadyk obýektlerdir.

NP 0531 bellik bilen bellemek kabul edilen pulsar Leňneç görnüşli dumanlygynyň merkezindäki ýyldyzjyklaryň biri bilen takyk gabat gelýär. Ýörite geçirilen gözegçilikler, bu ýyldyzyň optiki şöhlenenmesiniň hem edil şol period bilen üýtgeýändigini görkezendir (200-nji çyzgy). Impulsda ýyldyz 13^m ululyga ýetýär, olaryň aralygynda bolsa ol görünmeýär (201-nji çyzgy). Edil şular

ýyldyz assosiasiyalary diýip atlandyrylýan, aýratyn ýyldyz toparlary açylandyr. Olaryň düzümine ýyldyzlaryň kesgitli görnüşleri girýär, olaryň ýyldyz dykzlygy, Galaktikada şol görnüşli ýyldyz dykzlygynyň orta bahasyndan ýeterlik uludyr.

Assosiasiyalaryň iki görnüşü bellidir. Birinji görnüşü *O*-dan *B2*-ä çenli irki spektral toparlaryň ýyldyzlaryny özünde saklaýan *O*-assosiasiyalar. Olaryň ölçegleri onlarça we yüzlerçe parseklere deň bolup, seçelenen ýyldyz üşmeklerinden hem birnäçe esse uludyr.

206-njy çyzgy. M3 şar görnüşli ýyldyz üşmegi üçin reňk-görünýän ýyldyz ululygy diagrammasy.

Ikinji görnüşüň düzümine *T* Öküzçe görnüşli ýyldyzlar girýär we şol sebäpli olara *T*-assosiasiyalar diýilýär.

§157. Ýyldyzlaryň giňişlikdäki tizlikleri we Gün sistemasyň hereketi

Eger ýyldyzyň bir ýylda duganyň sekuntlarynda aňladylan hususy hereketi μ we parseklere aňladylan uzaklygy r belli bolsa, onda ýyldyzyň giňişlikdäki tizliginiň görüň tekizligine bolan proyeksiýasyny hasaplamak mümkindir. Bu proyeksiýa V_t tangensial tizlik diýilýär we

$$V_t = \frac{\mu'' r}{206265''} \text{ ps / yyl} = 4,74 \mu r \cdot \text{km / s} \quad (11.3)$$

formula boýunça hasaplanýar.

töweregidir. Uly ýagtylanyjylygy bolany sebäpli şar görnüşli üýşmekler biziň Galaktikamyzda uzak aralyklardan görünýärler. Şonuň üçin olaryň göseçilik edilýän sany (100-den gowrak) bu obýektleriň Galaktikadaky umumy sanyna golaýdyr.



205-nji çyzgy. Gerkules ýyldyz toparyndaky şar görnüşli ýyldyz üýşmegi.

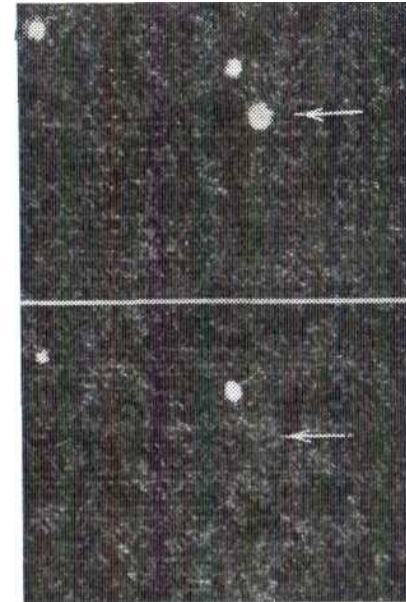
Şar görnüşli üýşmekler bize ýakyn ýerleşen beýleki galaktikalarda (mysal üçin, Magellanyň bulutlary, Andromeda dumanlygy) hem tapylandyr. Şar görnüşli ýyldyz üýşmekleriniň giňişlik boýunça paýlanyşy, olaryň seçelenen üýşmeklerden tapawutlykda, sferik düzüjini emele getirýändiglerini we Galaktikanyň merkezine konsentirlenýändiglerini görkezýär.

Şar görnüşli ýyldyz üýşmekleri üçin reňk-görünýän ýyldyz ululygy diagrammanyň aýratyn görnüşi bardyr (206-njy çyzgy).

Diagrammada şar görnüşli üýşmekler üçin häsiýetli bolan gorizonta şaha, esasy yzygiderlik bilen birleşýän äpetler şahasy we Gerssprung-Ressel adaty diagrammasyndakydan kiçi ýagtylanyjylyklardan başlanýan esasy yzygiderligiň özi has aýdyň görünýändirler. Şar görnüşli ýyldyz üýşmeklerinde köplenç üýtgeýän ýyldyzlaryň ýeterlik mukdary, esasan hem bu obýektlere çenli uzaklygy kesgitlemäge mümkinçilik berýän RR Lira görnüşli ýyldyzlar bardyr.

1947-nji ýylda ermeni alymy W.Ambarsumýan tarapyndan

ýaly pulsirlmä, bu çeşmäniň kuwwaty optiki şöhlelenmäniň kuwwatyndan 100 esse uly bolan, rentgen şöhlelenmesi hem sezewar bolýar. Pulsarlaryň birisiniň bular ýaly adaty däl emele gelmäniň, Leňneç görnüşli dumanlygyň merkezi bilen gabat gelmesi, aşatäze ýyldyzlaryň lowurdamadan soň öwrülýän obýektleriniň şular bolmalydygy baradaky pikiri döredýärler. Häzirki çaklamalara görä, aşatäze ýyldyzyň lowurdamasy, ondaky mümkin bolan ýadro çeşmeleriniň energiýasy harçlanyp bolandan soň, onuň aşadykz ýagdaýa geçende, örän köp mukdarda energiýanyň bölünip çykmasy bilen baglanyşyklydyr.



201-nji çyzgy. NP0531 pulsar (pulsar peýkam bilen görkezilen).
Yokarky suratda pulsar görünýär, aşakyda görünmeýär.

Ýeterlik massiw ýyldyzlar üçin has durnukly ýagdaý, protonlaryň we elektronlaryň birleşip, neýtron ýyldyz diýilýän emele gelmäni döretmekleridir. Eger aşatäze ýyldyzlaryň lowurdamasy hakykatdan hem şular ýaly obýektleriň emele gelmegi bilen tamamlanýan bolsa, onda pulsarlaryň neýtron ýyldyz bolmagy gaty mümkindir. Eger şeýle bolsa, onda massasy $2M_{\odot}$ bolan emele gelmäniň radiusy 10km töweregi bolmalydyr. Bular ýaly ölçeglere çenli gysylmanyň netijesinde maddanyň dykzlygy ýadronyň dykzlygyndan hem ýokary bolýar, ýyldyzyň aýlanmasy

bolsa hereket mukdarynyň momentiniň saklanma kanunyna laýyklykda, sekuntda onlarça aýlaw çenli çaltlaşýar. Yzygider impulslaryň wagt aralygy neýtron ýyldyzyň aýlanma periodyna deňdir. Onda pulsirleme bu ýyldyzlaryň üstünde birhilli dällikleriň, özboluşly gyzygyn tegmilleriň bolmagy bilen

düşündürilýär. Bu ýerde “üst” barada aýtmagyň manysy bardyr, sebäbi bular ýaly örän ýokary dykzlyklarda madda häsiýetleri boýunça gaty jisime ýakyndyr.

Käbir pulsarlaryň aýlanma periodynyň haýallyk bilen ulalmasy (10^3 - 10^7 ýylda iki esse) anyklanandyr we ol pulsaryň özi bilen bagly bolan, magnit meýdanynyň tormozlaýjy täsiri netijesinde, aýlanma energiýasynyň şöhlelenmä geçmegi bilen baglydyr.

Şonuň bilen bir hatarda periodyň duýdansyz kiçelmesi gözegçilik edilýär we ol ýyldyz sowadygyça, wagtal-wagtal bolýan, onuň üstüniň üýtgemegini, täzedan gurulmagyny suratlandyrýar.

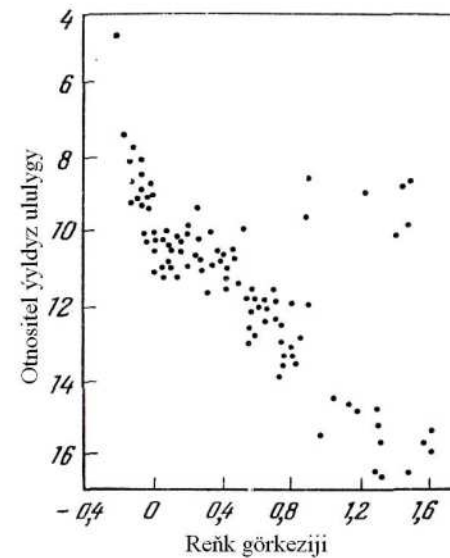
Neýtron ýyldyzlar Leňneç görnüşli dumanlyga meňzeşlikde, özlari bilen baglanyşykly bolan dumanlyklara mydama gelip durýan, energiýasy köp bolan bölejikleriň çeşmesi bolup hyzmat edýän bolmagy mümkindir.

§152. Rentgen şöhlelenmeleriň çeşmeleri

1962-nji ýyldan bäri 100-den köpräk rentgen şöhlelenmeleriň çeşmeleri-biziň Galaktikamyza degişli rentgen ýyldyzlary açylandyr. Rentgen ýyldyzlar belgilenende ilki bilen ýerleşen ýyldyz toparynyň ady, soňra rentgen şöhlelenmesini aňladýan X latyn harpy (iks-şöhleler) we bu obýektiň ýyldyz toparyndaky tertip belgisi ýazylýar.

Häzirki wagtda rentgen şöhlelenmeleriniň çeşmeleriniň 10-a golaýynyň düzüjileriniň biri adaty ýyldyz, beýlekisi bolsa jebis obýekt, ýagny rentgen ýyldyz ýa-da pulsar bolan, goşa ýyldyz sistemadygy bellidir (olaryň käbirisi rentgen tolkunlarynyň çäginde tutulma-üýtgeýän sistemalarydyr). Rentgen ýyldyzlaryň ýagtylanyjylygy $L_x \approx 10^{29}$ - $10^{31} Wt$ ululyklar bilen bahalandyrylýar. Energiýanyň spektr boýunça paýlanyşy bu obýektleriň hemmesi üçin birmeňzeşdir we şöhlelenmäniň çalt üýtgemesi (0,1 sekuntadan kiçi) mahsusdyr. Çaklamalara görä, rentgen ýyldyzlaryň köpüsi jebis goşa sistemadyr we olaryň käbirleriniň aýlanma periody birnäçe gije-gündize deňdir. Bu sistemalaryň

görnýär. Köp ýagdaýlarda äpetleriň şahasy ýokdur ýa-da ýok diýen ýalydyr (204-nji çyzgy). Üýşmegiň hemme ýyldyzlary diýen



204-nji çyzgy. NGC 2254 seçelenen ýyldyz üýşmegi üçin reňk-ýagtylanyjylyk diagrammasy.

ýaly şol birdeň uzaklykda ýerleşýändigleri üçin, onuň reňk-görnýän ýyldyz ululygy diagrammasy adatydan wertikal ok boýunça uzaklyk modulynyň ululygyna süýşen bolýar. Ýagtylygyň ýyldyzara siňdirilmesiniň täsiri netijesinde bolsa gorizonta ok boýunça süýşen bolýar. Diagrammada “öz” ýerine düşmedik ýyldyzlar üýşmege degişli däl bolmagynyň mümkindigi aýdyňdyr. Bu ýyldyzlaryň üýşmege degişlidigini, olaryň hususy hereketlerini we üýşmegiň hemme ýyldyzlary üçin takmynan

birmeňzeş bolmaly şöhle tizliklerini öwrenip, barlap bolýar. Üýşmege degişli ýyldyzlary belläp, esasy yzygiderligiň normal ýagdaýyny tapyp, uzaklyk modulyny, ýagny ýyldyz üýşmegine çenli uzaklygy alarys.

Ýyldyz üýşmegine çenli uzaklygy kesgitlänimizden soň, üýşmegiň çyzykly ölçeglerini hasaplamak ýeňildir. Seçelenen üýşmekleriň köpüsiniň çyzykly ölçegleri 2-den 20-i parsek aralyklaryndadyr.

Seçelenen ýyldyz üýşmeklerinden tapawutlylykda, şar görnüşli ýyldyz üýşmekleri düzümine girýän ýyldyzlaryň köplügi bilen, ýyldyzlaryň merkeze tarap güýçli konsentirlenýändigleri sebäpli, takyk sferik ýa-da elliptik görnüşleri bilen, gurşap alan fondan güýçli tapawutlanýarlar (205-nji çyzgy).

Şar görnüşli üýşmekleriň diametriniň orta bahasy 40ps

getirip, Galaktikanyň merkezinden kesgitli uzaklyklarda ýerleşýändiklerini bellemek wajypdyr. Biziň Galaktikamyzyň spiral görnüşli gurluşyny, onda diffuz maddanyň we magnit meýdanynyň paýlanylyşyny öwrenmegiň netijeleri hem tassyklaýar.

§156. Ýyldyz üýşmekleri we assosiasialary

Ýyldyz üýşmegi diýip, özara dinamiki baglanyşygy bolan obýektleriň köp sanyny özünde saklaýan, öz görnüşini we ýyldyz düzümi boýunça tapawutlanýan ýyldyzlaryň toparyna aýdylýar. Ýyldyz üýşmekleri daşky görnüşleri boýunça iki topara bölünýärler: düzüminde ýüzlerçe ýyldyzlary saklaýan, seçelenen üýşmekler we düzüminde onlarça we ýüzlerçe mün ýyldyzlary saklaýan, şar görnüşli, togalak üýşmekler.

Seçelenen ýyldyz üýşmekleri Galaktikanyň tekizliginiň ýakynynda gabat gelýärler. Günden birnäçe kiloparsek radiusda bular ýaly obýektleriň 800-den gowragy bellidir. Has uzakdaky seçelenen üýşmekleri tapmak, ýüze çykarmak çylşyrymlydyr. Belli bolan seçelenen üýşmekleriň tutýan çäkleriniň Galaktikanyň umumy göwrüminiň haýsy bölegine, uluşine deňdigini bilip, biziň ýyldyz sistemamyzda jemi onlarça mün seçelenen üýşmekleri bolmalydyr diýip, çen tutmak bolar. Olardan iň bellileri, bizden 130ps uzaklykdaky Pleýady seçelenen ýyldyz üýşmegi we 40ps uzaklykdaky Giady seçelenen ýyldyz üýşmegidir.

Üýşmege degişli ýyldyzlary asmanyň şol bir çäklerine tötänleýin proyektirlenýän meýdanyň ýyldyzlaryndan tapawutlandyrmak, aýyrmak üçin, spektr-ýagtylanyjylyk diagramma gurulýar. Ýyldyz üýşmegi üçin adaty reňk-görünýän ýyldyz ululygy diagramma gurulýar. Bu diagrammanyň oklary boýunça reňk görkezijisi (spektral toparlaryň ýerine) we absolyt ýyldyz ululygyndan üýşmegiň ýyldyzlarynyň hemmesi üçin birmeňzeş tapawudy bolan, görünýän ýyldyz ululygy goýulýar.

Seçelenen ýyldyz üýşmekleri üçin Gerssprung-Ressel diagrammasynda düzgün boýunça, esasy yzygiderlik gowy

esasy düzüjileriniň özleriniň Roşuň kritiki boşlygyny doldurýandyklary anyklanandyr. Eger beýle bolsa, onda sistema Lagranžyň içki nokadynyň üstünden ikinji düzüjä tarap ugrukdyrylan maddanyň akyp geçmesi bolýar. Goşa sistemanyň ikinji düzüjisi, massasy Günüň massasy bilen deňrāk bolan, ýöne radiusy bary-ýogy 10km deň bolan, neýtron ýyldyz bolmaly diýip çaklanylýar. Neýtron ýyldyzyň üstüne ugrukdyrylan gaz akymy onuň bilen duşuşma pursatynda 100000km/s töweregi tizlige eýe bolýandyr. Ýyldyzyň üstüne bir gramm maddanyň gaçmagy netijesinde 10^{13} joule energiýa rentgen tolkun uzynlyklarynda bölünip çykýar. Rentgen ýyldyzyň $L_x \approx 10^{30} \text{ Wt}$ ýagtylanyjylygyny üpjün etmek üçin, onuň üstüne her sekuntda bary-ýogy 10^{14} kg töweregi gazyň gaçmagy ýeterlikdir.

Eger-de neýtron ýyldyzyň kuwwatly magnit meýdany bar bolsa, onda ol gaçýan maddany magnit polýuslarynyň çäklerine ugrukdyrýar. Bu ýerde emele gelýän “gyzgyn menekler” ahyrky netijede rentgen pulsaryň döremegine getirip bilýärler.

Bular ýaly iki pulsar gowy öwrenilendir. Olaryň biri, pulsirleme peridy 1,2378 sekunda deň bolan, Gerkules X-1 rentgen şöhlelenmesiniň çeşmesidir. Optiki üýtgeýän HZ Gerkules ýyldyzy bilen bu pulsar goşa sistemany düzýär we onuň aýlanma peridy 1,7 gije-gündize deňdir. Bu wagtyň dowamynda üýtgeýän ýyldyzyň ýalpyldysy 13^m -den 15^m -e çenli aralyklarda üýtgeýär. Optiki ýyldyzyň ýalpyldysynyň üýtgemesi onuň öz okunyň daşyndan 1,7 gije-gündize deň bolan period bilen aýlanýanlygy, şeýle hem onuň rentgen şöhlelenmesiniň çeşmesine tarap bakýan ýarymsferasynda gyzgyn menegiň barlygy bilen düşündirilýär. Bu menek neýtron ýyldyzyň rentgen şöhlelenmesi tarapyndan gyzdyrylmagy netijesinde döreyändir. Her 36 gije-gündiziň diňe 12 gije-gündizinde pulsar gözegçilik edilýändir. Galan 24 gije-gündiz rentgen şöhlelenmesiniň akymy kabul ediji enjamlaryň duýgurlyk derejesinden pesdir. Neýtron ýyldyzyň presession hereketi sebäpli, bu wagtyň dowamynda Ýer pulsaryň şöhlelenmesiniň ugrukdyryş diagrammasyndan çykýan bolmalydyr. HZ Gerkules ýyldyzyň massasy Günüň massasyndan birazrak uludyr, radiusy bolsa $2R_\odot$ deň, pulsaryň massasy

takmyňan $1M_{\odot}$ deňdir.

Sentawr X-3 pulsar hem goşa sistemanyň düzüjisidir. Orbitasy boýunça aýlanma periody 2,087 gije-gündize deň, rentgen şöhlelenmesiniň impulslarynyň periody $P=4,84s$. Rentgen şöhlelenmesiniň çeşmesi ýyldyz ululygy 13^m bolan spektral goşa ýyldyza deňeşdirildi. Sistemanyň spektrini öwrenip, optiki ýyldyzyň massasynyň takmyňan $15M_{\odot}$, radiusynyň bolsa $7,2R_{\odot}$ deň bolmaly diýlen netijä gelinendir. Goşa sistemany düzüjisi-rentgen şöhlelenmesiniň çeşmesiniň massasy Güňüň massasyna deňräk bolan neýtron ýyldyzydyr.

NP 0532 pulsar hem, $0,033s$ deň bolan periodynyň dowamynda rentgen tolkun uzynlyklarda intensiwlikleri deň bolan iki sany lowurdamasy gözegçilik edilýän, rentgen şöhlelenmesiniň çeşmesidir. Hasaplamalara görä bu pulsar energiýanyň in köp mukdaryny (takmyňan $10^{29}Wt$) rentgen tolkunlarynda şöhlelendirýär, optiki tolkunlarda takmyňan 200 esse, radiotolkunlarda bolsa ondan hem ýüz esse azdyr.

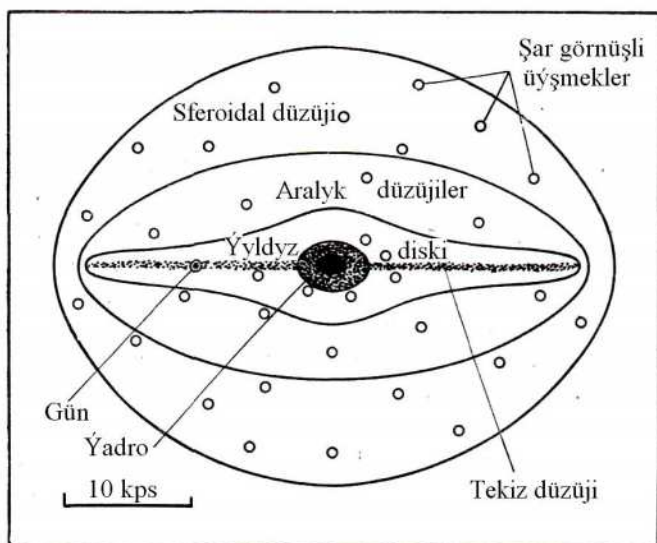
Galaktikanyň obýektleriniň esasy köplügi ýuka tekiz gatlagyň çägendäki giňişligi eýeleýändirler. Bu obýektlere O we B irki spektral toparlaryň ýyldyzlary, şar görnüşli ýyldyz üşmeklerine degişli bolmadyk sefeidler, ikinji görnüşe degişli aşatäze ýyldyzlar, seçelenen ýyldyz üşmekleri, ýyldyz assosiasýalary we garaňky (tozan) dumanlyklar degişlidirler. Bu obýektleriň hemmesi Galaktikanyň tekiz düzüjisini (podsystemasyny) emele getirýär diýip hasaplanýar. Oňa tarap, ýyldyz diskini emele getirýän, ýyldyzlaryň esasy köplügi konsentrirlenýändir. Adatça olaryň hemmesi diýen ýaly ýaş obýektlerdir.

Eger bütün Galaktikadan beýleki käbir obýektleri, mysal üçin, RR Lira görnüşli ýyldyzlary, W Gyz we μ Sefeýa, birinji görnüşe degişli aşatäze, subkarlik ýyldyzlary we şar görnüşli ýyldyz üşmeklerini tapawutlandyrsak, onda olaryň hemmesiniň, Galaktikanyň tekizligini diametral kesýän, ellipsoidiň göwrümini eýeleýändigini görmek bolar. Şonuň üçin sanalan obýektlere Galaktikanyň sferoidal (kämahal sferik hem diýilýär) düzüjisi (podsystemasy) diýilýär. Sferoidal düzüjiniň obýektleriniň has aýdyň ýüze çykyan, Galaktikanyň merkezine konsentrirlenmesi bardyr.

Galaktikanyň galan obýektleri, mysal üçin, täze ýyldyzlar, RV Öküzçe ýyldyzlar, uzakperiodly üýtgeýänler, ak karlikler, C we S spektral toparlaryň ýyldyzlary, şeýle hem planetar dumanlyklar azda-kände gysylan, süýnmek ellipsoidleriň çäklerinde ýerleşýändirler. Olary aralyk düzüjä degişli edýärler, sebäbi olaryň ýerleşen ellipsoidleriniň çäk ýagdaýlary bolup tekiz düzüji ýa-da sferoidal düzüji hyzmat edýärler.

Bu üç düzüjileriň hemmesine degişli obýektler özleriniň kinematiki häsiýetnamalary, ýagny hususy tizlikleriniň orta bahalary boýunça hem tapawutlanýandyrlar. Has gyzgyn atmosferada gazyň uly beýikliklere galşyna meňzeşlikde, Galaktikada hem çalt hereket edýän obýektler çalarak gysylan ellipsoidiň göwrümini eýeleýärler. Netijede käbir obýektleriň (mysal üçin, O we B toparlaryň gyzgyn ýyldyzlary) Galaktikanyň tekizliginiň hemme ýerinde gabat gelmeýändiklerini, Andromeda dumanlygynyň gurluşyna meňzeşlikde, spiral görnüşü emele

konsentrlenýändir. Ikinji özboluşlyk Galaktikanyň merkezi, ýadro ýa-da *Galaktikanyň merkezi goýulanmasy* diýilýän bölegine ýakynladygymyzça güýçlenýändir.



203-nji çyzgy. Galaktikanyň gurluşy.

Ýyldyz dykzlygynyň düýpli kemelmesi bolup geçýän uzaklyklary kesgitläp, Galaktikanyň ölçegleri barada düşünje alýarys, Günün takmynan ýerleşen çäginä anyklaýarys. Günün Galaktikanyň merkezinden $10000ps$ ($10kps$) uzaklykda ýerleşendigi, Galaktikanyň çäginin Günden hem $5000ps$ aňyrdä ýerleşendigi anyklanandyr. Şeýlelikde, Galaktikanyň diametri takmynan $2 \cdot (10000 + 5000)ps = 30000ps$ ýa-da $30kps$ deňdir. Galaktikanyň ölçeglerini ondan takyk görkezip bolmaýar, sebäbi onuň merkezinden uzaklaşdygymyzça ýyldyz dykzlygy ýuwaş-ýuwaşdan kemelýär we curt-kesik araçäk ýokdur.

Gün Galaktikanyň tekizliginiň ýakynynda, ondan demirgazyk tarapda, takmynan $10ps$ uzaklykda ýerleşendir.

Galaktikany öwrenmekde indiki ädim, hasaplama usulyny dürli görnüşli obýektlere, olaryň Galaktikada paýlanyşyny öwrenmek maksady bilen ulanmakdyr.

XI bap. BIZIŇ GALAKTIKAMYZ

§153. Biziň Galaktikamyza degişli ýyldyzlar

Aýsyz, açyk dury gije, şäher çyralarynyň ýagtysyndan uzakda gözegçilik edilende ýyldyzly asman örän owadan, özüne çekiji we täsin bolup görünýär. Bütün asmanda uly aýlawyň dugasynyň ugry boýunça geçýän kümüşreňk ýagty giň zolaga Akmaýanyň ýoly diýilýär. Teleskopda gözegçilik edilende bu ýagty zolagyň ummasyz köp sanly ýyldyzlaryň toplumlarydygyny görmek bolýar. Bu ýyldyzlaryň hemmesi, 100000 milliarddan hem gowrak mukdarda, Äpet ýyldyz sistemasyny-Galaktikany emele getirýärler.

Ýyldyzlaryň köpüsi ýyldyz üşmekleri diýilýän toparlary döredýärler Bize ýakyn ýerleşen Pleýada we Giada ýyldyz üşmekleri gowy bellidir

Galaktikada ýyldyzlardan we ýyldyz üşmeklerden başga, düzüminde uly bolmadyk gaty bölejikleriň-tozanjyklaryň garyndysy bolan, seýreklendirilen gazyň örän köp mukdary bardyr. Akmaýanyň ýolunyň käbir ýerlerinde bu maddanyň dykzlygy güýçli artýandyr we ol ýerlerde diffuz gaz-tozan dumanlyklary döreýärler. Gyzgyn ýyldyzlaryň ýanynda olar ýagtylanýarlar (ýagty dumanlyklar), olardan uzakda bolsa garaňky bolup galýarlar we ýagtylygy siňdirýändigleri sebäpli, Akmaýanyň ýolunyň ýagty çäkleriniň fonunda görünýärler (garaňky tozan dumanlyklary).

Bulardan başga-da, Galaktikada örän köp mukdarda, aşa uly energiýalary bolan we ýagtylygyň tizligine ýakyn tizlikler bilen hereket edýän elementar bölejikler-kosmik şöhleler bardyr.

Gün sistemasy Galaktikanyň içinde, ýöne merkezinden uzakda ýerleşendir. Galaktikanyň köp ýerleri bizden örän äpet uzaklyklarda, ýagny 25 müň parsek uzaklyklarda ýerleşendirler. Şunlukda, Akmaýanyň ýolunyň çäklerinde, optiki usullar bilen diffuz sredanyň 3 kiloparsekden aňrysny gözegçilik etmäge mümkinçilik bermeyändigini hasaba alsak, onda Galaktikanyň gurluşyny öwrenmegiň çylşyrymlylygy we onuň umumy görnüşini

göni göz önüne getirip bolmaýanlygy aýdyň bolar.

Indiki bölümlerde biz bulara meňzeş bolan birnäçe başga obýektlere serederis (galaktikadan daşary dumanlyklar ýa-da galaktikalar). Olar hem edil biziň ýyldyz sistemamyz ýaly, örän köp sanly ýyldyzlardan we tozan-gazyň köp bolmadyk mukdaryndan (massasy boýunça 1-2%) ybaratdyr. Galaktikadan daşary dumanlyklary öwrenip, biziň Galaktikamyznyň hem daşyndan seredilende nähili görnüşiniň bolmalydygyny göz önüne getirip bolar. 202-nji çyzgyda, belli we bize ýakyn bolan, biziň ýyldyz sistemamyz ýada salýan galaktika-Andromeda dumanlygy şekillendirilendir.



202-nji çyzgy. Andromeda dumanlygy.

biziň ýyldyz sistemamyznyň dowamlylygyna, ýagny uzaklygyna baha berip bileris. Netijede, Galaktika çäklenen bolýar.

Ýazgysy getirilen prinsip, has çylşyrymly meseläniň, hakykatda ýyldyzlaryň dürli ýagtylanyjylyklarynyň bardygyny, gözegçilikleriň bolsa ýagtylygyny ýyldyzara siňdirilmesi sebäpli güýçli ýoýulýandygyny hasaba alýan çözüwiniň esasy düzüýändir. Giňişligiň berlen çäklerinde bar bolan dürli ýagtylanyjylykly ýyldyzlaryň mukdaryny häsiýetlendirmek üçin $\varphi(M)$ ýagtylanyjylyk funksiýasy girizilýär. Bu funksiýa ýyldyzlaryň umumy sanyndan näçesiniň M -den $M+1$ -e çenli absolyt ýyldyz ululygynyň bardygyny görkezýär.

Eger bize ýagtylanyjylyk funksiýasy belli bolsa, onda matematiki çylşyrymlylygyna garamazdan, dürli uzaklyklarda ýyldyz dykzlygyny kesgitlemek, birmeňzeş ýyldyz ululyklary üçin ýazgysy getirilen ýagdaýdan düýpli tapawutlanmazdy.

Hakykatda ýyldyz astronomiýasynda has uly çylşyrymlyklar bilen iş salyşmaly bolýar we ýyldyzlary hasaplamalaryň netijeleriniň esasynda ýagtylanyjylyk funksiýasyny, şeýle hem berlen ugurda ýyldyz dykzlygynyň uzaklyga baglylygyny tapmaly bolýar.

Dürli uzaklyklarda we dürli ugurlarda ýyldyz dykzlygyny bilip, Galaktikanyň gurluşyny, düzümini göz önüne getirip bolýar.

203-nji çyzgyda Galaktikanyň umumy düzüminiň shemasy getirilen. Ondan görnüşi ýaly, hakykatdan hem ol gysylan, süýnmek, Galaktikanyň tekizligi diýilýän, esasy tekizlige görä simmetrik bolan sistemadyr. Esasy tekizligiň asman sferasy bilen kesişýän uly aýlawyna *galaktik ekwator* diýilýär. Ol Akmaýanyň ýolunyň orta çyzygy bilen gabat gelýär diýen ýalydyr. Bu sistemanyň merkezi-Galaktikanyň merkezi-Gün sistemasyndan gözegçilik edilende Abdalgolak ýyldyz toparyna, koordinatalary $\alpha=265^0$ we $\delta=-29^0$ bolan nokada proýektirlenýär. Galaktikanyň merkezine tarap ugurda, şeýle hem Galaktikanyň tekizligine ýakynladygymyzça ýyldyz dykzlygy artýandyr.

Şeýlelikde, ýyldyzlaryň Galaktikada paýlanylyşynda anyk iki özboluşlyk görünýär. Birinjiden, galaktiki tekizlige tarap örän güýçli konsentirlenýändir; ikinjiden, Galaktikanyň merkezine

netijesi bolardy. Hakykatdan-da, görüňän ýyldyz ululygy m -e deň ýa-da kiçi bolan, asmanyň käbir çägene proyektirlenýän hemme ýyldyzlar, radiusy (10.6) formula boýunça

$$\lg r_m = 1 + 0,2(m - M)$$

kesgitlenýän, şar sektorynyň içinde ýerleşýändir. Bu ýerde biz hemme ýyldyzlaryň M absolýut ýyldyz ululyklary birmeňzeş diýip hasaplapdyk. Edil şuna meňzeş aňlatmany, görüňän ýyldyz ululyklary $m+1$ -den uly bolmadyk ýyldyzlaryň ýerleşýän şar sektorynyň radiusy üçin hem alarys. Olary biri-birinden aýryp,

$$\text{alarys: } \lg \frac{r_{m+1}}{r_m} = 0,2.$$

Ýyldyz dykzlygy hemişelik bolanda ýyldyzlaryň sany giňişligiň göwrümüne, ýagny radiusyň kubuna proporsional bolmalydyr. Şonuň üçin:

$$\lg \frac{N_{m+1}}{N_m} = 0,6. \quad (11.1)$$

ýa-da

$$\frac{N_{m+1}}{N_m} = 4 \quad (11.2)$$

Emma gözegçiliklerden hakykatda ýyldyzlaryň sany m -iň ulalmagy bilen beýle çalt artmaýar, ýagny m -iň uly bolmadyk bahalary üçin N_{m+1}/N_m gatnaşyk 3-e ýakyn we m -iň ulalmagy bilen ol kemelýär, hem-de 17^m ululykly ýyldyzlar üçin takmynan 2-ä deňdir.

Eger-de hemme ýyldyzlaryň yagtylanyjylyklary birmeňzeş bolan bolsadylar, onda gözegçilik edilýän N_{m+1}/N_m gatnaşyk boýunça Günden daşlaşdygymyzça ýyldyz dykzlygynyň üýtgemesini kesgitlemek ýeňil bolardy. Hakykatdan hem, $N_{m+1}/N_m=4$ bolanda, uzaklygyň 1,6 esse ulalmagy bilen (ýyldyz ululygynyň m -den $m+1$ -e geçmegine deň) ýyldyz dykzlygy hemişelik bolardy, $N_{m+1}/N_m=3$ bolanda bolsa ýyldyz dykzlygy 3:4 gatnaşykda kemelerdi. Gözegçilik edilýän N_{m+1}/N_m gatnaşyk Günden islendik berlen ugur boýunça uzaklaşdygymyzça, ýyldyz dykzlygynyň kemelýändigini görkezýär. Eger bu ugurda yagtylygyň ýyldyzlara siňdirilmesi ujypsyz bolsa, onda bu ugurda

§154. Ýyldyzlara çenli uzaklyklary kesgitlemek

Ýyldyzlaryň asmanda görüňän ýagdaýlaryndan olaryň giňişlikde hakyky paýlanylyşyna geçmek üçin olara çenli uzaklygy bilmek hökmanydyr.

Ýyldyzlara çenli uzaklygy kesgitlemegiň gös-göni usuly olaryň ýyllyk parallaksalaryny ölçemektir (§57-59). Emma bu usulyň kömegi bilen diňe ýakyn ýyldyzlaryň parallaksalary kesgitlenip biliner. Hakykatdan hem, astronomik usullaryň kömegi bilen ölçäp bolýan burç ululygynyň çägi takmynan $0'',01$ deňdir.

Eger gözegçilikleriň netijesinde ýyldyzyň kesgitlenen parallaksy $\pi=0'',02 \pm 0'',01$ deň bolsa, onda oňa çenli bolan uzaklyk

$$r = \frac{1}{\pi'''} (ps)$$

formula boýunça 30-dan 100 ps çenli çäklerde bolar. Bu bolsa parallaks kesgitlenendäki mümkin bolan ýalňyşlyklaryň çäklerindedir. Bu ýerden görnüşi ýaly, bizden birnäçe parsek uzaklykda ýerleşen, gaty uzakda bolmadyk obýektlere çenli uzaklyklar azda-kände ygtybarly kesgitlenýändir. Mysal üçin, bize ýakyn bolan ýyldyzlaryň birine (α -Sentawr) çenli 1,33ps deň bolan uzaklyk 2%-den kiçi ýalňyşlyk bilen kesgitlenendir. Emma bizden 100ps -den daşda ýerleşen ýyldyzlaryň uzaklyklary kesgitlenende göýberilýän ýalňyşlyk, kesgitlenýän ululygyň özünden uly bolýar we bu ýagdaýlar üçin trigonometrik usul ulanarlyk däl. In gowy ýagdaýda ol uzaklygyň birnäçe yüz parsekden uludygy barada netije çykarmaga mümkinçilik berýär. Häzirki wagtda trigonometrik usul bilen 6000 töweregi ýyldyzyň parallaksy ölçenendir.

Haçan-da başga usullar bilen ýyldyzyň yagtylanyjylygy kesgitlenen bolsa, onda olara çenli uzaklygy kesgitläp bolar, sebäbi görüňän we absolýut ýyldyz ululyklarynyň arasyndaky tapawut uzaklyk modulyna deňdir, ýagny (10.6) formula görä:

$$\lg r = 1 + 0,2(m - M).$$

Uzaklyk moduly ýyldyz üýşmekleriniň düzümine girýän ýyldyzlar üçin has ygtybarly kesgitlenýändir. Emma şonda, gözegçiliklerden kesgitlenýän görüňän ýyldyz ululyklarynyň,

ýagtylygyny ýyldyzara siňdirilmesiniň täsiri netijesinde, belli bir derejede ýoýulýandyklaryny göz önünde tutmak zerurdyr.

Ýyldyzlary ýagtylanyjylyklary boýunça toparlara bölmegiň esasyň düzýän, spektrleriň özboluşlygy absolýut ýyldyz ululygyny, şeýle hem uzaklyklary (*spektral parallaks*lar usuly) kesgitlemek üçin peýdalanylýp biliner.

Ýyldyz toplumynyň ýyldyzlarynyň parallaksalaryny kesgitlemegiň wajyp usuly olaryň hususy hereketlerini öwrenmeklige esaslanandyr (§83). Bu usulyň düýp manysy, ýyldyz näçe uzakda ýerleşdigiçe, onuň giňişlikdäki hakyky hereketiniň netijesinde asmanda görünýän orun üýtgetmesi bize sonçada kiçi bolup görünýänligindedir. Bu usul boýunça kesgitlenen parallakslara *orta parallaks* diýilýär. Ýyldyzlaryň toparyna çenli uzaklygy kesgitlemek üçin has takyk usul peýdalanylýar. Bu usul edil meteorlardaky ýaly, ýyldyzlaryň görünýän hususy hereketleriniň ugurlary dürli ýaly bolup görünýän hem bolsalar, hakykatda giňişlikde birmeňzeşdirler, olaryň umumy kesişme nokady umumy hereketiň tizliginiň hakyky ugruny-apeksi görkezýär. Ýyldyzlaryň in bolmanda biriniň v_r şöhle tizligi belli bolsa, onda

$$\pi = \frac{4,74\mu}{v_r \sin q}$$

formula boýunça, *toparlayyn parallaks* diýilýän, ýyldyz toplumlarynyň ýyllyk parallaksyny hasaplamaga mümkinçilik bardyr. Bu ýerde μ -ýyldyzyň hususy hereketi (§83), q -berlen ýyldyza we apekse tarap ugurlaryň arasyndaky burç. (3.4) gatnaşygy göz önünde tutup, bu formula ýeňil getirilip çykarylýar.

§155. Galaktikada ýyldyzlaryň paýlanylyşy

Ýyldyzlara çenli uzaklyklary bilmeklik, olaryň giňişlikde paýlanylyşyny, ýagny Galaktikanyň düzümini, gurluşyny öwrenmeklige mümkinçilik berýär. Galaktikanyň dürli böleklerindäki ýyldyzlaryň mukdaryny häsiýetlendirmek üçin, molekulalaryň konsentrasiýasy baradaky düşüňjä meňzeşlikde,

ýyldyz dykzlygy diýen düşüňje girizilýär. Ýyldyz dykzlygy diýip, giňişligiň göwrüm birligindäki ýyldyzlaryň mukdaryna aýdylýar. Göwrüm birliki diýip, adatça *1 kub parsek* kabul edilýär.

Ýyldyz dykzlygyny gös-göni Günün töwereklere üçin kesgitlemek ýeňildir, sebäbi bize ýakyn bolan ýyldyzlar üçin trigonometrik parallaksary ygtybarly kesgitlenendir.

Hasplamalaryň netijeleri Günün ýakynynda ýyldyz dykzlygy bir kub parsek göwrüme takmynan *0,06 ýyldyza* deňdir. Başga sözler bilen aýdanymyzda bir ýyldyza ortaça *16ps³* uly göwrüm ýetýär; ýyldyzlaryň arasyndaky ortaça uzaklyk bolsa *2,5ps* töweregidir.

Dürli ugurlarda ýyldyz dykzlygynyň nähili üýtgeýändigini bilmek üçin, asmanyň dürli ýerlerinde birlik meýdanda (mysal üçin, bir kwadrat gradusda) ýyldyzlaryň sanyny hasaplaýarlar.

Ilki bilen, orta çyzygy asmanda uly tegelek emele getirýän, Akmaýanyň ýolunyň zolagyna ýakynladygyňça, ýyldyzlaryň konsentrasiýasynyň güýçli ulalýandygyny bellemek zerurdyr. Tersligine, bu tegelegiň polýuslaryna ýakynlaşdygyňça ýyldyzlaryň konsentrasiýasy örän çalt kemelýär. Ýyldyzlaryň dykzlygynyň giňişlik boýunça üýtgemesiniň özboluşlygy, XVIII asyryň ahyrynda W.Gerşele biziň ýyldyz sistemamyzyň gysylan, süýnmek görnüşini bolmaly, özi hem Gün bu emele gelmähiniň simmetriýa tekizliginiň ýakynynda ýerleşen bolmaly diýip netije çykarmaga mümkinçilik berýär.

Eger ýyldyzlary hasaplanymyzda olaryň ählisini bir saparda sanaman, yzygiderlikde, görünýän ýyldyz ululyklarynyň her bir m bahasyna çenli, ýagny ilki bilen görünýän ýyldyz ululyklary $m < k$ bolan ýyldyzlaryň sanyny, soňra $m \leq k+1$ bolan ýyldyzlaryň N_{k+1} sanyny we ş.m. sanasak, onda ikinji wajyp netije çykaryp bileris. Onda, görünýän ýyldyz ululygynyň artmagy bilen, ýyldyzlaryň N_m sanynyň geometrik progressiýa boýunça artýandygy ýüze çykarylýar. Eger-de ýyldyz dykzlygy uzaklyk boýunça üýtgemeýän we ýyldyzlaryň hemmesiniň ýagtylanyjylygy birmeňzeş bolan bolsadylar, onda gowşak ýyldyzlaryň sanynyň bu artmasy, asmanyň şol bir çägene uzak aralyklardan proyektirlenýän çägiň geometrik ölçegleriniň ýönekeý artmasynyň

10^8 ýyl töweregi bolýar. Galaktikalaryň merkezi bölekleri, adatça şol bir burç tizligi bilen, ýagny gaty jisimler ýaly aýlanýarlar. Spiral galaktikalaryň aýlanma ugry spiral şahalaryň ýygnaýan, gysylýan ugry boýunça bolmalydyr.

Galaktikalaryň massalary. Galaktikalaryň massalary olaryň daşky bölekleriniň aýlanma tizlikleri esasynda kesgitlenýär. Massa çen bilen baha bermek üçin, bu aýlanma Kepleriň kanuny boýunça bolýar diýip hasaplaýarlar. Eger aýlanma hereketiniň çyzykly tizligini V bilen bellesek, onda merkeze ymtylýan we grawitasiýa tizlenmeleri deňläp, galaktikanyň massasynyň

$$M = \frac{RV^2}{f} \quad (12.2)$$

deňdigini alarys.

Eger aýlanmanyň tizliginiň merkeze çenli uzaklyga baglylygy belli bolsa, onda massanyň galaktikada paýlanylyşyny hasaplamak başardýandyр. Goşa galaktikalaryň massalary goşa ýyldyzlaryň massalary kesgitlenýän usullar boýunça, ýagny spektral çyzyklaryň dopler süýşmesi esasynda kesgitlenýän, olaryň oňnositel hereketleriniň tizlikleri boýunça bahalandyrylýar.

Edil ýyldyzlar üçin bolşy ýaly, galaktikalar üçin hem, massany kesgitlemek üçin ulanyp bolýan, massa bilen ýagtylanyjylygyň arasynda kesgitli arabaglanyşyk bardyr. Spiral we nädogry galaktikalar üçin massanyň ýagtylanyjylyga gatnaşygynyň Günüň ölçeg birliklerinde aňladylan ululygy l -den 10 -a çenli aralyklardadyр. Elliptik galaktikalar üçin bu gatnaşyk birnäçe onluga deňdir. Diýmek, galaktikalarda massanyň esasy bölegi massanyň ýagtylanyjylyga bolan gatnaşygy l -den uly bolan, giçki spektral toparlaryň ýyldyzlaryna degişlidir.

Gözegçilik edilýän galaktikalaryň köpüsiniň massalary 10^9 - 10^{12} Gün massasynyň çäklerinde ýerleşendir. Eger-de karlik sistemalary hasaba almasak, onda massanyň orta bahasy 10^{11} Gün massasyna ýa-da $2 \cdot 10^{44}$ g deňdir.

Bu hadysany mukdar taýdan häsiýetlendirmek üçin CE ýa-da E (color excess) *reňk artykmaçlygy* diýen düşünje girizilýär. Reňk artykmaçlygy berlen obýektiň gözegçilik edilýän reňk görkezijisi bilen onuň degişli bolan spektral toparynyň reňk görkezijisiniň tapawudyna aýdylýar.

Şöhlelenmäniň spektral düzüminiň üýtgemesi ýagtylygyň siňdirilmesini ýüze çykarýan şol bir madda tarapyndan ýüze çykarylýandyр. Ýagtylygyň siňdirilme hadysasy gök şöhleler üçin has güýçlidir, gyzyл şöhleler üçin bolsa gowşagrakdyр.

Bu şöhlelenmäniň spektriň dürli çäklerinde geçirilen mukdar taýdan ölçegleri, siňdirmäniň ululygynyň görünýän tolkun uzynlyklaryň çäklerinde şöhlelenmäniň tolkun uzynlygyna ters proporsionaldygyny görkezýär. Ýagtylyk bular ýaly gowşama, diametri takmynan ýagtylygyň tolkun uzynlygyna deňräk, ýagny orta bahasy

$$2r = 0,8mk,$$

kese-kesiginiň meýdany bolsa

$$\pi \cdot r^2 \approx 5 \cdot 10^{-9} sm^2$$

bolan, owunjak gaty bölejiklerden (tozanjyklar) ybarat bolan sredadan geçende sezewar bolýandyр.

Ýyldyzara sredanyň çäklerinde buzuň kristallaryna meňzeş gaty bölejikler, ýanmada döreýän gaza meňzeş önümlerden tüssäniň bölejikleriniň döreýşine meňzeşlikde emele gelip biler. Molekulýar birleşmeler, olaryň barlygyny spektral gözegçilikler tassyklaýar, ýyldyzara sredada wajyp orun eýeleýändirler.

Şular ýaly usul bilen döreýän tozanjyklaryň dykzlygy buzuň dykzlygyndan sähelçe az bolmalydyр, ýagny ony $\rho \approx 0,5g/sm^3$ hasaplap bolar. Ýokarda getirilen ölçegleri hasaba alyp, ýyldyzara tozanyň aýry bölejiginiň massasy

$$m = \frac{3}{4} \pi \cdot r^3 \rho \approx 10^{-13} g$$

bolmalydyр.

Kesgitli reňkiň şöhleleriniň, ýyldyz ululyklarda aňladylan (ony Δm bilen belläliň) siňdirilmesi, reňk artykmaçlygyna proporsionaldygy anyklanandyр, ýagny

$$\Delta m = \gamma \cdot CE \quad (11.8)$$

Eger siňdirilmäni fotografik ýyldyz ululyklarynda ölçesek, onda proporsionallyk koeffisiýenti γ bahasy 4-e, eger-de wizual ýyldyz ululyklarda aňlatsak, omda ol 3-iň töweregi bolar. Eger-de ýagtylygyň ýyldyzara siňdirilmesi bolmadyk bolsa, onda ýyldyzlar has ýagty görünerdiler we gözegçilik edilýän m ýyldyz ululygynyň ýerine

$$m' = m - \Delta m = m - \gamma \cdot CE \quad (11.9)$$

gözegçilik edilerdi.

Günüň ýakynynda, $1000ps$ uzaklykda ýerleşen ýyldyzlaryň reňk artykmaçlygynyň ortaça bahasy $0^m,5$ deň. (11.9) formula laýyklykda, bu ýyldyzlaryň görünýän tolkun uzynlyklarda şöhlelenmesiniň gowşamasy takmynan

$$\Delta m = 1^m,5$$

deň, ýagny dört essä deňdir. Diýmek, ýyldyzara sredanyň $1kps$ bolan gatlagynyň optiki galyňlygy

$$\tau_{1kps} = \frac{\Delta m}{1,08} \approx \frac{1,5}{1,08} \approx 1,4$$

Bu ululygyň siňdirmäniň dürli ugurlarda ölçemeleriniň esasynda alynan, orta ululykdygyna üns bermelidir. Aýry-aýry ýerlerde siňdirmäni bu ululykdan kiçi hem bolup biler, şeýle hem bu ululykdan ýeterlik uly hem bolup biler. Mysal üçin, biziň seredip geçen, ölçegi $8ps$ bolan, “Kömür halta” dumanlygynyň ýeke özüniň ýagtylygy gowşatmasy $1^m,2$ deňdir. Bu ýerden bolsa ondaky maddanyň mukdary ýyldyzara sredada $1000ps$ ölçegleri bolan gatladaky madda deňdir, ýagny siňdirýän maddanyň dykzlygy 100 esseden hem uludyr.

Indi bolsa ýagtylygyň ýyldyzara siňdirilmesini ýüze çykarýan, aýry-aýry tozanjyklaryň mukdaryna baha bereliň. Bölejikleriň siňdirmäniň täsiri, olaryň gelýän şöhlelenmäni ýönekeý ekranirlemegine syrygýar diýip hasaplalyň. Onda τ optiki galyňlygyň fiziki manysyny göz önünde tutup, $\tau_{1kps}=1,4$ bolanda, uzynlygy $1000ps$ we kese-kesiginiň meýdany $1sm^2$ bolan sütünde ýerleşen hemme bölejikleriň kese-kesikleriniň jemi $1,7sm^2$ deň bolýar. Her bir bölejigiň kese-kesiginiň ölçeginiň orta bahasy $5 \cdot 10^$

$55km/s \cdot Mps$ deňdir. Eger käbir galaktika üçin onuň gyzyly süýşmesi belli bolsa, onda (12.1) formula boýunça oňa çenli uzaklygy kesgitläp bolýandyr. Emma $\Delta\lambda/\lambda > 0,1$ bolanda formulanyň dogry işlemeýändigini belleýäris we dogry netije almak üçin has çylşyrymly aňlatmany ulanmalydyr. Häzirki wagta çenli belli bolan, uzakda ýerleşen galaktikalara çenli aralyk birnäçe milliard parseklere deňdir.

§165. Galaktikalaryň fiziki häsiýetnamalary

Şol bir görnüşe degişli galaktikalar hem öz ölçegleri, ýagtylanyjylyklary, massasy we beýleki häsiýetnamalary boýunça güýçli tapawutlanyp bilýärler.

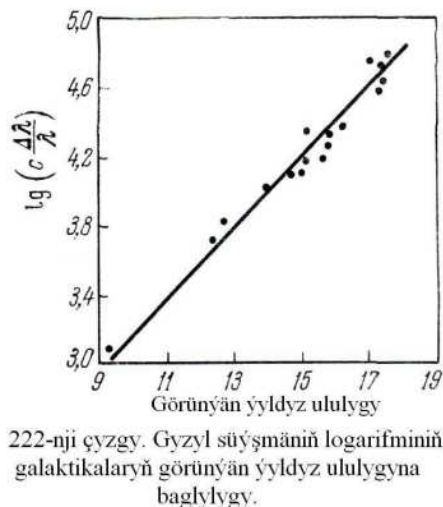
Çyzykly ölçegleri. Uzaklyklary belli bolan, galaktikadan daşary dumanlyklaryň çyzykly ölçegleri olaryň görünýän burç ölçegleriniň esasynda alynýar. Galaktikalaryň çüört-kesik araçäkleriniň ýoklugy we ýyldyzlaryň gürüliginiň (dykzlygynyň) merkezden uzaklaşdygymyza ýuwaşlyk bilen kemelýänligi sebäpli, olaryň görünýän ölçegleriniň kesgitlenýän ululygy, üstleriň ýagtylygynyň gözegçilik edilýän çäk ýitiligine baglydyr. Has iri spiral we elliptik galaktikalarda ýyldyzlar merkezden $15-20kps$ uzaklyklarda gözegçilik edilýärler. Emma ölçegleri onlarça esse kiçi bolan, karlik (göýdük) sistemalar hem duş gelýändir.

Ýagtylanyjylygy. Eger r uzaklygy belli we görünýän ýyldyz ululygy m ölçenen bolsa, onda (10.5) formula boýunça galaktikanyň ýagtylanyjylygyny tapyp bolýandyr.

Has iri galaktikalaryň fotografik absolyt ýyldyz ululygy $M_{pg} = -21^m$, E we S görnüşli galaktikalar üçin orta bahasy $M_{pg} = -19^m,3$ deňdir, bu ululyk onlarça milliard Gün ýagtylanyjylygyna deňdir. Nädogry galaktikalar 100 esse gowşakdyr.

Galaktikalaryň aýlanmasy. Galaktikadan daşary şol bir dumanlygyň dürli böleklerinde spektral çyzyklaryň süýşmesini deňeşdirip ýa-da çyzyklaryň giňelmesini bütün spektr boýunça ölçäp, galaktikalaryň aýlanýandygyny ýüze çykaryp bolýar. Galaktikalaryň daşky bölekleriniň aýlanma periodlary takmynan

bu süýşmesini Älemdäki galaktikalaryň orta uzaklyklarynyň ulalmasy ýaly düşündirmek zerurdyr. Netijede galaktikalar bizden uzaklaşýan ýaly bolup görünýärler. Gözegçiliklerden görnüşi ýaly, $\Delta\lambda$ gyzyň süýşmä degişli bolan galaktikanyň bizden uzaklaşma v_r tizliginiň uzaklyk boýunça ulalýandygy, özi hem $\lg v_r$ bilen ýagtylanyjylygy birmeňzeş bolan galaktikalaryň görünýän ýyldyz ululygynyň arasynda çyzykly baglanyşyk ýüze çykarylýar. Bu baglanyşyk 222-nji çyzygyda görkezilen, ondaky her bir nokat degişli galaktikalaryň üýşmeginiň iň ýagty birnäçe sany galaktikasynyň görünýän ýyldyz ululyklarynyň orta bahasyna degişlidir.



Üýşmekleriň has ýagty agzalarynyň orta ýagtylanyjylyklarynyň biri-birinden tapawudy. aýry-aýry galaktikalaryň ýagtylanyjylyklarynyň tapawudyndan kiçidir. Şonuň bilen birlikde, m bilen $\lg r$ arasyndaky çyzykly baglanyşyk gelip çykýan (10.5) formulada obýektleriň birmeňzeş ýagtylanyjylygy M absolýut ýyldyz ululygynyň meňzeş ululygyna degişlidir.

Şonuň üçin m bilen $\lg v_r = \lg(c \frac{\Delta\lambda}{\lambda})$ arasyndaky çyzykly baglanyşyk, şeýle hem uzaklaşma tizligi bilen uzaklygyň arasynda çyzykly baglanyşygyň bardygyny aňladýar, ýagny

$$v_r = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = Hr \quad (12.1)$$

Bu formulada r uzaklyk megaparseklerde aňladylandyr, H bolsa kosmologiýada wajyp orun eýeleýän *Habblyň hemişeligidir*. Bu hemişeligiň soňky döwürde ygtybarly kesgitlenen ululygy

$^9 sm^2$ bolany üçin, bu sütündäki bölejikleriň sany

$$N = \frac{1,4}{5 \cdot 10^{-9}} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ bolejik}.$$

Bu sütüniň göwrümi

$$V = 10^3 ps \cdot 1 sm^2 = 3 \cdot 10^{21} sm^3$$

Şonuň üçin her bir bölejige

$$v = \frac{V}{N} = \frac{3 \cdot 10^{21}}{3 \cdot 10^8} = 10^{13} sm^3$$

göwrüm ýetýär, ýagny tarapy 200m-den ulurak bolan kuba deňdir. Garşylykly ululyk tozanjyklaryň konsentrasiýasyny berýär:

$$n = \frac{N}{V} = 10^{-13} \text{ bolejik} / sm^3.$$

Hakykatda ölçegleri $10^{-4}-10^{-5} sm$ bolan bölejikler göze görünýän şöhleleri edil şol ölçeglerdäki ekranjyklardan güýçli siňdirýändirler. Şol sebäpli, alnan netije takmynan iki esse ýokarlandyrylandyr.

Ýyldyzara giňişlikde owunjak tozanjyklaryň şular ýaly ujypsyzja mukdarynyň bolmagy hem, görünýän we absolýut ýyldyz ululyklary deňeşdirmegiň üsti bilen uzaklyklary kesgitlemegiň usulyna wajyp düzedişleri girizmeklige mejbur edýär. Hakykatdan hem, r -iň dogry bahasyny almak üçin, (10.6) formulada m -iň ýerine m' goýmak zerurdyr. Netijede alarys:

$$\lg r = 1 + 0,2 \cdot (m - M - \gamma \cdot CE) \quad (11.10)$$

Mysal üçin, eger fotografik şöhlelerde reňk tapawudy bir ýyldyz ululygyna ýetýän bolsa, onda ýyldyzara siňdirmäni hasaba alman kesgitlenen uzaklyk hakykydan 8 esse uly bolar.

Siňdirýän maddanyň fiziki tebigatyny anyklamak üçin Günün ýakynynda, uzaklyk birligine düşýän ýagtylygyň selektiw siňdirilmesiniň orta ululygyndan peýdalandyk. Indi bolsa dürli ugurlarda doly siňdirmäniň nähili üýtgeýändigine, ýagny siňdiriji gatlagyň ululygynyň we görnüşiniň nähilidigine seredeliň.

Iň güýçli siňdirmä Galaktikanyň tekizliginiň ýakynyndadyr. Bu ýerde ol örän uludyr (esasan hem Galaktikanyň merkezine tarap ugurda) we uly çäklerde üýtgeýändir. Akmaýanyň ýolunyň tekizliginden uzaklaşdygymyza, görüş şöhlesiniň ugry boýunça

siňdiriji gatlagyň galyňlygynyň ýukalmagynyň hasabyna ýyldyzara siňdirmäniň doly ululygy çalt pese düşýändir. Bu kemelme Galaktik tekizlik bilen görüş şöhlesiniň arasyndaky b burçuň kosinusyna takmynan proporsionaldyr. Galaktikanyň tekizligine perpendikulýar ugurda (galaktikanyň polýusy), göze görünýän ýagtylygyň doly siňdirilmesi ($1kps$ -de dälde, gatlagyň bütin ölçeginde) $0^m,4$ töweregidir.

Siňdirmäniň $cosb$ ululyga proporsionallygy siňdirýän gatlagyň tekiz bolmalydygyny aňladýar. Meňzeş baglanyşygy biz Ýeriň atmosferasynyň optiki galyňlygyny kesgitleänimizde, onuň gatlaklary tekiz parallel diýip hasaplap alypdyk (§110). Galaktikanyň tekizligine perpendikulýar bolan ugurda siňdirmäniň ululygy ($0^m,4$) $1kps$ -de siňdirmäniň orta bahasynyň $1/4$ bölegini düzýär. Şonuň üçin tozan gatlagyny birhilli hasaplap, onuň galyňlygy bary-ýogy $1000/4=250ps$ deňdir.

Şeýlelik bilen tozan, birnäçe ýüz parsek galyňlygy bolan diskiň çäklerinde paýlanyp, Galaktikanyň tekiz düzüjisine degişlidir. Tozan dumanlyklaryň daşky görnüşi, tozanyň bu diskde paýlanyşynyň topbak-topbak häsiýetiniň bardygyny görkezýär.

Käbir ýagdaýlarda tozan dumanlygynyň ýakynynda ýerleşen ýagty, ýöne gaty gyzygyn bolmadyk ýyldyzyň, tozan dumanlygyny ýagtylandyryýan bölegini görüp bolýar. Ýagtylandyrylýan bölegiň kese-kesigi adatça $1ps$ -den kiçidir. Ýöne şular ýaly uly bolmadyk göwrümiň çäklerinde hem tozanjyklaryň paýlanylyşy örän deňölçegsizdir. Köplenç güberçekligi ýygtylandyryýan ýyldyzdan daşyna bolan, egri inçejik süýmleri gözegçilik edip bolýar. Ýagtylandyryýan ýyldyzy kesgitlemek çylşyrymly däl, sebäbi ýyldyzyň we dumanlygyň spektrleri örän meňzeşdir. Bu bolsa ýagtylanmany ýyldyzyň şöhlelenmesini serpikdirýän tozanjyklaryň döredýändigini tassyklaýar, şol sebäpli hem ýagty dumanlyklara serpikdirýän diýilýär. Şular ýaly bulutlaryň köplügi (her $1000ps$ -de $8-10$ sany) Galaktikanyň spiral gollarynda, gaz dumanlyklary bilen köp gabat gelýär we *gaz-tozan toplymyny* (kompleksini) emele getirýärler.

Siňdirmäniň haýsy hem bolsa bir kesgitli ugurda, uzaklyga görä üýtgemesini öwrenmeler tozanyň aýry-aýry bulutlarda

aýry-aýry bölekleri üçin, ýyldyzlar üçin ulanylan usullar bilen reňk görkezijileri tapylýar. Emma şonda gyzyly süýşmäni, şeýle hem ýagtylygyň galaktikalarda we biziň Galaktikamynda siňdirilmesi bilen bagly bolan gyzarmasyny hasaba almalydyr.

Iki we ondan hem köp (8-e çenli) ýyldyz sistemasyndan düzüjilerden ybarat bolan, özara täsirleşýän galaktikalar uly gyzyklanma döredýärler. Düzüjiler özara ýagty maddanyň zolagy bilen birleşen (221-nji çyzgy) ýa-da ýyldyzlaryň olaryň daşynda döredýän duman ýaly buludyna çümdürilen bolýarlar.

Köp ýagdaýlarda özara täsirleşýän galaktikalaryň aýratynlyklaryny, sistemanyň agzalary tarapyndan grawitasion daşgyn täsiri bilen düşündirmek başa barýar.

§164. Galaktikalara çenli uzaklyklary kesgitlemek

Galaktikalara çenli uzaklyklary kesgitlemegiň birnäçe usullary bardyr. Eger-de galaktikada ýagtylanyjylygy belli bolan, gowy öwrenilen obýekt gözegçilik edilýan bolsa, onda galaktika çenli uzaklygy kesgitlemek ýeňildir. Mysal üçin, sefeidleriniň ýagtylanyjylygy period-ýagtylanyjylyk gatnaşykdan bellidir. Täze ýyldyzlaryň absolyt ýyldyz ululygy maksimumda $-8^m,5$ töweregi, şar şekilli üýşmekler üçin bolsa ortaça -8^m deňdir. Bu ýagdaýlarda uzaklygy kesgitlemek üçin bular ýaly obýektiň görünýän ýyldyz ululygyny kesgitlemek we ýagtylygyň ýyldyzara siňdirilmesini hasaba almagy ýatdan çykarman, uzaklyk modulyny hasaplamak ýeterlikdir.

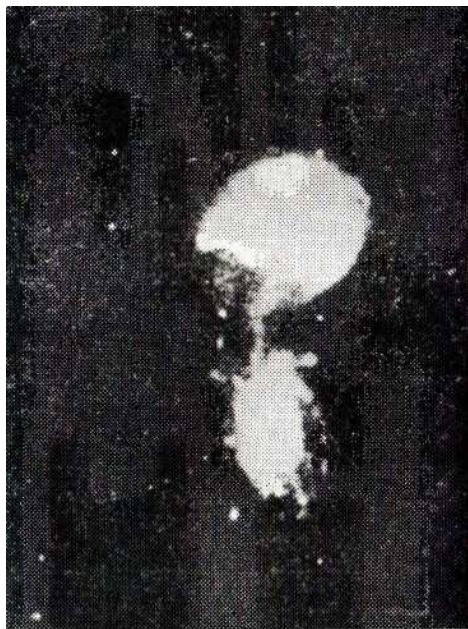
Düzümünde ýokarda agzalan obýektler görünmeýän, uzakdaky galaktikalara çenli aralyklar barada netije olaryň görünýän burç ölçegleri ýa-da görünýän ýyldyz ululygy boýunça cykarylýar. Onuň üçin galaktikalaryň berlen görnüşiniň ölçeglerini ýa-da ýagtylanyjylygyny bilmegiň hökmandygy aýdyndyr.

Galaktikalara çenli uzaklygy kesgitlemegiň ýene-de bir usuly gyzyly süýşmäniň ululygyny kesgitlemeklige esaslanandyr. Bu hadysa uzakdaky galaktikalaryň spektrlerindäki spektral çyzyklaryň gyzyly gyra süýşýändiginden ybaratdyr. Çyzyklaryň

bolar. Nädogry galaktikalar merkezi dykzlanmanyň we gurluşynyň simmetriýasynyň ýoklugy, şeýle hem pes ýagtylanyjylygy we düzüminde neýtral wodorodyň otnositel köplügi bilen häsiýetlendirilýärler.

Pekulýar galaktikalar. Ol ýa-da beýleki özboluşlygy sebäpli seredip geçilen görnüşleriň hiç birine degişli edip bolmaýan galaktikalara pekulýar galaktikalar diýilýär.

Galaktikalaryň spektrleri. Galaktikadan daşary dumanlyklaryň spektri, siňdirme çyzyklary bolan, köplenç *A*, *F* ýa-da *G* spektral toparlara degişli bolan ýyldyzlaryň spektriniň üstüne gaz dumanlyklarynyň ýagtylanmasy üçin häsiýetli bolan emission çyzyklary goşulýan spektri ýada salýan görnüşi bardyr. Bu bolsa galaktikadan daşary dumanlyklaryň ýyldyzlardan we diffuz materiýadan ybarat bolan sistemalarygyny subut edýär.



221-nji çyzgy. Özara täsirleşýän VV 21 galaktikalar.

Nädogry galaktikalaryň spektrleri, düzgün boýunça *A* we *F*, spiral görnüşliler *F* we *G*, elliptikler bolsa *G* we *K* spektral toparlaryň ýyldyzlaryny ýada salýarlar. Bu bolsa spiral görnüşli we nädogry galaktikalarda irki spektral toparlara degişli bolan ýaş, gyzygyn ýyldyzlaryň otnositel sanynyň köpdügini, elliptik galaktikalaryň bolsa biziň Galaktikamyzyň sferik düzüjisine meňzeşlikde, giçki spektral toparlaryň garry ýyldyzlaryndan ybaratdygyny aňladýar.

Şöhlemenmesiniň reňki boýunça hem galaktikanyň ýyldyzlarynyň köplüginin spektral topary barada netije çykaryp bolýar. Galaktikalar üçin, mümkin bolan ýagdaýynda bolsa olaryň

jemlenendigini we olaryň her biriniň ortaça ölçegleriniň *5-10ps* deňdigini, içinden geçýän ýagtylygyň *20%* töweregini siňdirýändigini görkezýär. Bu bolsa ýagtylygyň *0^m,25* ululyga gowşamagyna deňdir we onuň ululygy Günün töwereklerinde *1kps* üçin hasaplanan, ýagtylygyň gowşamagynyň orta bahasyndan alty esse kiçidir. Şonuň üçin aýry bulutda görüş şöhlesiniň ugry boýunça maddanyň mukdary, ortaça $1000/6=170ps$ düşýän maddanyň mukdaryna deňdir. Bulutlaryň *5-10ps* ölçeglerinde tozanyň dykzlygy aýry-aýry bulutlarda orta dykzlykdan onlarça esse (“Kömür halta” dumanlykda görşümüz ýaly *100* esse) uly bolmalydyr.

Dykzlyk has uly bahalara *globula* diýilýän we köplenç ýagty dumanlygyň fonunda gara tegelek detal görnüşde gözegçilik edilýän, kiçijek (ölçeği parsegiň ondan bir ülüşlerinde) dykz emele gelmelerde gözegçilik edilýär.

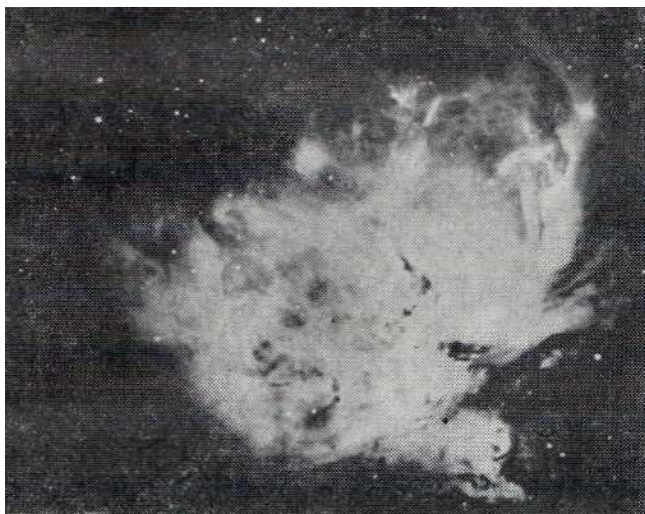
Olarda tozanyň dykzlygy iň dykz tozan bulutlaryndakydan hem ýüzlerçe esse uludyr. Görşümüz ýaly, ýyldyzara sredanyň käbir çäkleriniň dykzlygy güýçli üýtgeýändir, özi hem çägiň ölçegleri näçe kiçi boldugyça, dykzlyk şonça uly üýtgeýändir. Şol sebäpli ýyldyzara bulutlaryň dykz dumanlyklara gysylmagy, ahyrynda ýyldyzlaryň emele gelmegine alyp barýan bolmagy mümkindir. Bu prosessde tozana garanyňda has wajyp orun, diffuz ýyldyzara sredadaky gaza degişlidir. Ýyldyzara gazyň mukdary tozanyň mukdaryndan ortaça *100* esseden hem köpdür.

§160. Ýyldyzara gaz

Gaz dumanlyklary. Has belli gaz dumanlygy Orion ýyldyz toparyndadyr we onuň ölçegleri *6ps* töweregi bolup, Aýsyz gije guralсыз gözegçilik edilende hem görüp bolýandyr (212-nji çyzgy).

Şeýle hem Abdalgolak ýyldyz toparyndaky Omega, Laguna we Trehrazdelnaýa, Guw ýyldyz toparyndaky Demirgazyk Amerika we Pelikan, Ýedinorog ýyldyz toparyndaky Rozetka dumanlyklary we başgalary görkezmek bolar. Şular ýaly obýektleriň sany *400*

töweregidir. Hakykatda olaryň Galaktikadaky sany has köpdür, ýöne ýagtylygyň ýyldyzara siňdirilmesi sebäpli biz olary görüp bilmeýäris.



212-nji çyzgy. Üç ýyldyzdaky (Orion ýyldyz topary) gaz dumanlygy.

Gaz dumanlyklarynyň spektrlerinde ýiti emission çyzyklar bardyr, bu bolsa olaryň ýagtylanmasynyň gaz tebigatynyň bardygyny görkezýär. Has ýagty dumanlyklaryň üznüksiz spektri hem gözegçilik edilýändir.

Düzgün boýunça, H_α we H_β wodorod çyzyklary, iki gezek ionlaşan kislorodyň $O III$ gadagan geçişlerinde emele gelýän, tolkun uzynlyklary 5007 we 4950 Å bolan nebulýar çyzyklary beýlekilerden güýçli tapawutlanýarlar. Bu çyzyklar tanalmazdan ön olary gipotetiki element, nebulyý şöhlelendirýär diýip hasaplapdyrlar. Şeýle hem bir gezek ionlaşan kislorodyň $O II$ tolkun uzynlyklary 3727 Å töweregi bolan, gadagan iki çyzyklary, azodyň we beýleki käbir elementleriň çyzyklary intensiwdir.

Gaz dumanlyklarynyň içinde ýa-da onuň golaýynda mydama bütin dumanlygyň ýagtylanmasynyň sebäbi bolan, O ýa-da $B0$ spektral topara degişli gyzgyn ýyldyzy tapmak mumkindir. Bu



220-nji çyzgy. Iki spiral şahasy merkezinde birleşdirilen ýaly görüňýän galaktikalar.

Eger spiral gurluşyň ýerleşen tekizligi görüş şöhlesine perpendikulýar ýerleşen ýagdaýynda ony has gowy öwrenip bolýandyr (219-njy çyzgy). Haçanda görüş şöhlesi bu tekizlikde ýerleşen ýagdaýynda spiral gurluş görüňýän däl, ýöne galaktikanyň merkezi böleginde galňayan merjimek görnüşli tekiz emele gelmedigi görüňýändir (214-nji çyzgy). Bular ýaly merjimegiň orta çyzygynyň ugry boýunça ýagtylygy siňdirýän maddanyň zolagy uzalyp gidýär. Olar edil biziň Galaktikamyzdaky ýaly spirallaryň ýakynynda esasy tekizlige güýçli konsentrirenýändirler.

Galaktikalaryň spiral şahalary esasan hem ýyldyzlaryň emele gelýän çäkleridir. Onuň şeýledigini şahalaryň düzüminde, öz töweregindäki wodorody uzak aralyklara çenli ionlaşdyrýan ýaş, gyzgyn ýyldyzlaryň bolmagy tassyklaýar.

Nädogry galaktikalar. Nädogry galaktikalara (I) mysal edip Magellan Bulutlaryny (216-njy we 217-nji çyzgy) görkezmek

bilen bellenýäniniň spiral şahalary gos-göni merkezi dykylanmadan çykýarlar (219-njy çyzgy). Beýleki görnüşlerinde bolsa şahalar, merkezinde süýrüntik dykylanma ýerleşen, süýnmek görnüşi bolan emele gelmäniň gyalaryndan başlanýarlar (220-nji çyzgy). Bu görnüşli galaktikalaryň iki spiral şahasy merkezinde birleşdirilen ýaly görünýärler. Şonuň üçin olara kesişýän spirallar diýilýär we *SB* bellik bilen belgilenýärler.



219-njy çyzgy. M51 spiral galaktika.

Spiral galaktikalar özleriniň spiral gurluşlarynyň ösüş derejesi boýunça hem tapawutlanýarlar, bu tapawut klassifikasiýada *S* (ýa-da *SA*) we *SB* belliklere *a*, *b*, *c* harplary goşmak bilen bellenilýär. Mysal üçin, *SA* bellik spiral gurluşy gowşak ösen ýa-da ýaňy ýüze çykyp başlan galaktikalary häsiýetlendirýär. *Sb* bilen bellenýän sistemalaryň, edil Andromeda dumanlygynyňky ýaly şahalary gowy seljerilýändir, *Sc* bellik spirallary, uly bolmadyk merkezi dykylanmadan gaýdýan, bölek-bölek spiral şahalarynyň barlygy bilen tapawutlanýarlar. Düzgün boýunça, spiral gurluşy näçe ösen boldugyça, şonçada merkezi dykylanmanyň ölçegleri kiçi bolýar.

gyzgyn ýyldyzlar, edil planetar dumanlyklarda bolşy ýaly (§144 seret), töweregini gurşap alan gazy ionlaşdyrýan we ýagtylanmaga mejbur edýän, örän kuwwatly ultramelewşe şöhlelenmä eýedirler.

Dumanlygyň atomynyň siňdiren, ýyldyzyň ultramelewşe kwantynyň energiýasy esasan atomy ionlaşdyrmaga sarp edilýär. Energiýanyň galany erkin elektrona tizlik bermek üçin harçlanýlar, ýagny ahyrynda ýylylyga öwürilýär. Ionlaşan gazda ionlaşma prosessine ters bolan, elektrony bagly ýagdaýyna gaýdyp getirýän, rekombinasiýa hem bolup geçmelidir. Emma bu prosess köplenç aralyk energetik derejeleriň üsti bilen bolup geçýär. Şol sebäpli ilki başda siňdirilen “gaty”, ultramelewşe kwantynyň ýerine dumanlygyň atomlary energiýasy pesrāk bolan, görünýän şöhleleriň kwantlaryny şöhlelendirýärler (bu hadysa fluoressensiýa diýilýär). Şeýlelikde, dumanlykda ýyldyzyň ultramelewşe kwantlarynyň “owradylmasy” we ony göze görünýän spektriň spektral çyzyklaryna degişli bolan şöhlelenmä gaýtadan işlenmesi bolup geçýär diýmek mümkindir.

Wodorodyň, ionlaşan kislorodyň we azodyň çyzyklaryndaky şöhlelenme sebäpli gazyň sowamasy, ionlaşmada ýüze çykýan ýylylyk bilen deňagramlaşýar. Netijede, dumanlygyň temperaturasy käbir kesgitli derejede, ýagny $10^4 K$ töwereginde durnuklaşýar we ony gazyň ýylylyk radioşöhlelenmesi boýunça barlap bolýar.

Haýsy hem bolsa bir spektral çyzykda şöhlelendirilýän kwantlaryň sany rekombinasiýalaryň sanyna, ýagny elektronlaryň ionlar bilen çakyşmalarynyň sanyna proporsionaldyr. Güýçli ionlaşan gazda olaryň konsentrasiýalary deňdir, ýagny $n_i \approx n_e$. Bir bölejigiň çakyşmalarynyň ýygylgy (7.18) laýyklykda n proporsional bolanlygy üçin, birlik göwrümdäki hemme ionlaryň elektronlar bilen çakyşmalarynyň umumy sany $n_i \cdot n_e$ köpeltmek hasyllyna, ýagny n_e^2 deňdir. Diýmek, dumanlygyň şöhlelendirýän kwantlarynyň umumy sany, ýa-da onuň asmandaky ýagtylygynyň ýitiligi n_e^2 -yň görüş şöhlesiniň ugry boýunça jemine proporsionaldyr. Ölçeği L bolan birhilli dumanlyk üçin bu ululyk $n_e^2 \cdot L$ deňdir. $n_e^2 \cdot L$ köpeltmek hasyllyna *emissiýa ölçegi* diýilýär we onuň ululygyny dumanlygyň ýagtylygynyň ýitiligine gös-göni

gözegçiliklerden alyp bolýandy. Şonuň bilen birlikde emissiýa ölçegi dumanlygynyň esasy fiziki häsiýetnamasy-gazyň dykzlygy bilen baglydyr.

Şeýlelikde, gaz dumanlyklarynyň emissiýa ölçegini bilip, bölejikleriň n_e konsentrasiýasyna baha berip bolýar, onuň bahasy $10^2-10^3 \text{ sm}^{-3}$ töweregidir we has ýiti dumanlyklar üçin ondan hem uludyr.

Görşümüz ýaly, gaz dumanlyklarynda bölejikleriň konsentrasiýasy Gün täjindäkiden millionlarça esse kiçidir.

Gazyň örän güýçli seýrekendirilmesi onuň spektrinde, intensiwligi boýunça rugsat edilen çyzyklar bilen deňeşerräk bolan, gadagan çyzyklaryň ýüze çykmagyny düşündirýär. Adaty gazda oýandyrylan atomlar gadagan çyzyklaryň şöhlendirip ýetişmeýärler, sebäbi onuň bolup geçmezinden has ön olar beýleki bölejikler (esasan hem elektronlar) bilen çakyşýarlar we oýandyrylma energiýasyny kwant şöhlendirmezden olara berýärler. Gaz dumanlyklarda 10^4 K temperaturada elektronlaryň ýylylyk hereketiniň orta tizligi 500 km/s ýetýär we $n_e=10^2 \text{ sm}^{-3}$ konsentrasiýada (7.17) formula boýunça hasaplanan çakyşmalaryň wagty aralygy $2 \cdot 10^6 \text{ s}$ deň, ýagny bir aý töweregi bolýar. Bu bolsa gadagan geçişleriň köpüsi üçin atomyň oýandyrylan ýagdaýdaky “ýaşayş wagtyndan” millionlarça esse uludyr.

H I we H II zolaklar. Seredip geçilen mysallardan görnüşi ýaly, gyzygyn ýyldyzlar uzak aralyklara çenli öz töweregindäki gazy ionlaşdyrýar. Bu gaz esasan wodoroddan ybaratdyr. Ony ionlaşdyrýan, esasan hem tolkun uzynlyklary 912 Å -den gysga bolan laýmanyň kwantlarydyr. Ýöne köp mukdarda olary diňe effektiv temperaturalary $T_{\text{eff}} \geq 3 \cdot 10^4 \text{ K}$ bolan we şöhlelenmesiniň maksimumy spektriň ultramelewşe böleginde ýerleşen, O we B0 spektral toparlara degişli ýyldyzlar berip bilýärler. Hasaplamalar bu ýyldyzlaryň 1 sm^3 -da 1 atom konsentrasiýasy bolan gazy onlarça parsek uzaklyklara çenli ionlaşdyryp bilýändigini görkezýär. Ionlaşan gaz ultramelewşe şöhlelenme üçin durydyr, neýtral gaz bolsa ony güýçli siňdirýändir. Netijede, gyzygyn ýyldyzy gurşap alan sredanyň ionlaşan böleginiň çüört-kesik araçägi bardyr (birhilli sredada ol şar görnüşlidir) we ondan

gözegçilik edilýän galaktikalaryň ýarysyndan köprägi degişlidir. Bu görnüşe mysal edip biziň Galaktikamyzy we Andromeda dumanlygyny görkezmek bolar. Elliptik galaktikalardan tapawutlylykda, olarda spiral şahalar görnüşli gurluşy gözegçilik edilýär.



218-nji çyzgy. NGC 205 elliptik galaktika – Andromeda dumanlygynyň hemrasy.

Spirallaryň iki görnüşini tapawutlandyryýarlar. Olaryň bir görnüşiniň, ýagny biziň Galaktikamyza meňzeş we SA ýa-da S

dumanlygy Messýe katalogynda №31 belgide, Dreýeriň “Täze umumy katalogynda” bolsa №224 belgide ýerleşendir. Şonuň üçin ol *M31* ýa-da *NGC224* görnüşde bellenilýändir.



217-nji çyzgy. Kiçi Magellan buludy.

Galaktikalaryň gurluşuny olaryň fotosuratlary boýunça öwrenýärler. Görnüşleriniň köplüğine garamazdan, galaktikalaryň gurluşunyň esasy elementleri biziň ýyldyz sistemamyzyňky ýalydyr. Olaryň köpüsiniň merkezinde has ýagty dykylanma-merkezi goýulanma bardyr. Daşky bölekleri bolsa, käbirlerinde çala bildirilýän, başgalarynda bolsa gowy seljerilýän spiral gurluşy bardyr. Daşky görnüşi boýunça galaktikalar elliptik, spiral, nädogry we pekulýar görnüşlere bölünýärler.

Elliptik galaktikalar. Elliptik galaktikalaryň (*E*) cürt-kesik araçäkleri bolmadyk ellipsoid görnüşi bardyr (218-nji çyzgy). Gyralaryndan merkezine tarap ýagtylygy endigan artýandyr. Adatça içki gurluşyny seljerip bolmaýandyr.

Spiral galaktikalar. Spiral galaktikalar (*S*) galaktikalaryň iň köp gabat gelyän görnüşidir. Bu görnüşe

aňyrdan gaz neýtrallıgyna galýandyr. Şeýlelik bilen, ýyldyzlara sredada gaz tutuşlygyna ionlaşan ýa-da tutuşlygyna neýtral bolup bilýär. Birinji, ionlaşan çäklere *H II*, ikinji bolsa *H I* zolak diýilýär. Gyzgyn ýyldyzlaryň sany köp däl, şonuň üçin gaz dumanlyklary ähli ýyldyzlara sredanyň ujypsyz bölegini (5% töweregi) düzýändirler.

H I zolagyň gyzdırylmasy kosmik şöhleleriň, rentgen kwantlaryň we ýyldyzlaryň foton şöhlelenmesiniň ionlaşdyryjy täsiriniň netijesinde bolýandyr. Şonda ilki bilen uglerodýň atomlary ionlaşýandyr. Ionlaşan uglerodýň şöhlelenmesi *H I* zolakda gazyň sowamagynyň esasy mehanizmidir. Netijede bu zolakda energiýanyň ýitgisi bilen gelyän energiýanyň arasynda deňagramlyk döremeli. Deňagramlyk dykzlygyň ululygyna baglylykda temperaturanyň iki bahasynda amala aşyrylýar. Olaryň birinjisi dykzlygyň uly bahalaryna eýe bolan gaz-tozan bulutlarda, temperatura birnäçe ýüz gradus bolanda amala aşyrylýar. Ikinjisi bolsa seýreklendirilen gazyň birnäçe mün gradusa çenli gyzýan, gaz-tozan bulutlaryň aralygyndaky giňişlikde ýerine ýetýär. Dykzlygyň aralyk bahalaryna eýe bolan çäkler durnuksyz ýagdaýda bolýarlar we ilki başda birhilli bolan gaz hökman iki faza-ýeterlik dykz bulutlara we olary gurşap alan, ýeterlik seýreklendirilen sreda bölünmelidir. Şeýlelik bilen, ýylylyk deňagramsyzlygy ýyldyzlara sredanyň topbak-topbak bulut görnüşli gurluşynyň bolmagynyň esasy sebäbidir.

Ýyldyzlara siňdirme çyzyklary. Ýyldyzlaryň arasyndaky giňişlikde sowuk gazyň barlygyny goşa ýyldyzlaryň spektrlerini öwrenen nemes astronomy Gartman XX asyryň başynda subut edýär. §149-de belleýşimiz ýaly, goşa ýyldyzlaryň spektral çyzyklary periodiki süýşmelere sezewar bolýandyr.

Ol käbir ýyldyzlaryň (esasan hem gyzgyn we uzakdaky) spektrlerinde ionlaşan *H* we *K* stasionar çyzyklaryny (ýagny öz tolkun uzynlyklaryny üýtgetmeýän) ýüze çykarýar. Beýlekilerden diňe tolkun uzynlyklarynyň üýtgemeýänligi bilen tapawutlanman, çyzyklaryň örän darlygy bilen hem tapawutlanýarlar. Has gyzgyn ýyldyzlaryň spektrlerinde bolsa *H* we *K* çyzyklar düýbünden ýokdur. Bu bolsa gözegçilik edilýän stasionar çyzyklaryň

ýyldyzlaryň atmosferasynda emele gelmän, ýyldyzlaryň aralygyndaky giňişlikdäki gazyň siňdirmesi bilen baglanyşyklydyr. Soňra beýleki atomlaryň: neýtral kalsiý, natriý, kaliý, demir, titan we käbir beýleki molekulýar birleşmeleriň ýyldyzara siňdirmе çyzyklary ýüze çykarylandyr. Ýyldyzara sowuk gazyň has doly spektroskopik barlaglary, spektriň uzak ultramelewşe çäginde, ýyldyzara siňdirmе çyzyklaryna atmosferadan daşary gözegçilikleriň esasynda mümkin bolandyр. Spektriň uzak ultramelewşe çäginde "sowuk" gazyň siňdirmesi uly bolmaly bolan, wajyp himiki elementleriň rezonans çyzyklary jemlenen bolmalydyр.

Hususanda wodorodyň (L_a), uglerodyň, azodyň, kislorodyň, magniýniň, kremniýniň we beýleki atomlaryň rezonans çyzyklary gözegçilik edilendir. Rezonans çyzyklaryň intensiwlikleri boýunça himiki düzüм barada has ygtybarly maglumatlary almak mümkindir. Ýyldyzara gazyň himiki düzümi, alnan maglumatlata görä, ýyldyzlaryň standart himiki düzümine ýakyndygy, ýöne käbir agyr himiki elementleriň az mukdardadygy anyklanyldy.

Uly dispersiýasy bolan ýyldyzara siňdirmе çyzyklaryny öwrenmek, olaryň şöhle tizlikleriniň $\pm 10 \text{ km/s}$ orta bahasyna degişli bolan, dürli dopler süýşmeli, köplenç birnäçe sany aýry-aýry inçe düzüjilere dargaýandygyny görkezýär. Bu bolsa gazyň $H I$ zolakda, ölçegleri we ýerleşişleri geçen paragrafda sereden tozan bulutlarymyzyň ýerleşen çäkleri we ölçegleri bilen takyk gabat gelýär. Diňe gazyň massasynyň ortaça 100 esse uludygy bilen tapawutlanýandyр. Diýmek, gaz we tozan ýyldyzara sredada, bir bulutdan beýleki buluda geçilende otnositel dykzyzlyklarynyň güýçli tapawutlanyp bilýänligine garamazdan, şol bir ýerlerde jemlenendirler. Ionlaşan ýa-da neýtral gazdan ybarat bolan, aýry-aýry bulutlar bilen bir hatarda, Galaktikada, ölçegleri, massasy we dykzyzlygy boýunça has uly bolan, gaz-tozan toplumlary diýilýän, sowuk ýyldyzara madda bardyr. Olardan bize iň ýakyny, belli bolan Orion toplumydyр. Onuň düzümine beýleki belli bolan obýektler bilen bir hatarda Orion dumanlygy hem girýändir. Çylşyrymly we örän birhili däl gurluşy bilen tapawutlanýan bular ýaly çäklerde, kosmogoniýa üçin örän wajyp bolan, ýyldyzlaryň

XII bap. GALAKTIKADAN DAŞARY ASTRONOMIÝA

§163. Galaktikalaryň toparlara bölünişi we spektrleri

Açyk asmanda, Aýsyz gijelerde Andromeda ýyldyz toparynda guralсыз göz bilen seredilende hem seljerip bolýan, Andromeda dumanlygy diýilýän, gowşak duman tegmili görmek bolýar. Teleskopyň kömegi bilen alnan fotosuratlarda, spiral gurluşy bolan we öň belleýsimiz ýaly biziň Galaktikamyza örän meňzeş bolan, uly ýyldyz sistemasydygy görünýär (202-nji çyzgy). Günorta asmanda seljerip bolýan, bize ýakyn ýerleşen iki sany ýyldyz sistemasy-Uly we Kiçi Magellan Bulutlaryny görmek bolýar (216-njy we 217-nji çyzgylar, Türkmenistanyň çäkerinden görünmeýär). Teleskoplaryň kömegi bilen şulara meňzeş obýektleriň köpüsi surata düşürilendir. Olara galaktikadan daşary dumanlyklar ýa-da galaktikalar diýilýär.

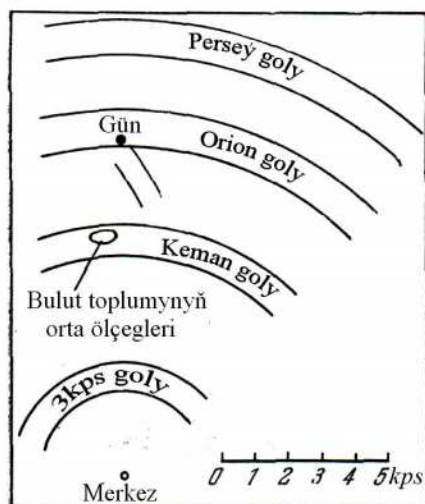


216-njy çyzgy. Uly Magellan buludy.

Adatça galaktikalar bellige alnan katalogynyň gysgaldylan ady we tertip belgisi boýunça aňladylýarlar. Mysal üçin, Andromeda

goýulanmadan daşda, radiogözegçilikleriň esasynda alnan ýyldyzara wodorodyň paýlanylyşy çylşyrymlydyr (213-nji çyzgy) we gyzgyn

ýyldyzlaryň paýlanylyşy boýunça ýüze çykarylan spiral gurluşa meňzeş dälendir. Umuman, neýtral wodorod Galaktikada giň halka emele getirýär.



215-nji çyzgy. Gün töwereginde Galaktikanyň spiral gollarynyň ýerleşşi.

Bu gollaryň şol bir spiralyň dürli şahalanmalarynyň bolmagy mümkindir. Ýöne biziň Galaktikamyzyň, merkezi goýulanma bilen bagly bolan, birnäçe spiral şahalarynyň bolmagy hem mümkindir.

Galktikanyň Gün ýerleşen ýerinde birnäçe spiral gollar bardyr we olaryň ugurlary boýunça ýaş ýyldyzlaryň üýşmekleri, ýyldyzara gaz we tozan bulutlary ýerleşendir (215-nji çyzgy). Orion (Üç ýyldyz) ýyldyz toparynda gözegçilik edilýän gyzgyn ýyldyzlar, gyrasynda biziň Günümüz ýerleşen, Orion diýilýän goly emele getirýärler. Ýene-de iki gol-merkeze görä daşda ýerleşen Persey goly we merkeze golaý ýerleşen Abdalgolak gollary ýüze çykarylandyr.

emele gelme prosessi bolup geçýändir.

Neýtral wodorodyň monohromatik şöhlelenmesi. Ýyldyzara siňdirmе çyzyklary $H I$ zolaklaryň häsiýetnamalaryny belli bir derejede anyklamak üçin gyýtaklaýyn usuldyr. Sebäbi bu usulyň kömegi bilen diňe gyzgyn ýyldyza tarap bolan ugurda barlaglary geçirip bolýar. Neýtral wodorodyň Galaktikada paýlanylyşynyň doly şekilini diňe wodorodyň hususy şöhlelenmesiniň esasynda gurmak mümkindir. Neýtral wodorodyň 21sm tolkun uzynlygynda şöhlelenmäniň spektral çyzygynyň bolmagy radioastronomiýanyň önünde uly mümkinçilikleri döredýär. 21sm tolkun uzynlykda çyzyklary şöhlendirýän wodorod atomlarynyň umumy mukdary örän köp bolany sebäpli, Galaktikanyň tekizliginde ýerleşen gatlak, bary-ýogy 1kps galyňlykda 21sm -de radioshöhlelenme üçin ýeterlik dury däl bolup başlaýar. Şonuň üçin, eger-de Galaktikadaky hemme neýtral wodorod hereket etmeýän bolsa, onda biz Galaktikanyň ölçegleriniň 3% töwereginden uzak aralyklary gözegçilik edip bilmezdik. Bular ýaly şert diňe Galaktikanyň merkezine we antimerkezine tarap ugurda ýerine ýetýändir, sebäbi §159-da görşümüz ýaly, görüş şöhlisiniň ugry boýunça otnositel hereket ýokdur. Emma galan ähli ugurlarda, galaktiki aýlanma sebäpli, dürli obýektleriň uzaklyk boýunça artýan şöhle tizlikleri bardyr. Şonuň üçin, şöhle tizliginiň kesgitli bahasy bilen häsiýetlendirilýän Galaktikanyň her-bir çägi, dopler süýşmesi sebäpli 21sm -de dälde, şöhle tizliginiň ugruna baglylykda, ondan sähelçe uly ýa-da kiçi tolkun uzynlykly “özüniň” çyzygyny şöhlendirýändir. Ýakyn ýerleşen gaz göwrümleri üçin bu süýşme üýtgeşikdir we şonuň üçin olar has uzaklara gözegçilik etmäge päsgelçilik bermeyärler. Bular ýaly çyzyklaryň her biriniň profili, Galaktikanyň differensial aýlanma hadysasynyň ululygyna degişli uzaklykdaky gazyň dykzlygy barada düşünje berýär. 213-nji çyzgyda neýtral wodorodyň Galaktikada paýlanyşynyň şu usul bilen alnan şekili ýerleşdirilen. Çyzgydan görnüşi ýaly neýtral wodorod Galaktikada deňölçegsiz paýlanandyr. Merkezden kesgitli uzaklykda, Galaktikanyň spiral gurluşynyň elementleri bolan, gyzgyn ýyldyzlaryň we diffuz dumanlyklaryň paýlanylyşyny tassyklaýan, dykzlygyň artmasy

ýüze çykyp başlaýar. Uzakdaky ýyldyzlarda ýüze çykarylan, ýagtylygyň polýarlanmasynyň esasynda, Galaktikanyň magnit meýdanynyň esasy böleginiň güýç çyzyklary spiral gollaryň ugurlary boýunça ugrukdyrylandyr diýip hasaplap bolýar. Ýagty, şeýle hem gara dumanlyklaryň köpüsiniň spiral gollaryň ugurlary boýunça süýnmekligi bu meýdanyň täsiri bilen düşündirilýär.



213-nji çyzgy. 21sm tolkun uzynlykda radiogözegçilikler boýunça neýtral wodorodyň Galaktikada paýlanyşynyň alnan şekili.

Ýyldyzara molekulalar. Käbir ýyldyzara siňdirme çyzyklary molekulalaryň çyzyklary bilen deňeşdirilip, olara degişlidigi anyklanyldy. Optiki tolkun uzynlyklarda olar diňe CH , CH^+ we CN molekulýar birleşmeler bilen çäklenendir. Ýyldyzara sredany

eýeleýär, bu bolsa $4,8 \times 3,1kps$ çyzykly ölçeglere deňdir.

Akmaýanyň ýoly Galaktikanyň merkezine tarap ugurda, gapdalyndan (gapyrgasyndan) seredilende, *NGC 891* spiral ýyldyz sistemasynyň şekiline örän meňzeşdir (214-nji çyzgy). Merkezi goýulanmanyň ölçeglerini hasaba alyp, biziň Galaktikamyzy spirallaryň aralyk *Sb* görnüşine degişli etmek mumkindir.



214-nji çyzgy. *NGC 891* spiral ýyldyz sistemasynyň gapdalyndan (gapyrgasyndan) seredilende görüňýän şekili.

Andromeda dumanlygynyň merkezi goýulanmasynda (§153 we 202-nji çyzgy) şar görnüşli ýyldyz üýsmegine meňzeş, çalt aýlanýan uly emele gelme ýüze çykarylandyr. Şuňa meňzeş obýekt biziň Galaktikamyzyň merkezi goýulanmasynda hem bolmalydyr diýip çaklanylýar. Hakykatdan hem, infragyzyň şöhlelenmäni kabul edijileriň kömegi bilen, ölçegleri $10ps$ töweregi bolan, elliptik emele gelme ýüze çykarylandyr. Bu emele gelme daşy kuwwatly gaz-tozan buludy bilen gurşalan, ultramelewşe we görüňýän şöhlelenmäni güýçli siňdirýän, diňe spektriň infragyzyň çäklerinde gözegçilik edip bolýan, düzüminde millionlarça ýyldyzlar bolan örän ykjam üýsmekdir. Bu ýerde tebigaty näbelli bolan, adaty däl obýektiň ýerleşen bolmagy mümkindir.

Galaktikanyň merkezinden $3kps$ uzaklykda, radioastronomiýanyň usullary bilen, merkezden daşyna $30km/s$ tizlik bilen giňelýän, wodorod goly ýüze çykarylandyr. Merkezi

töwereginde hereket edýärler we onuň sferik düzüjisini emele getirýärler. Bu täjiň düzümindäki seýreklendirilen gazda kosmos şöhlelerinden başga-da relýatiwistik elektronlar hem bardyr, olaryň köp bolmadyk mukdary, takmynan 1% töweregi ilkinji kosmos şöhleleriniň düzüminde tapylandyr.

Bu elektronlaryň galaktikanyň magnit meýdanynda tormozlananda döreyän şöhlelenmesi, uzyn tolkunlary kabul edýän radioteleskoplaryň kömegi bilen bellige alynýar. Ýyldyzara gazyň ýylylyk şöhlelenmesinden tapawutlylykda, galaktik täjiň şöhlelenmesine ýylylyk däl şöhlelenme diýilýär. Şöhlelenmäniň bu görnüşine aşatäze ýyldyzlaryň partlamasynyň galyndylarynyň şol sebäpler boýunça ýüze çykyan şöhlelenmesi hem degişlidir.

§162. Galaktikanyň umumy düzümi

Biziň Galaktikamyz merkezine tarap galňaýan, kese-kesiginiň ölçegi 30 müň parsek töweregi bolan, ýyldyzlardan, seýreklendirilen gazdan, kosmos şöhlelerinden, tozanlardan ybarat bolan äpet tekiz emele gelmedir. Biz Galaktikanyň simmetriýa tekizliginiň ýakynynda, merkezinden radiusynyň takmynan 2/3 bölegine deň bolan uzaklykda ýerleşendiris. Indi bolsa Galaktikanyň geçen paragraflarda seredip geçen häsiýetnamalarymyzy, onuň gurluşy barada has umumy düşünje almak maksady bilen jemläliň.

Biz öň Galaktikanyň gurluşynyň wajyp elementleri bolan merkezi dykylanma (goýulanma), spiral gollary ýa-da şahalary, diski barada aýdyp geçipdik.

Merkezi goýulanma Galaktikanyň merkezi bölegini eýeleýär we onuň köp bölegini bizden gara, dury däl madda ýapýandyr. Onuň güorta ýarysy Abdalgolak ýyldyz toparynda ýiti ýagty ýyldyz buludy görnüşinde gowy görünýändir. Ýyldyzara tozan tarapyndan has gowşak siňdirilýän infragyzyň şöhlelerde onuň demirgazyk, ýagny ikinji ýarysyny hem gözegçilik edip bolýar. Olary bölýän kuwwatly tozan zolagy infragyzyň şöhleler üçin hem dury dälidir. Merkezi goýulanma asmanda $28^0 \times 18^0$ bolan çäkleri

öwrenmekde, 1968-nji ýylda 18sm tolkun uzynlyklarda, baryp 1953-nji ýylda çak edilen, gidroksiliň siňdirme radioçyzyklary hasaba alnandan soň, düýbünden täze tapgyr başlanandyr. Soňra ýyldyzara sredanyň radioşöhlelenme spektrinde ýene-de onlarça molekulalaryň çyzyklary anyklanyldy. “Kopernik” atly ýörite Ýeriň emeli hemrasynyň kömegi bilen tolkun uzynlygy 1092Å bolan ýyldyzara H_2 molekulanyň rezonans çyzygy surata düşürilendir. Molekulýar wodorodyň ýyldyzara sredada ýeterlik orun eýeleýändigini anyklanandyr. Molekulýar spektrleriň esasynda $H I$ zolaklaryň “sowuk” bulutlaryndaky şertleriň anyk derňewi geçirilendir, olaryň ýylylyk deňagramlylygyny kesgitleýän prosesser anyklanandyr we ýokarda getirilen iki deňagramlyk ýagdaýynyň ýylylyk düzgünleri barada maglumatlar alynandyr.

CH , CH^+ , CN , H_2 , CO , OH , SC , SiO , SO we beýleki ýyldyzara molekulýar birleşmeleriň spektrlerini has takyk öwrenmek, ýyldyzara maddanyň esasy bölegi jemlenen, ýyldyzara sredanyň gurluşynyň täze elementini-molekulýar bulutlaryň barlygyny ýüze çykarmaga mümkinçilik berdi. Bular ýaly bulutlardaky gazyň temperaturasy 5-den 50K aralykda, molekulalaryň konsentrsiýasy bolsa 1sm^3 -da birnäçe müň molekula ýetip bilýär.

Kosmik mazerler. Käbir gaz-tozan bulutlaryň radiospektrinde gidroksiliň siňdirme çyzyklarynyň ýerine düýbünden duýdansyz şöhlelenme çyzyklary ýüze çykarylandyr. Bu şöhlelenme wajyp özboluşlyklarynyň hatary bilen tapawutlanýar. Ilki bilen, gidroksiliň şöhlelenmesiniň radioçyzyklarynyň dördüsiniň hem otnositel intensiwliginiň anomallygydyr (adaty dälligidir), ýagny gazyň temperaturasy laýyk gelmeýänligidir we olardaky şöhlelenmäniň örän güýçli polýarlananlygydyr (käwagtlar 100% - e çenli). Çyzyklaryň özlari bolsa örän inçejikdir. Bu bolsa olaryň ýylylyk hereketini amala aşyrýan adaty atomlar tarapyndan şöhlelendirilip bilinmejekdigini aňladýar. Başga bir tarapdan bolsa gidroksil emissiýa çeşmeleriniň örän kiçi ölçegleriniň (onlarça astronomik birlik) bardygy anyklanyldy we gözegçiliklerde olardan gelýän şöhlelenmäniň akymyny almak üçin olaryň äpet uly ýitiligi, ýagny 10^{14} - 10^{15} K temperaturalara çenli gyzdyrylan jisimiňki ýaly ýitiligi bolmaly diýip çaklamaly bolýar. Emma

bular ýaly kuwwatly şöhlelenmäniň döremeginiň hiç hili ýylylyk mehanizminiň bolup bilmejekdigi aýdyňdyr.

OH emissiýasy ýüze çykarylanyň yz ýanynda, tolkun uzynlygy $1,35\text{sm}$ bolan suw buglarynyň radioçyzyklaryny şöhlendirýän, adatdan daşary ýiti “aşykjam” çeşmeleriň täze görnüşi açyldy.

OH emissiýa çeşmeleriniň adatdan daşary aşykjamlygy barada netije olaryň burç ölçegleriniň gös-göni ölçemelerinden gelip çykýar. Radioastronomiýanyň häzirki zaman usullary nokatlanç çeşmeleriň burç ölçeglerini, optiki teleskoplar bilen deňeşdireniňde çözüp bilijilik güýji mün esse gowy bolan takyklyk bilen kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Bu maksatlar üçin Ýer üstüniň dürli böleklerinde ýerleşen, birwagtda (sinhron) işleýän antennalar (interferometr) ulanylýar. Olaryň kömegi bilen kesgitlenen, ykjam çeşmeleriň köpüsiniň burç ölçegleri duganyň $3 \cdot 10^{-4}$ sekundyndan kiçidir.

Ykjam çeşmeleriň şöhlelenmesiniň wajyp özboluşlygy, esasan hem H_2O -nyň emissiýasy üçin güýçli bolan, üýtgeýänligidir. Birnäçe hepdäniň, hatda birnäçe günün dowamynda çyzyklaryň profili düýpgöter üýtgeýändir. Kämahallar bolsa bular ýaly üýtgemeler bary-ýogy 5 minudyň dowamynda bolup geçýändir we ol çeşmäniň ölçegleri ýagtylygyň şu wagtyň dowamynda geçýän aralygyndan uly bolmadyk ýagdaýynda mümkindir. Şeýlelik bilen, H_2O -nyň çyzyklaryny şöhlendirýän çäkleriň ölçegleri $1a.b.$ töweregi bolmagy mümkindir.

Gözegçilikleriň görkezişi ýaly, ölçegleri parsegiň ondan bir üleşlerine deň bolan şol bir çäklerde çeşmeleriň köplügi bolup bilýändir. Olaryň bir bölegi diňe *OH*-yň çyzyklaryny, beýleki bölegi bolsa diňe H_2O -nyň çyzyklaryny şöhlendirýär.

Spektriň darajyk zolagynyň çäklerinde örän uly kuwwaty berip biljek şöhlelenmäniň häzirki döwürde ýeke-täk mehanizmi kwant generatorlarynyň kogerent şöhlelenmesidir (ugry we fazasy boýunça birmeňzeş). Olara optiki diapazonda lazerler, radiodiapazonda bolsa mazerler diýilýär. *OH*-yň we H_2O -nyň emissiýasynyň ykjam çeşmeleri äpet tebigy kosmik mazerlerdir.

Kosmik mazerler, biziň gözümiziň önünde dogrudanda

töweregidir. $3 \cdot 10^{16}\text{s}$ deň bolan wagtyň dowamynda şular ýaly energiýanyň döremegi üçin, çeşmeleriň kuwwaty

$$5 \cdot 10^{55} \text{ erg} / 3 \cdot 10^{16} \text{ s} = 1,7 \cdot 10^{33} \text{ erg/s}$$

bolmalydyr.

Galaktikada kuwwaty boýunça deňeşdirerlik eke-täk çeşme-aşatäze ýyldyz bardyr. Aşatäze ýyldyzyň partlamasy çalt elektronlaryň we kosmos şöhleleriniň emele gelmegine getirýän bolmalydyr. Aşatäzäniň gabygynyň aýrylmagy bilen olar galaktikanyň kosmos şöhleleriniň umumy akymyna goşulýandyrlar. Günün konwektiw zolagynda döreýän tolkunlaryň onuň hromosferasyny we täjini gyzdýryşlaryna meňzeşlikde, kosmos şöhleleri seýreklendirilen gazy (Galaktikanyň tekizliginden uzak aralyklara çenli) birnäçe million gradus temperaturalara çenli gyzdýrýandyr. Bu gyzgyn, seýreklendirilen, giňişleýin agyllumany emele getirýän gaz, Galaktikanyň sferoidal düzüjisine degişlidir we oňa galaktikanyň täji diýilýär.

Örän uly tizlikli we energiýaly relýatiwistik elektronlaryň barlygyny radiogözegçilikler hem tassyklaýar. Metr we has uzyn tolkunlarda kosmos radioşöhlelenmesiniň intensiwligi gaz münlerçe, hatda millionlarça gradus temperatura çenli gyzdýrylandaky ýalydyr. Bu şöhlelenmäniň asman boýunça paýlanylyşy, ýylylyk tebigaty bolan we galaktikanyň tekizligine ýakynladygymyzça örän güýçli artýan, ionlaşan wodorodyň radioşöhlelenmesiniň paýlanylyşy ýaly däl. Metr tolkun uzynlyklarda radioşöhlelenme Akmaýanyň ýolundan daşlaşanymyzda haýallyk bilen gowşaýar we Galaktikanyň merkezine tarap birazrak güýçlenýär. Bu bolsa uzyn tolkunlarda kosmos radioşöhlelenmesiniň başga tebigatynyň bolmalydygyny görkezýär.

Bu radioşöhlelenmäniň spektri käbir diskret çeşmeleriň, hususan-da aşatäze ýyldyzlaryň partlamasy netijesinde dörän dumanlyklaryň spektrine örän meňzeşdir. Olaryň radioşöhlelenmesiniň tebigaty §151-de seredilipdi we relýatiwistik elektronlaryň magnit meýdanynda şöhlelenmesi bilen düşündirilipdi. Bilşimiz ýaly kosmos şöhleleriniň bölejikleri Galaktikanyň magnit meýdanynyň güýç çyzyklarynyň

Galaktikanyň magnit meýdanynyň güýç çyzyklary onda utgaşandyklary sebäpli kosmos şöhlelerine Galaktikany taşlap gitmek çylşyrymlydyr. Kosmos şöhlelerini “saklamak” üçin meýdanyň güýjenmesi 10^{-5} - 10^{-6} erstedden kiçi bolmaly däl.

Galaktikada magnit meýdanynyň bardygynyň ýene-de bir subutnamasy uzakdaky ýyldyzlaryň ýagtylygynyň polýarlanmagydyr. Takyk ölçegler asmanyň uly çäklerinde gözegçilik edilýän, köp ýyldyzlaryň şöhlelenmesiniň birmeňzeş polýarlanandygyny görkezýär, şunlukda polýarlanma tekizligi öz ugruny bütün çägiň içinde endigan üýtgedýär. Polýarlanmanyň häsiýeti we ululygy ($\sim 10\%$) uzakdaky ýyldyzlaryň ýagtylygynyň sezewar bolýan ýyldyzara siňdirilmesi, Galaktikanyň uly çäklerinde birmeňzeş ugrukdyrylan, süýnmek bölekler (tozanjyklar) tarapyndan döredilýändigini görkezýär. Tozanjyklary bular ýaly ugrukdyryan güýç magnit meýdany diýip çaklamak tebigydyr.

Kosmos şöhleleriniň izotropiýasy, ýagny olary göýberýän çeşmeleri “görüň” bolmaýanlygy, ýyldyzara magnit meýdanynyň güýç çyzyklarynyň örän “bulaşykdygyny” tassyklaýar we onuň netijesinde kosmos şöhleleriniň ondaky hereketi gazlaryň diffuziýa hadysasyna çalymdaşdyr.

Bir bölejigiň çeşmeden Ýere çenli öz çylşyrymly ýoluny geçýän ortaça wagtyny bilmek üçin, geçilen ýoluň ýokarda tapylan bahasyny (10^{27} sm) ýagtylygyň tizligine, ýagny $3 \cdot 10^{10} \text{ sm/s}$ bölmek ýeterlikdir. Onda bu wagtyň $3 \cdot 10^{16}$ sekunda, ýagny milliardlarça ýyla deňdigini alarys.

Gözegçilik edilýän kosmos şöhleleriniň näçe wagtyň dowamynda bardygyny bilip, olaryň çeşmeleriniň zerur bolan kuwwatyny kesgitlemek ýenildir.

Kosmos şöhleleriniň konsentrasiýasyny 10^{-11} sm^{-3} , olaryň ortaça energiýasyny bolsa $10^{10} \text{ eV} \approx 10^{-2} \text{ erg}$ deň diýip kabul edip, kosmos şöhleleriniň energiýasynyň dykzlygynyň $10^{-11} \text{ sm}^{-3} \cdot 10^{-2} \text{ erg} = 10^{-13} \text{ erg/sm}^3$ deňdigini alarys. Kese-kesigi Galaktikanyň diametrine ($30 \text{ kps} = 10^{23} \text{ sm}$) deň bolan sferanyň göwrümi $V = 5 \cdot 10^{68} \text{ sm}^3$ deňdir.

Galaktikada kosmos şöhleleriniň doly energiýasy
 $10^{-13} \text{ erg/sm}^3 \cdot 5 \cdot 10^{68} \text{ sm}^3 = 5 \cdot 10^{55} \text{ erg}$

ýyldyzlaryň emele gelme hadysasy bolup geçýän çäkleri bilen baglanyşykly bolmaly diýip hasaplamaga esas bardyr. Olar köplenç ýaş, massiw O we B spektral toparlaryň örän gyzgyn ýyldyzlarynyň emele gelen ýerlerinde, ýagny $H II$ zolaklarda gabat gelýärler. Köp halatlarda olar ýeterlik ykjam, tozana baý bolan we şol sebäpli dury däl, aýratyn $H II$ zolaklay bilen gabat gelýär. Olaryň barlygy diňe ýylylyk radioşöhlelenmesiniň hasabyna ýüze çykarylýar. Bular ýaly çäkleriň ölçegleri takmynan $0,1 \text{ ps}$, maddanyň dykzlygy bolsa adaty ýyldyzara bulutlaryň dykzlygyndan yüzlerçe esse uly bolmalydyr. Olaryň ionlaşmasynyň sebäbi dykz, dury däl bulut bilen gurşalan, gözegçilik edip bolmaýan gyzgyn ýyldyzdygy aýdyňdyr. Käwagt bu obýektler infragyzyň şöhlelenmäniň nokatlanç çeşmesi görnüşinde gözegçilik edilýär. Olaryň ýaşı onlarça müň ýyl töweregi bolan, diňe ýaş emele gelmeler bolmalydygy öňünden bellidir. Ondan uly wagt aralygynda ýaňy döran gyzgyn ýyldyzy gurşap alan dykz gaz-yozan sreda, gyzgyn ýyldyzyň ýagtylygynyň basyşynyň täsiri netijesinde giňelderdi we netijede ýyldyz görüňän bolardy. Giňelýän dykz gatlak bilen gurşalan bular ýaly ýyldyzlara, tebigatda düş gelinýän, ýüpek gurçuklarynyň daşyna pile saraşyna meňzeşlikde “pile ýyldyzlar” diýilýär. Bular ýaly örän özboluşly, ýöne tebigy şertlerde, mazer hadysasy amala aşyrylýan bolmalydyr.

§161. Kosmos şöhleleri. Galaktikanyň täji we magnit meýdany

Geçen paragraflarda sereden diffuz sredamyz esasan Galaktikanyň tekiz düzüjisini emele getirýän gazdan ybaratdyr. Galaktikanyň tekizliginden uly uzaklyklarda ýyldyzara sredanyň nähili tebigaty barka diýen soragyň döreyänligi tebigydyr. Ol ýerde, goý örän seýreklandirilen hem bolsa, gazyň bolup biljekdigi barada pikir ýöretmäni, Galaktikanyň tekizliginden ýeterlik uzaklyklarda gabat gelýän, öz daşky gaz gabyklaryny taşlaýan planetar dumanlyklar tassyklaýandyr.

Galaktikanyň bu çäklerindäki ýyldyzara sredanyň tebigaty baradaky has wajyp netijeleri kosmos şöhlelerini öwrenmegiň esasynda alynandyr. Bu şöhleler ýagtylygyň tizligine golaý, äpet uly tizlikler bilen hereket edýän, uly energiýaly elementar bölejikler we atom ýadrolarydyr. Bu bölejikleriň energiýasy hakykatdan hem ummasyzdyr, ýagny ýüzlerçe milliard elektron-wolta deňdir. Ýer atmosferasyndan geçende kosmos şöhleleri howanyň molekulalary bilen çakyşýarlar we köp sanly uly energiýaly täze bölejikleri döredýärler (ikilenç kosmos şöhleleri).

Himiki düzümi boýunça birinji, ýagny ilkişadaky kosmos şöhleleri köp ýyldyzlaryň maddasyndan käbir elementleriň otnositel uly mukdary bilen tapawutlanýan (16-njy tablisa), esasan hem ýyldyzlardaky ýadro reaksiýalary sebäpli örän ýeňil “ýanyp gutarýan”, kosmosda düýbünden ýok diýen ýaly litiý, berilliý we bor elementleridir. Kosmos şöhlelerinde *Ca*, *Fe*, *Ni* ýaly has agyr elementleriň mukdary olaryň kosmosdaky orta mukdaryndan onlarça esse uludyr.

16-njy tablisa

Himiki elementleriň kosmos şöhlelerindäki we Älemdäki ortaça mukdary(atomlaryň otnositel sany)

Himiki elementler	kosmos şöhleleri	Älem boýunça ortaça
H	1000	1000
He	68	152
Li, Be, B	1,5	$1,5 \cdot 10^{-6}$
C, N, Q, F	4,4	1,5
Beýleki elementler (esasan hem Ne, Fe, Mg, Si, S, Al, Ni, Ca)	1,9	0,15

Kosmos şöhlelerinde litiý, berilliý we bor elementleriň anomal (adatdan daşary) köp bolmagy, has agyr ýadrolaryň ýyldyzara gazyň atomlarynyň ýadrolary bilen (esasan hem protonlar we alfa-bölejikler bilen) çakyşmagy sebäpli, dargamasy bilen düşündirilýär. Bu çakyşmalar ýeňil ýadrolaryň otnositel

mukdaryny köpeldýärler we agyr elementleri (esasan hem demir) azaldýarlar. Kosmos şöhleleriň akymynda *Li*, *Be* we *B* elementleriň gözegçilik edilýän mukdarynyň emele gelmegi üçin şöhleler, özünde $3g/sm^2$ saklaýan maddanyň gatlagyndan geçmekleri zerurdyr. Gyzgyn ýyldyzlaryň we ýyldyzara sredanyň paýlanylyşyndan tapawutlylykda, kosmos şöhleleriniň izotrop bolanlyklary sebäpli, olaryň geçen ýoluny bahalandyrmak üçin, ýyldyzara sredanyň dykzylygynyň diametri Galaktikanyň diskiniň kese-kesigine deň bolan, sferik göwrüm boýunça orta bahasyny almaly. Dykzylygyň bular ýaly orta bahasy $10^{-26}g/sm^3$ töweregi ýa-da $1sm^3$ -da wodorodyň 0,01 atomy bolmalydyr.

Kese-kesiginiň meýdany $1sm^2$ bolan we bular ýaly dykzyklykly gaz bilen doldurylan, 3 gramm maddany özünde saklaýan silindriň beýikligi

$$l = \frac{3g/sm^2}{10^{-26}g/sm^3} = 3 \cdot 10^{26}sm = 3 \cdot 10^8ps$$

bolmalydyr. Ol Galaktikanyň ölçeglerinden münlerçe esse uludyr.

Indiki bölümde biz kosmos şöhleleriniň käbir çeşmeleriniň Galaktikanyň çäklerinden hem has uzakda bolup bilýändiglerini göreris. Emma olaryň bellileriniň kuwwatlary gözegçilik edilýän kosmos şöhleleriniň mukdaryny düşündürmek üçin ýeterlik dälir.

Diýmek, kosmos şöhleleri hemişe öz ugurlaryny üýtgedip, biziň Galaktikamyzyň içinde ummasyz ýoly geçýändirler. Ýagtylygyň tizligine ýakyn tizlik bilen hereket edýän zarýadlanan bölejigiň traýektoriasyny üýtgedip biljek sebäp magnit meýdanydyr. Bilşimiz ýaly magnit meýdany zarýadlanan bölejikleriň güýç çyzyklarynyň ugry boýunça hereketine päsgelçilik döretmeýär, yöne keseligine hereket etmäge mümkinçilik bermeýär.

Umumy ýagdaýda zarýadlanan bölejigiň hereketi, magnit meýdanynyň güýç çyzyklarynyň töwereginde, spiral boýunça bolýar. Güýjenmesi 10^{-6} ersted bolan magnit meýdanynda hereket edýän kosmos şöhlesiniň adaty bölejiginiň spiralynyň sarymynyň radiusy parsegiň yüz münden bir bölegine ýa-da iki astronomik birlige deňdir. Bu ululyklar Galaktikanyň ölçegleri bilen deňeşdirenimizde ujypsyzdyr.

dowam eden bolmalydyr. Käbir çaklamalara görä 10^5 ýyla deňdir. Wenera Ýere görä çalt ösen bolmagy mümkindir. Ýer topar planetalaryň taryhynda akkresiýa döwri iň joşgunly, apy-tupanly wagt bolan bolmagy ahmaldyr. Planetalaryň üstlerine örän uly ölçegleri bolan planetalaryň başlangyçlary gaçyp, äpet kraterleri emele getirendirler, maddanyň belli bir bölegi giňişlige zyňylandyr, planetalaryň üstleriniň materialy üznüksiz gaýtadan işlenendir. „Bombalamagyň“ soňky tolkuný protoplaneta dumanlygy emele geleninden ýarym milliard ýyl soň geçendir, ýöne has intensiw bolan wagty ilkinji 10^8 ýylyň dowamydyr. Käbir modellere görä, akkresiýa prosessi birhilli bolan däl, ýagny başda agyr we eremesi has kyn bolmadyk elementler (demir) toplanandyr, silikat mantiýa bolsa soňra emele gelendir. Planetalaryň emele gelşiniň pikir edilişinde başgada gapmagaşylyk (birmanly däl) köpdür. Mysal üçin, Ýer topar planetalaryň emele gelşiniň ýokarda getirilen ýazgysy bilen hemmeler ylalaşýan däl. Alternatiw çaklama görä, Ýer topar planetalaryň başlangyçlary, Günüň daşgyn täsiri netijesinde gaz gabygyny ýitiren, iri protoplanetalar bolandyrlar. 4,5 milliard ýyl öň bolup geçen wakalaryň şekilini dogry dikeltmek örän çylşyrymlydyr. Ýöne oňa garamazdan tamasyz, çözüp bolmaýan mesele däl. Ýyldyzara sreda we örän ýaş ýyldyzlara gözegçiliklerden, meteoritleriň düzüminiň we gurluşynyň derňewinden, planetalaryň atmosferalarynyň düzüminiň barlaglaryndan alnan maglumatlary birleşdirip, bu meseläniň çözüwüne ýakynlanandyr.

Häzirkä zaman astronomiýa ylmy planetalar sistemasynyň ýyldyzlaryň köpüsünde bar bolmagynyň mümkindigini, Gün sistemasynyň Älemde ýeke-täk daldigini, ol adaty ýagdaýdygyny görkezýän, esasy argumentleri berýändir. Bu planetalarda aňly-düşünjeli ýaşayş barmyka diýen sorag adamzady örän gyzyklandyryýandyr. Soňky ýyllarda bu mesele düýpli ylmy esasyda öwrenilip başlanylandyr.

17-nji tablisada käbir galaktikalar üçin ýokarda seredilen esasy fiziki häsiýetnamalary getirilen.

17-nji tablisa

$m_{wiz}=8,0$ -den ýiti bolan galaktikalar barada maglumatlar

Galaktika	Gör nüşi	Diamet. (kps)	Uzatl. (Mps)	m_v	M_{pg}	lgM/M_\odot
Biziň Galak- tikamyz	Sbc	30	- 0,05	- 0,1	-20,9	11,3
Uly Magellan Buludy	Ir	10	0,06	2,4	-18,4	10,0
Kiçi Magellan Buludy	Ir	4,3	0,08	7	-16,3	9,2
Skulptordaky sistema	dE	0,6	0,2	7	-11,2	8,5
Peçdäki sistema	dE	1,8	2,4	7,1	-12,9	9
NGC 55	Sc	38			-20,4	10,5
NGC 224	Sb	40	0,7	3,5	-21,8	11,3
NGC 253	Sc	20	2,4	7	-20,3	11,1
NGC 598	Sc	17	7,7	5,8	-18,7	10,7
NGC 3031	Sb	33	3,3	6,9	-20,3	11,3
NGC 5128	E/S0	15	5,0	6	-22	>11,3

Spiral şahalaryň tebigaty. Galaktikalaryň spiral şahalary-ýyldyzlaryň, esasan hem ýaş ýyldyzlaryň has güri, dykyz ýerleşen çäkleridir. Näme üçin galaktikalaryň disklerinde spiral şahalar bolýar diýen sorag doly çözülen däl. Eger galaktikanyň şahalary öz düzüminde mydama şol bir maddany saklaýan bolsalar, onda galaktikanyň diskiniň gaty jisim ýaly aýlanmaýanlygy, ýagny ýyldyzlaryň merkezden dürli uzaklyklarda dürli burç tizliklerine eýe bolýandyklary üçin, şahalar “süňüp”, ýitip giderdiler. Diýmek, spiral şahalar, üznüksiz dargaýan we täzedan döreýän wagtlaýyn emele gelmedir, ýa-da şahalar ýyldyz diski boýunça özlere mahsus bolan, hemişelik burç tizligi bilen hereket edýändirler we diskiň gaz bar bolan ýerleriniň ählisinde yzygiderlikde ýyldyz emele gelmesini oýandyryýandyrlar. Birinji

ýagdaýda spiral şahalar, ýyldyz emele gelmesi bilen gurşalyp alynan çäkleriň diskiň aýlanmasy sebäpli “süýnmeleri” netijesinde emele gelen, aýry-aýry spirala meňzeş, köp sanly kesimleriň jemi hökmünde seredilmelidir. Bu çäkler, düzüminde saklaýan gyzgyn, ýagtylygy ýiti ýyldyzlar “öçenden” soň, ýitiligi boýunça tapawutlanman başlaýarlar. Ýöne başlanan ýyldyz emele gelme prosessi has giň çäklere ýaýrar ýaly şertler bolan, galaktikanyň başga ýerlerinde ýene ýüze çykýandyrlar.

Has uly ösüşe ikinji çaklama eýe bolandyr. Oňa görä spiral şahalar, maddany gysýan, dykzylygyň boý tolkunlarynyň galaktikanyň gaz-ýyldyz diski boýunça ýaýramagy netijesinde döreýändirler. Bular ýaly tolkunlaryň ýaýramasy aýlanýan diskdäki ýyldyzlaryň kollektiwleýin grawitasiýa özara täsir prosessleri netijesinde mümkindir. Tolkunlaryň “gerşleri” galaktikanyň merkeziniň töwereginde, diskiň ýyldyzlarynyň merkezden uzaklygyna baglylykda üýtgeýän burç tizligi bilen aýlanýandyklaryna garamazdan, hemişelik burç tizligi bilen aýlanýan spirallaryň ugruna (boýuna) ýerleşip bilýändirler. Islendik mehaniki yrgyldylaryň ýaýramagy üçin zerur bolan maýyşgaklyk güýjüniň ýerini, diskiň aýlanmasy bilen bagly bolan koriolis güýji tutýar. Tolkunýň fronty geçende diskiň ýyldyz ilatynyň gürüligi (dykzylygy) bary-ýogy birnäçe prosent artyp bilýär, emma ýyldyzara gaz bular ýaly tolkunýň täsirine dykzylygynyň birnäçe esse artmagy bilen jogap berer. Ýyldyzara gazyň dykzylygynyň artmagy onuň, atomlary biri-birleri bilen çakyşýan, bir bütewi sreda bolanlygy üçindir (adatça ýyldyzara sredada gazyň atomlarynyň erkin ýolunyň uzynlygy parsegiň ýüzden bir ülüşlerinden uly dälendir). Gazyň dykzylygyň tolkununda gysylmasy onuň ýyldyzlara kondensirlenmegine ýardam edýär. Şonuň üçin spiral şahalar ýaş ýyldyzlaryň we ionlaşan gazyň konsentrirlenen çäkleri hökmünde tapawutlanýandyrlar.

Spiral şahalar barada çaklamalaryň ikisi hem biri-birini inkär edýän dälendir. Spiral şahalaryň umumy görnüşi dykzylyk tolkunlary bilen, köplenç örän çylşyrymly bolan, ownuk ölçegli (kiçi masştably) içki gurluşy bolsa aýlanýan diskde ýyldyz emele gelmeginiň ýaýramagynyň aýratynlyklary bilen baglydyr.

gelip başlaýandyr. Planetalaryň emele gelmesi edil Protogünün emele gelmegine meňzeşdir, diskler emele gelýändir we soňra olardan hemralar sistemasy emele gelýändir.

Bu döwrüň başlangyç tapgyrynda, protoýyldyz emele gelmezinden ön bugaran, soňra diske düşen, tozan maddanyň bölegi ýene-de gaty faza geçýär. Ol kondensirlenme prosessidir, şonda adaty hondritleriň bölejikleri, şol sanda hondralaryň özlari hem emele gelendirler (§135 seret).

Hereket mukdarynyň momentiniň paýlanyşynda ýüze çykýan klassiki kynçylyklary aradan aýyrmak üçin häzirkizaman modellerde, protoplaneta dumanlygyndaky gaz bölekleyin ionlaşandyr, Protogün bolsa ýeterlik magnit meýdanyna eýedir. Plazmanyň we magnit meýdanynyň özara täsiri netijesinde protoplaneta dumanlyga momenti berýän, gaz akymlary döreýändir.

4. Indiki döwür takmynan 10^8 ýyl tutýar. Protogünüň grawitasion gysylmasy dowam edýär. Bu döwrüň başlangyjynda ol T Öküzçe ýyldyzyň tapgyrynda ýerleşendir. Onuň ölçegleri kiçelip, şu wagtky ýagdaýyna ýakynlaşýar. Protoplaneta dumanlygyň içki böleginden gazy süpürüp aýyryýan, güýçli ýyldyz şemaly öwürýändir. Onuň daşky böleginde bolsa äpet planetalaryň emele gelmegi dowam edýär.

Protoplaneta dumanlygynyň tozan maddasy käbir orta tekizlige has konsentrirlenýär. Konsentrasiýanyň artmagy sebäpli tozanjyklar çakyşýarlar, has iri bölejikler emele gelýärler, gaty jisimleriň akkumulýasiýa (toplanma) prosessi gidýär. Esasan hem uly jisimleriň kiçi jisimleriň hasabyna ulalmasy bolýar. Olaryň asteroidlere meňzeş, has uylary-planetalaryň başlangyçlary, ýagny planetezimalilerdir.

Netijede birnäçe aýratyn iri jisimler emele gelýär. Olar akkresiýa ýadrosyna öwürülýärler we olaryň töwereginde Ýer topar planetalaryň emele gelmesi bolýar. Şol döwürde planetalaryň başlangyçlarynyň sany örän köpdür, çakyşmalarda olar diňe birleşmän, köplenç pytrap hem gidýändirler. Şular ýaly pytramalar differensirlenen meteoritleri döredendirler (§135 seret).

Ýeriň şu günki ölçeglerine çenli ösüşi takmynan 10^8 ýyllap

dykylanma aşatäze ýyldyzyň partlamasy netijesinde, ondan ähli ugurlar boýunça ýaýran, urgy tolkunynyň täsirinden başlanan bolmagy mümkindir. Partlamanyň önümleri ýyldyzara tozanyň içine aralaşandyr, ol bolsa soňra kömürli hondritleriň düzümine girendir.

2. Buludyň massasy ýyldyzyň massasyna deňeçerräk bolan, has dykz bölekleri gysylp başlaýar. Bulut böleklere (fragmentlere) bölünýär, olaryň biri soňra Güni we Gün sistemasyny döredýär. Bular ýaly gysylýan bölegiň merkezinde tozanyň we gazyň goýulanmasy emele gelýär. Ol *akkresiýanyň* ýadrosydyr. Akkresiýa prosessi goýulanma tarapyndan daş töweregindäki seýreklendirilen sredanyň dartylyp alynmagydyr. Onuň netijesinde ýadronyň massasy kem-kemden ulalýar.

3. Haçanda merkezi goýulanmanyň massasy takmynan $0,1M_{\odot}$ ýetende madda dury däl bolýar, temperatura artýar we tozan bugarýar. Bu hadysa fragmentiň gysylp başlanyndan 10^4 - 10^5 ýyl geçenden soň başlanýar. Tozanyň bugarmasynyň yz ýanyndan molekulýar wodorodyň dissosiasıýasy (dargamasy) başlanýar. Şunlukda merkezi goýulanma gysylýar we gazdan ybarat bolan protoýyldyz (Protogün) emele gelýär. Protoýyldyzyň emele gelmesi örän çalt, takmynan 10 - 100 ýylda bolup geçýär.

Ýyldyzara maddanyň protogün tarapyndan akkresiýasy dowam edýär, onuň massasy we radiusy ulalýar. Ýene-de takmynan 10^5 ýyldan massa häzirki derejesine ýetýär, radius bolsa häzirki wagtdakydan takmynan 100 esse uly bolýar. Ýyldyzara maddanyň akyp gelmesi tamamlanýar. Protogünüň grawitasion gysylma tapgyry başlanýar. Bu wagtyň dowamynda eýýäm merkezi Protogün bolan, disk görnüşli gaz-tozan protoplaneta dumanlygy (PPD) bardyr. Onuň rotasion durnuksyzlyk sebäpli döreyän bolmagy ähtimaldyr. Protoplaneta dumanlygy we Protogünüň özi birwagtda emele gelýändirler, ýöne soňraky akkresiýa prosessinde ulalmasy dowam etdirýändir. Dürli teoretiki modellerde protoplaneta dumanlygyň maksimal massasynyň bahasy $0,01$ -den 2 -i M_{\odot} çenli aralykda ýerleşýändir.

Protoplaneta dumanlygyň diskiniň halka görnüşli gurluşynyň bolmagy ahmaldyr. Onuň daşky böleginde äpet planetalar emele

§166. Galaktikalaryň ýadrolarynyň işjeňligi we kwazarlar

Galaktikalaryň ýadrolarynyň işjeňligi. Soňky wagtlarda galaktikalaryň merkezi bölekleriniň aýratyn uly gyzyklanma döredýändikleri aýdyň bolandyr. §162-de görşümüz ýaly, meňzeşi köp gabat gelýän, biziň ýyldyz sistemamyzyň merkezinde hem gyzykly we entek doly öwrenilmedik hadysalaryň köpüsi gözegçilik edilýändir. Beýleki galaktikalaryň hem ýadrolary köplenç özboluşly häsiýetleri bilen tapawutlanýarlar. Köp galaktikalaryň ýadrolary örän uly energiýanyň çeşmeleridir we ol adaty ýyldyzlaryň şöhlelenmesiniň netijesi bolup bilmez. Käbir ýagdaýlarda bu çeşmeleriň şöhlelenmesiniň kuwwaty bütün galaktikanyň ýyldyzlarynyň şöhlelenmeleriniň kuwwatynyň jeminden hem uludyr. Galaktikalaryň ýadrolarynda energiýanyň intensiw bölünmesi bolýan bolsa, onda olara işjeň (aktiw) diýilýär. Ýadrolaryň işjeňligi dürli görnüşlerde ýüze çykyp bilýändir. Käbir ýagdaýlarda bu işjeňlik, çeşmesi galaktikanyň merkezinde ýerleşen, burç ölçegleri $0''$, 1 - $0''$, 01 -den kiçi bolan, uly bolmadyk ykjam obýektiň, spektriň dürli çäklerindäki kuwwatly elektromagnit şöhlelenmesidir. Beýleki ýagdaýlarda bolsa ýadrodan galaktikaara giňişlige, sinhrotron radioşöhlelenmesi bolan, relýatiwistik elektronlaryň buludy görnüşinde, ýa-da köplenç onlarça müň km/s tizlikler bilen uçýan, adaty gazyň buludy görnüşinde maddanyň zyňylmasy bolýar. İşjeň ýadrolary bolan galaktikalaryň käbir görnüşlerine seredeliň.

Seýfertiň galaktikalary. İşjeň ýadroly galaktikalar normal galaktikalaryň umumy sanynyň birnäçe prosentini düzýändir. Merkezinde örän kiçi burç ölçegleri bolan ýiti çeşme gözegçilik edilýän, seýfertiň galaktikalary diýilýän galaktikalar aýratyn köp duş gelýändirler. Onuň şöhlelenme spektri ýyldyzlaryň spektrinden düýpli tapawutlanýandyr. Üznüksiz spektri adatça ýylylyk däl häsiýete eýedir, ýagny gyzgyn jisimleriň şöhlelenmesi bilen düşündirip bolmaýar. Spektrinde adaty gazlaryň giň emission çyzyklary bardyr. Olaryň uly giňligi dopler hadysasy bilen baglanyşyklydyr we ýadroda gazyň örän uly tizlik bilen hereket edýänligindendir. Ýadrolaryň şöhlelenmesiniň wajyp

ayratynlygy onuň üýtgeýänligidir, käwagt ýadronyň ýagtylanyjylygy birnäçe aýyň, hepdäniň, hatda günüň dowamynda ýeterlik üýtgeýändir. Bu bolsa ýadrodaky şöhlenenmäniň esasy çeşmesiniň, galaktikanyň ölçegleri bilen deňeşdirileňde örän kiçidigini görkezýär. Onuň ölçegleri ýagtylygyň birnäçe günde geçýän aralygyndan uly bolup bilmez, sebäbi çeşmäniň dürli ýerlerinden ýagtylygyň bize gelýän wagtynyň tapawutly bolany üçin, ýagtylanyjylygyň çalt üýtgemeleri gözegçilik edilmezdi. Şular ýaly uly bolmadyk çäklerde kuwwaty 10^{27} Wt bolan şöhlenenme döreyändir.

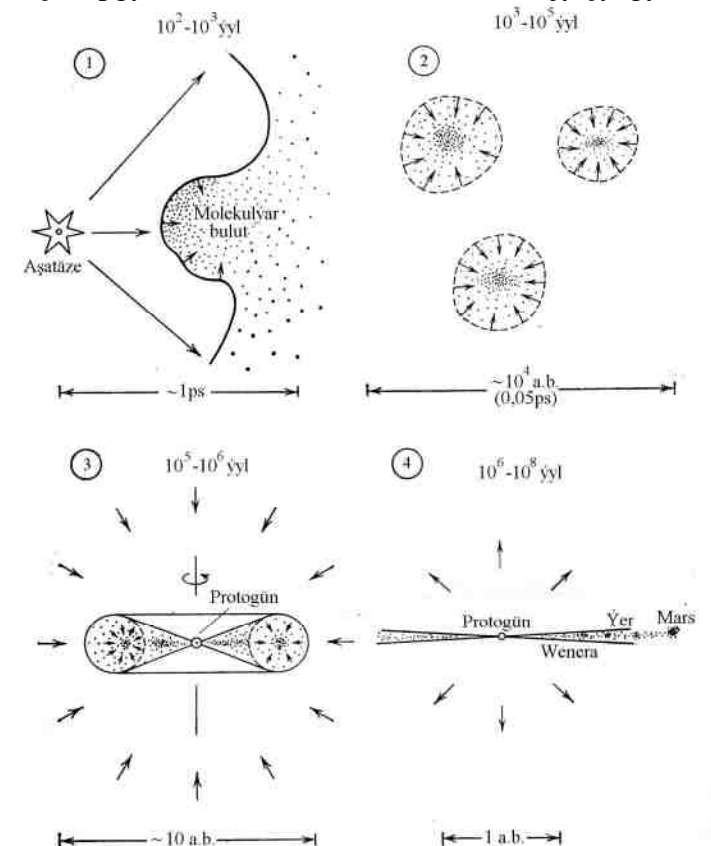
Radiogalaktikalar. İşjeň ýadrolary bolan galaktikalaryň ýene bir görnüşi radiogalaktikalardyr. Olar adatyça massiw ellips görnüşli galaktikalara deňşidirliler we adaty, normal galaktikalaryň radioşöhlenenmesinden intensiwligi onlarça mün esse uly bolan, kuwwatly radioşöhlenenmesi bilen tapawutlanýandyrlar. Radioşöhlenenmäniň mehanizmi sinhrotrondyr we magnit meýdanynda hereket edýän, relýatiwistik bölejikleriň bulutlarynyň zyňlmasy bilen baglanyşyklydyr. 223-nji çyzgyda Sentawr ýyldyz toparyndaky radiogalaktika-Sentawra radioçeşme görkezilen. Adaty däl bu elliptik galaktikanyň ýadrosyny bizden ýapýan, gaz-tozan diski bardyr. 500 töweregi kuwwatly radiogalaktika bellidir.

Kwazarlar. 1963-nji ýylda radioşöhlenenmäniň kiçi burç ölçegli çeşmeleriniň asmanyň adaty fotografiýalaryndaky ýyldyza meňzeş obýektlerdigi tassyklanyldy. Olary radioşöhlenenmäniň kwaziýyldyz çeşmeleri (gysgaça kwazar) ýa-da kwaziýyldyz obýektler diýip atlandyryýarlar, sebäbi soňky ýyllarda olaryň hemmesiniň radioşöhlenenmäniň kuwwatly çeşmeleri daldigi anyklanykdy. Häzirki döwürde şular ýaly obýektleriň 1500 töweregi bellidir.

Kwazarlaryň birnäçe özboluşlyklary olaryň galaktikalaryň işjeň ýadrolary bilen meňzeşligini görkezýär. Olara şular deňşidir: 1) şöhlenenmesiniň birnäçe günüň we hatda ondan hem gysga wagtyň dowamynda üýtgemegi; 2) ykjamlygy (şöhlenenmäniň üýtgame masştabyndan gelip çykýan, ýüzlerçe astronomik birliklerden uly bolmadyk ölçegleri); 3) spektriň ýylylyk däl häsiýeti; 4)

§172. Gün sistemasynyň emele gelşi we ösüş ýollary barada häzirki zaman düşüňjeler

Gün sistemasynyň emele gelşi we ösüşiniň (ewolýusiýasynyň) irki döwri baradaky düşüňje häzire çenli doly tamamlanan teoriýa häsiýete eýe bolan däl. Emma oňa garamazdan Günüň we planetalaryň emele gelýän wagtynda wakalaryň, hadysalaryň ýaýbaňlanan „ssenarisiniň“ umumy keşbi eýýäm kesgitlenendir. Ony birnäçe tapgyrlara bölmek mümkindir (229-njy çyzgy).



229-njy çyzgy. Gün sistemasynyň emele gelmeginiň çäk edilýän tapgyrlary.

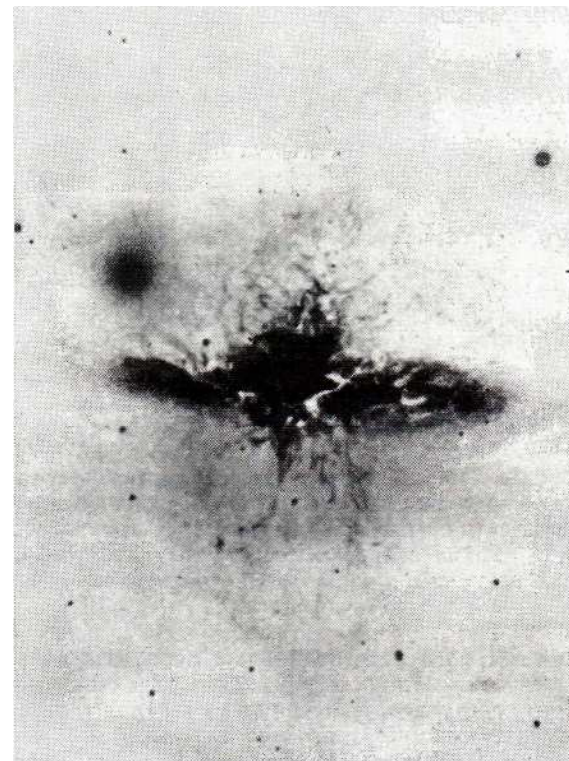
1. Molekulalardan (H_2 , H_2O , OH we beýlekiler) we gazdan ybarat bolan, ýyldyzara maddanyň buludynyň dykylanmagy. Bu

bir bölegini goparandyr. Bu maddanyň kondensirlenmesi netijesinde planetalar emele gelendir.

Iki ýyldyzyň biri-birine örän ýakyn geçmeginiň ähtimallygynyň ujypsyzdygyny, Galaktika dörali bári onda planetalar sistemasynyň az mukdarynyň, mümkin, diňe ýeke-täk biziň Gün sistemamyzyň emele gelendigini görkezmek (esaslandyrmak) bolar. Bu netije Jinsiň çaklamasynyň dogrulygyna şübhe döredýär, ýöne takyk aýdylanda, ony düýpli garşylyk hökmünde seretmek bolýan däl. Jinsiň çaklamasynyň has anyk seljerilmesi onuň hakykata laýyk daldigini ikiuçsyz subut edýän başga argumentleri ýüze çykarandyr. Günden zyňylan maddanyň udel burç momenti ýakynyndan geçýän ýyldyzyň burç momentinden uly bolup bilýän däl. Hasaplamalar Gün sistemasynyň emele gelmegi üçin Gün we beýleki ýyldyz 5000km/s töweregi tizlik bilen duşuşmalydyr, bu bolsa Galaktikadaky parabolik tizlikden (300km/s) hem köp uludyr. Galaktikada parabolik tizlikden uly tizlikli ýyldyzlar örän azdyr.

Spektral derňew Güňüň düzüminde litiýniň we deýteriýniň Ýerdäkä garanynda has azdygyny görkezýär. Litiý we deýteriý ýadro reaksiýalarynyň netijesinde „ýanyp gutarýandyrlar“. Eger-de olar planetalaryň düzüminde köp bolsalar, onda bu ýagdaý planetalaryň emele gelen maddasynyň Güňüň maddasyndan onda ýadro reaksiýalary başlanmanka bölünendigini aňladýar. Şeýle hem Güňüň jümmüşinden goparylan gaz süýmüniň kondensirlenme meselesi seredilendir. Bular ýaly süýmdäki gazyň temperaturasy örän ýokary, birnäçe yüz mün gradus bolmalydyr. Güňüň jümmüşinde gazyň basyşy daşky gatlaklaryň agramy bilen deňagramlaşýar. Eger-de bular ýaly temperaturaly gaz daşyna zyňylsa, onda örän çalt sowamasa, derrew dargar. Hasaplamalar zyňlan gazyň dargamagy üçin birnäçe sagadyň ýeterlikdigini, sowamak üçin bolsa birnäçe aýyň gerekdigini görkezýär.

kwazarlaryň spektrlerinde gözegçilik edilýän emission çyzyklaryň güýçli giňelmesi.



223-nji çyzy. Partlaýan M82 galaktikanyň wodorodyň H α çyzyklarynda alynan fotosuraty (negativ).

Ilkibaşda kwazarlaryň spektral çyzyklaryny haýsy obýektlere degişlidigini anyklamak başartmaýar. Emma ýakyn wagtyň dowamynda kwazarlaryň spektrlerinde öň gowy belli bolan, adaty gaz dumanlyklarynyň spektrlerinde gözegçilik edilýän, ýöne örän güýçli gyzyly süýşmesi bolan çyzyklar bilen iş salyşylanlygy anyklanyldy. Şeýlelikde, optiki çäklerde ululygy 13^m bolan obýekt ýaly gözegçilik edilýän, in ýiti 3C 273 kwazar (Üçünji Kembrij katalogy boýunça) üçin gyzyly süýşme $\Delta\lambda/\lambda=0,16$ deňdir, has gowşak obýektler üçin bu ululyk 2-den hem uludyr. Gyzyly süýşmäniň bular ýaly ululyklarynda, adatça spektriň ultramelewşe

çäklerinde ýerleşen çyzyklar görüňän (optiki) çäklere geçýärler we şunlukda spektr tanalmaz ýaly üýtgeýär.

Kwazarlaryň spektrlerindäki çyzyklaryň gyzyly süýşmesini düşündirmek üçin dopleriň hadysasyndan başgada birnäçe çaklamalar aýdylandyr. Emma olaryň peýdasyna ýeterlik esaslar tapylan däldir. Kwazarlaryň spektrindäki gyzyly süýşme olaryň ýagtylygynyň tizligine ýakyn tizlikler bilen uzaklaşýandyklary we Älemiň giňelmesi neticesinde ýüze çykýan bolmalydyr. Eger ol şeýle bolsa, onda Habblyň kanunyna laýyklykda kwazarlar bizden has uzakdaky obýektlerdir we özläriniň uly ýagtylanyjylygy bolandyklary üçin, milliardlarça ýagtylyk ýylyna deň bolan uzaklyklarda maddanyň häsiýetlerini öwrenmeklige mümkinçilik berýärler. Ýagtylanyjylyklary kwazarlardan ýüzlerçe esse kiçi bolan adaty galaktikalary häzirki döwür enjamlarynyň kömegi bilen bular ýaly uzaklyklarda gözegçilik edip bolýan däldir. Agzalyp geçilen 3C 273 kwazar in ýakyn obýektleriň biridir we ol bizden 600Mps uzaklykdadyr. Has uly uzaklyklarda kwazarlaryň sany kemelýän bolmalydyr. Kwazarlar uzaklygynyň käbir aralygynyň çäklerinde ýerleşen bolmalydyr. Bu bolsa kwazarlaryň esasy köplüginin Älemiň ewolýusiýasynyň belli bir tapgyrynda emele gelendiklerini görkezýär.

Kwazarlar öz häsiýetnamalary boýunça köplenç seýfertiň galaktikalarynyň ýadrolaryny ýadyňa salýarlar. Emma olaryň düýpli tapawudy kwazarlaryň bölüp çykarýan energiýasynyň kuwwaty seýfertiň galaktikalarynyň işleň ýadrolarynyňkydan müňlerçe esse köpdür. Hemmesi bolmasa-da, kwazarlaryň köpüsi aýratyn işjeň we öz ewolýusiýasynyň gysga wagtlaýyn tapgyryndaky galaktikalaryň ýadrolarydyr. Bu aýdylanlary birnäçe sany örän ýakyn ýerleşen kwazarlaryň töwereginde, ölçegleri onlarça kiloparsek bolan çäklerde ýagtylanmanyň ýüze çykarylmany tassyklaýar. Onuň ýagtylygynyň ýitiligi we spektri boýunça ýadrolarynda kwazarlar ýerleşen galaktikalara deňşlidigi görüňär.

Galaktikalaryň ýadrolary we kwazarlar tarapyndan köp mukdarda energiýanyň bölünip çykarylmanyň mehanizmi doly anyklanman däldir. Çaklamalara görä ol jisimleriň grawitasion özara

$$I = m \omega r^2$$

hemişelik bolsa, onda dumanlyk gysylanda ω artýandyr. Goý dumanlygynyň doly massasy M bolsun. Onda m elemente

$$F_1 = G \frac{Mm}{r^2}$$

bolan agyrlyk güýji we

$$F_2 = m\omega^2 r = \frac{I^2}{mr^3}$$

bolan merkezden daşlaşýan (gaçýan) güýç täsir edýändir.

Gysylmada merkezden daşlaşýan guýç agyrlyk güýüne garanynda çalt ulalýandyr we olaryň deňleşen pursatynda *rotasion durnuksyzlyk* ýüze çykýandyr. Şonda dumanlyk paşşaryp, **çeçewisa** görnüşe eýe bolýandyr we onuň ekwatoryndan madda bölünýändir. Zyňylan maddadan dumanlygynyň töwereginde, Saturnyň halkalaryna meňzeş, tekiz halkalar emele gelýändir. Laplas dumanlykdan zyňylan gaz soňra planetalara kondensirlenýär diýip hasaplapdyr. Häzirki zaman kosmogoniki göz önüne getirmelerde Kantyny we Laplasyň çaklamalarynyň kesgitli elementleri (Günüň we planetalaryň şol bir başlangyç dumanlykdan bir wagtda emele gelme pikiri, rotasion durnuksyzlygynyň wajyplygy) saklanyp galandyr. Olaryň bu ýerde agzalyp geçilmegi diňe taryhy gyzyklanma bilen çäklenýän däldir.

Öň bellenilişi ýaly, Gün sistemasynda hereket mukdarynyň momentiniň 98%-i planetalara we diňe 2%-i Güne degişlidir. Eger hereket mukdarynyň momentini massa birligine gatnaşdyrsak (bu ululyga *udel burç momenti* diýilýär), onda tapawut 50 esse dälde, 50000 esse bolýar. Kantyny we Laplasyň çaklamalary klassik görnüşinde ony düşündirip bilmeýär. Hakykatdan hem, ilkibaşdaky dumanlykda gysylmadan öň hemme elementler deňhukuklydyr we birmeňzeş burç tizligine eýedir. XX asyryň başynda inlis alymy Jins, bu kynçylygy aradan aýyrmaga mümkinçilik berýän, başga kosmogonik çaklamany teklipl edýär. Jinsin çaklamasyna görä Gün hem, edil beýleki ýyldyzlar ýaly, planeta sistemasyz emele gelendir. Planetalar sistemasy diňe katastrofa netijesinde emele gelendir, ýagny Günüň ýanyndan başga bir ýyldyz örän ýakyn geçip, onuň jümmüşinden maddanyň

getirýär. Eger ol çalt aýlanýan bolsa, onda spiral galaktika emele gelyär, eger haýal bolsa, onda elliptik galaktika emele gelyär. Näme üçin Älemdäki madda, soňra galaktikalar emele gelen, aýry-aýry gaz bulutlara bölünipdir, näme üçin biz galaktikalaryň biri-birinden uzaklaşmagyny gözegçilik edýäris, galaktikalar emele gelmezden öň Älemdäki materiýa nähili görnüşde bolupdyr diýen soraglaryň ýüze çykmagy tebigydyr. Bu gyzykly we wajyp meseleler indiki bapda serediler.

§171. Planetalaryň emele gelişleri. Kantýň, Laplasyň, Jinsiň çaklamalary

XVIII asyrdäki Nýuton mehanikasynyň üstünlikleriniň netijesinde Älem, tebigatyň takyk kanunlary tarapyndan dolandyrylýan, üýtgemeyän sistema görnüşinde göz önüne getirilipdir. Bu sistemada, başlangyç pursatdaky „döredilme aktyndan“ başga, hudaý tarapyndan döredilmä ýol berilýän däldir. Älemiň çylşyrymly mehanizmi ilki başda bir sapar göýberilip („başlangyç itergi“), soňra ol öz-özünden, hiç-hili üýtgemesiz „gidendir“ diýip hasaplanypdyr. Ondan öň Dekart (1644ý) ilkinji bolup, Gün sistemasy gaz we tozan buludyndan emele gelendir diýen çaklamany aýdandyr. Meňzeş çaklamany soňra Býuffon (1749ý) we Kant (1755ý) ösdürendirler. Olar buludyň merkezinde Gün, gýralarynda bolsa planetalar emele gelen bolmaly diýip hasaplapdyrlar. Bu görnüşdäki göz önüne getirme umumy çäklerde dogrudyr, ýöne şol döwürde ony has anyk işläp düzmek başartmandyr. Sebäbi şol döwürde atom teoriýasy, termodinamika, gazlaryň kinetik teoriýasy, kosmosdaky elementleriň bolçulygy barada we beýleki köp zerur bolan maglumatlar bolmandyr.

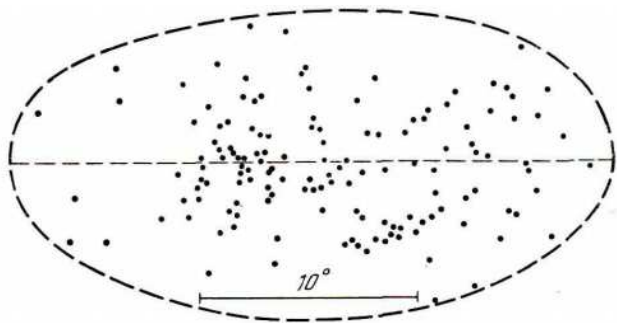
1796-njy ýylda Laplas planetalaryň emele gelme prosesinde dumanlygyň aýlanmasynyň uly wajyp orun eýeleýändigini barada çaklama aýdýar. Hakykatdan hem, gysylýan sferik dumanlygyň m massaly elementi, radiusy r bolan orbita boýunça burç tizligi bilen aýlanýan bolsun. Eger bu elementiň hereket mukdarynyň momenti

täsiriniň energiýasynyň boşadylmagy bilen bagly bolmalydyr. Hasaplamalar onuň ýadro reaksiýalarynda bölünýän energiýadan hem effektiwdigini görkezýär. Zerur bolan grawitasion energiýa gaz örän “çuň” potensial çukura (mysal üçin, massiw gara girdaba) gaçanda ýa-da massasy yüzlerçe million Gün massasyna deň massaly plazma ýagdaýdaky jisim hususy grawitasiýa täsiri netijesinde, bölünip çykyp biler.

Şeýlelikde, galaktikalaryň ýadrolarynyň işleňligini öwrenmeklik ýyldyz sistemalarynda hil taýdan täze prosesleriň ýüze çykarylmagyna getirdi. Olary düşündirmek fizika we astrofizika üçin çylşyrymly meseleleriň biridir.

§167. Galaktikalaryň giňişlikdäki paýlanylyşy

Galaktikalar özbaşdak, ýekebara örän seýrek gabat gelyärler. Adatça olar birnäçe agzasy bolan, uly bolmadyk toparlar görnüşinde ýa-da düzümine münlerçe galaktikalar girýän, giň üýşmek görnüşinde gabat gelyärler. Biziň Galaktikamyz Ýerli topar diýip atlandyrylýan toparyň düzümine girýändir. Onuň düzüminde üç sany uly spiral galaktika (biziň Galaktikamyz, Andromeda dumanlygy we Üçburçlyk ýyldyz toparyndaky galaktika), şeýle hem 20-den gowrak karlik elliptik we nädogry galaktikalar (olardan iň ulusy Magellan bulutlary) bardyr. Galaktikalaryň üýşmeginiň ortaça ölçegleri birnäçe megaparseklere deňdir. Olarda galaktikalaryň hereketiniň oňnositel tizligi köplenç 1000 km/s –dan uludyr. Olar seçelenen (nädogry) we sferik üýşmeklere bölünýändirler. Seçelenen üýşmekleriň nädogry görnüşi bardyr we dykzlygy boýunça güýçli tapawutlanýan merkezi bölegi ýokdur. Uly seçelenen üýşmege mysal edip, düzümindäki galaktikalaryň ýerleşişini 224-nji a çyzgyda getirilen, Gyz ýyldyz toparynda üýşmegi görkezmek bolar. Onuň ölçegi 12^0 -dan kiçi däldir. Bu üýşmegiň düzüminde birnäçe mün galaktika bolup, olaryň köpüsi spiral görnüşli galaktikalara degişlidir. Üýşmegiň merkezine çenli uzaklyk 13 Mps töweregidir.



224-nji çyzgy. a) Gyz ýyldyzy toparynda galaktikalaryň üýşmegi.

Galaktikalaryň sferik üýşmekleri has ykjam we simmetrikdir. Onuň agzalary merkeze konsentirlenendirler. Bu üýşmekler esasan hem elliptik we linza şekilli galaktikalardan ybaratdyrlar. Bular ýaly üýşmege mysal edip Weronikanyň saçlary ýyldyz toparyndaky galaktikalaryň üýşmegini görkezmek bolar (224-nji b çyzgy). Onuň düzüminde 19-njy fotografik ýyldyz ululygyndan ýiti bolan, 30000 galaktika bardyr. Üýşmege çenli uzaklyk 100Mps töweregidir.

Düzüminde köp sanly galaktikalary saklaýan üýşmekleriň köpüsi ölçegleri dowamly bolan, kuwwatly rentgen şöhlelenmesiniň çeşmeleri bilen baglanyşyklydyr. Galaktikalaryň esasy köplügi spektriň rentgen çäklerinde gowşak şöhlendirýändirler. Galaktikalaryň üýşmeklerinden gelýän şöhlelenme olaryň aralyklarynda temperaturasy $10^7-10^8 K$ we dykzlygy adatdan daşary kiçi, ýagny $10^{-27}-10^{-28} g/sm^3$ bolan gyzgyn gazyň barlygy bilen düşündirilýär. Bular ýaly gaz ýokary temperaturasyny gyzdyryjy çeşmäniň ýok ýagdaýynda-da milliardlarça ýylyň dowamynda saklap biler.

Galaktikalaryň giňişlik boýunça paýlanylyşynda ölçegleri onlarça megaparseklere deň bolan, has iri birhilidällikler hem bardyr. Galaktikalaryň ýokary dykzlygy bolan çäkler (has güri) galaktikalaryň we olaryň üýşmekleriniň ortaça dykzlygy köp kiçi bolan “boşluklar” bilen gezekleşýändirler. Galaktikalaryň we olaryň üýşmekleriniň ýokary dykzlygy (gürüligi) bolan we bize

nesiliň ýyldyzlary, sferik düzüjiniň ýyldyzlaryna bolsa birinji nesiliň ýyldyzlary diýilýär. Beýle bölünişik tekiz düzüjiniň ýyldyzlarynyň eýýäm ýyldyzlaryň jümmüşinde bolan maddadan emele gelendiklerini nygtamak üçin edilendir.

Beýleki spiral görnüşli galaktikalaryň hem ewolýusiýasynyň suňa meňzeşlikde bolup geçýän bolmaklygy ähtimaldyr. Ýyldyzara gazyň jemlenen, spiral gollaryň görnüşleri umumy galaktik magnit meýdanynyň güýç çyzyklarynyň ugry bilen kesgitlenýän bolmalydyr. Ýyldyzara gazyň „ýelmenen“ magnit meýdanynyň maýyşgaklygy gaz diskiň dykzlanmagyny çäklendirýändir. Eger ýyldyzara gaza diňe agyrylyk güýji täsir edýän bolsa, onda onuň gysylmasy tükeniksiz dowam ederdi. Şonda ýokary dykzlygyň netijesinde ol örän çalt ýyldyzlara kondensirlenerdi we ýyldyzara gaz düýbünden ýitip giderdi. Ýyldyz emele gelmeginiň tizligi takmynan ýyldyzara gazyň dykzlygynyň kwadratyna proporsional diýip hasaplamaga esas bardyr.

Eger galaktika haýal aýlanýan bolsa, onda ýyldyzara gaz agyrylyk güýjüniň täsiri netijesinde merkezde jemlenýändir. Bular ýaly galktikalarda çalt aýlanýan galaktikalara garanyňda magnit meýdany gowşagrakdyr we ýyldyzara gazyň gysylmagyna az päsgelçilik berýändir. Merkezi çäklerde ýyldyzara gazyň dykzlygynyň ýokary bolmagy onuň ýyldyzlara öwrülip, örän çalt harçlanmagyna getirýär. Netijede, haýal aýlanýan galaktikalar merkezinde ýyldyzlaryň gürüligi çürt-kesik artýan, takmynan sferik görnüşli bolmalydyr. Bilşimiň ýaly, edil şular ýaly häsiýetnamalara elliptik galaktikalar eýedir. Olaryň spiral galaktikalardan tapawudynyň sebäbi haýal aýlanýandyklarynda bolmalydyr. Ýokarda aýdylanlardan elliptik galaktikalarda irki spektral toparlaryň ýyldyzlarynyň azlygy, şeýle hem ýyldyzara gazyň azlygy hem düşnüklidir.

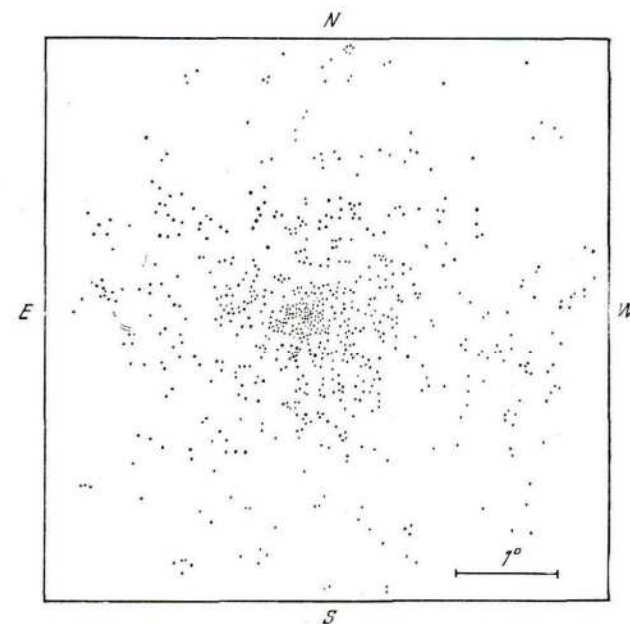
Şeýlelik bilen galaktikalaryň ewolýusiýasyny, takmynan sferik görnüşli bolan, gaz buludy tapgyryndan başlap yzarlamak mümkindir. Bu bulut wodoroddan ybaratdyr we birhilli däl. Gazyň aýry-aýry goýulanmalary hereket edip, biri-birleri bilen çakyşýarlar, kinetik energiýanyň üýtgemegi buluduň gysylmagyna

özügmelere sezewar bolýar we şeýdip has çylşyrymly ýadrolar emele gelýärler. Emma has agyr ýadrolaryň, ýagny uranyň we toriýniň emele gelmegini bu usul bilen düşündirip bolmaýar. Sebäbi, radioişjeň izotoplaryň durnuksyz tapgyryndan geçmeli bolardy. Olar bolsa indiki nuklony tutup alýança dargap giderdiler. Şonuň üçin himiki elementleriň Mendeleyew tablisasynyň ahyrynda ýerleşen, iň agyr elementler aşatäze ýyldyzlar lowurdanda emele gelýändirler diýip çak edýärler. Aşatäzäniň lowurdamasy ýyldyzyň çalt gysylmasynyň netijesidir. Şonda temperatura katastrofik artýar, atmosferada zynjyrlý termoyadro reaksiýalary bolýar we neýtronlaryň kuwwatly akymly döreyär. Neýtronlaryň akymynyň intensiwligi örän uly bolanlygy sebäpli, hatda aralyk durnuksyz ýadrolar hem pytrap (weýran bolup) ýetişmeýärler. Sebäbi oňa çenli durnuksyz ýadrolar täze neýtronlary tutup alýarlar we durnukly ýagdaýa geçýärler.

Öň belleýsimiz ýaly, agyr elementler sferik düzüjiniň ýyldyzlarynda tekiz düzüjiniň ýyldyzlaryndakydan köp azdyr. Bu ýagdaýy sferik düzüjiniň ýyldyzlarynyň Galaktikanyň ewolýusiýasynyň iň başlangyç tapgyrynda, entek ýyldyzara gazyň düzüminde agyr elementleriň az wagty emele gelendikleri bilen düşündirilýändir. Ol döwürde ýyldyzara gaz, konsentrasıýasy merkeze tarap artýan, sfera ýakyn şekilli bulut görnüşinde bolupdyr. Edil şular ýaly paýlanyşygy şol döwürde emele gelen, sferik düzüjiniň ýyldyzlary saklap galandyrlar.

Ýyldyzara gazyň bulutlarynyň çakyşmalary netijesinde olaryň tizlikleri ýuwaş-ýuwaşdan peselendir, kinetik energiýa ýylylyga geçendir we gaz buludynyň umumy görnüşü hem-de ölçegleri üýtgändir. Hasplamalar bular ýaly bulutlaryň çalt aýlanan ýagdaýlarynda gysylan disk görnüşe eýe bolýandygyny, ýagny biziň Galaktikamyzda gözegçilik edilýäni ýaly bolmalydygyny görkezýär. Şonuň üçin, has giçki döwürlerde emele gelen ýyldyzlar tekiz düzüjini emele getirýändirler. Ýyldyzara gaz tekiz düzüjini emele getirmezden öň ýyldyzlaryň jümmüşinde gaýtadan işlenip geçilendir we onuň düzüminde agyr elementleriň mukdary ýeterlik köpelendir. Şonuň üçin tekiz düzüjiniň ýyldyzlary agyr elementlere baýdyr. Köplenç tekiz düzüjiniň ýyldyzlaryna ikinji

iň ýakyn ýerleşenine Aşagalaktika ýa-da Ýerli aşauýşmegi diýilýär. Onuň merkezi böleginde Gyz ýyldyzy toparyndaky galaktikalaryň üýşmegi ýerleşendir. Weronikanyň saçlary ýyldyz toparyndaky galaktikalaryň üýşmegi başga aşauýşmegiň merkezidir.



224-nji çyzgy. b) Weronikanyň saçlary ýyldyz toparynda galaktikalaryň üýşmegi

Bu uly ölçegli birhilli dällikleriň ýa-da aşauýşmekleriň galaktikalaryň uly ölçegli üýşmeklerinden esasy tapawudy-olar fiziki baglanyşykly sistema dälirler. Olaryň içinde Habblyň kanuny dogrudyr, ýagny aşauýşmekler giňelýändir. Şol wagtyň özünde galaktikalaryň toparlarynyň we üýşmekleriniň köpüsi giňelýän dälir we grawitasion baglydyrlar. Galaktikalaryň we olaryň üýşmekleriniň paýlanyşygyndaky gözegçilik edilýän iri ölçegli (iri masştably) gurluşy milliardlarça ýyllar öň galaktikalaryň sistemalarynyň emele gelen sredasynda birhilli dällikleriň bolandygyny görkezýär.

XIII bap. ASMAN JISIMLERİNİN GELİP ÇYKYŞLARY WE ÖSÜŞLERİ

§168. Kosmogoniýanyň meseleleri

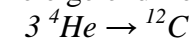
Asman jisimleriniň gelip çykyşlarynyň we ösüşleriniň (ewolýusiýasy) meselelerini astronomiýa ylmynyň kosmogoniýa diýen ýörite bölümi öwrenýär. Kosmogoniýanyň meseleleriniň bütin ylmy dünýägaraýşyň ösüşinde wajyp orny bardyr we diňe astronomlary gyzyklandyrmak bilen çäklenýän däldir. Şol wagtyň özünde kosmogoniýanyň meseleleri iň çylşyrymly astronomik meselelere degişlidir. Hakykatdan hem, biziň näzirki gözegçilik edýänimiz-bu Älemiň edil şu wagt pursatyndaky şekilidir (suratydyr). Bu şekiliň kömegi bilen onuň häzirki ýagdaýyny kesgitlemek mümkindir, ýöne onuň geçmişi we geljegi barada aýtmak örän çylşyrymlydyr. Emma muňa garamazdan asman jisimleriniň gelip çykyşy we ösüşi barada köp maglumatlary bilmek başardandyr. Kosmogoniýanyň meselelerini çözmek üçin iki çemeleşme peýdalanylandyr. Birinji çemeleşme diňe teoriýa esaslanandyr. Fizikanyň umumy kanunlaryndan ugur alyp, käbir asman jisiminiň häzirki häsiýetnamalaryna eýe bolmagy üçin, geçmişde nähili şertleriň bolmalydygyny we nähili ösüş ýoluny geçmelidigini kesgitlemek mümkindir. Ikinji çemeleşme gözegçiliklere esaslanandyr. Ösüş ýolunyň dürli tapgyrlaryndaky asman jisimleriniň häsiýetnamalaryny deňeşdirip, bu tapgyrlaryň biri-birini haýsy yzygiderlikde çalyşandygyny kesgitlemek mümkindir. Ikinji çemeleşmäni diňe köp sanly obýektler–ýyldyzlar, ýyldyz üýşmekleri, gaz dumanlyklary, galaktikalar üçin ulanmak bolýandyr. Planetalar sistemasynyň ýagdaýynda ulanmak çylşyrymlydyr, sebäbi olar ýaly sistemanyň diňe birini-Gün sistemasyny bilýäris. Şonuň üçin planetalaryň kosmogoniýasynda diňe birinji çemeleşme ulanylýar.

ýeterlik ýokary bolanda we kondensirlenip bolan ýyldyzyň massasyna garamazdan, ekwatorial tizligi sekuntda birnäçe ýüz kilometre deň bolanda, hereket mukdarynyň momentiniň daşky sreda berilmesi tamamlanýar. Gözegçilikler gyzgyn ýyldyzlaryň edil şular ýaly aýlanma tizlikleriniň bardygyny görkezýär. Sowuk ýyldyzlaryň aýlanma tizligi bolsa has kiçidir.

Gün sistemasynda hereket mukdarynyň momentiniň 98%-i planetalara we diňe 2%-i Güne degişlidir. Eger hereket mukdarynyň momenti bütewiligine Güne degişli bolan bolsa, onda ol 100km/s deň bolan ekwatorial tizlik bilen aýlanardy. Bu ýerden sowuk ýyldyzlaryň haýal aýlanmasy, Gün sistemasyna meňzeşlikde, olaryň planetalar sistemalarynyň barlygy bilen baglanyşykly bolmaly diýen pikiriň döremegi tebigydyr. Eger ol şeýle bolsa, onda Galaktikada planetalar sistemalarynyň sany örän köp bolmalydyr.

§170. Galaktikalaryň ösüş ýollary (ewolýusiýasy)

Galaktikada ýyldyz we ýyldyzara maddanyň umumy mukdarynyň gatnaşygy wagtyň geçmegi bilen üýtgeýändir. Sebäbi ýyldyzara diffuz materiýadan ýyldyzlar emele gelýär, olar bolsa özläriniň ösüş ýollarynyň ahyrynda ýyldyzara giňişlige maddanyň belli bir bölegini gaýtarýarlar, beýleki bölegi bolsa ak göýdüklerde we neýtron ýyldyzlarda galýar. Şeýlelik bilen ýyldyzara maddanyň mukdary biziň Galaktikamyzda wagtyň geçmrigi bilen kemelmelidir. Edil şeýle ýagdaý beýleki galaktikalarda hem bolmalydyr. Galaktika esasan hem wodoroddan ybarat bolan gaz buludyndan emele gelendir diýip çaklanylýar. Bu gaz buludynyň düzüminde wodoroddan başga hiç-hili elementiň bolmadyk bolmagy hem mümkindir. Onda beýle ýagdaýda geliý we agyr elementler ýyldyzlaryň içinde bolýan termoyadro reaksiýalaryň netijesinde emele gelendirler. Agyr elementleriň emele gelmesi



reaksiýadan başlanýar. Soňra C^{12} α -bölejikler, protonlar we neýtronlar bilen birleşýär, bu reaksiýalaryň önümleri soňky

radiusy, ýagtylanyjylygy, temperaturasy nähili üýtgeýändigine seretdik. Yöne şeýle wajyp bolan häsiýetnama-ýyldyzlaryň aýlanmasy barada hiç zat ýatlan däldiris. O , B , A spektral toparlaryň ýyldyzlarynyň örän çalt aýlanýandyklary bellidir. Olaryň aýlanmaklarynyň ekwatorial tizlikleri 100km/s uludyr, F spektral toparyň ýyldyzlarynyň aýlanma tizlikleri ortaça 100km/s kiçidir, F topara görä has sowuk ýyldyzlar bolsa has haýal aýlanýandyrlar we olaryň spektral çyzyklarynyň süýşmesi örän kiçidir, aýlanma tizligini ölçäp bolýan däldir. Esasy yzygiderlige degişli bolan G , K , M spektral toparlaryň ýyldyzlarynyň aýlanma tizlikleriniň ýokarky çägi onlarça km/s deňdir. Hakykatda aýlanma has haýal hem bolup bilýändir. Mysal üçin, G toparyň iň belli agzasy bolan Gün üçin ekwatorynda ýerleşen nokatlaryň aýlanma tizligi bary-ýogy 2km/s deňdir.

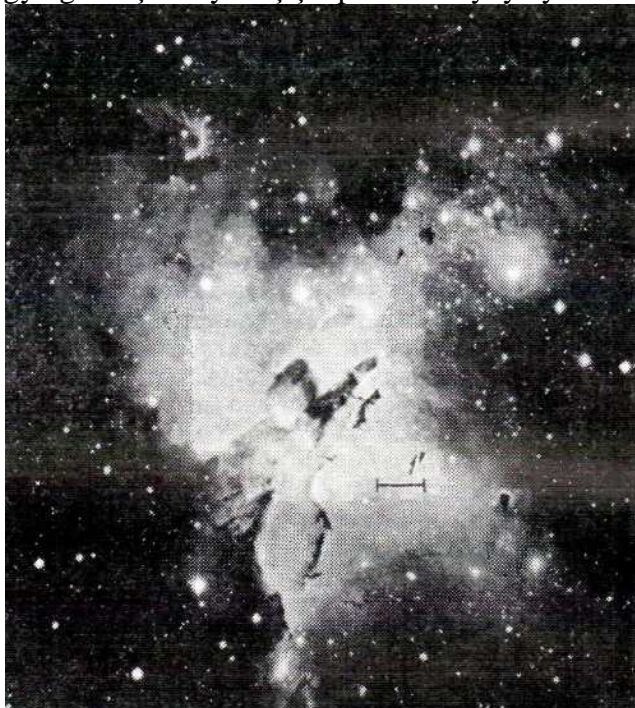
Diffuz dumanlyklara gözegçiliklerden olardaky maddanyň aýry-aýry goýulanmalarynyň biri-birine görälikde, takmynan 1km/s tizlikler bilen hereket edýändigleri gelip çykýar. Şonuň üçin, ýyldyzlaryň emele gelýän ilkilenji dumanlygy mydama hereket mukdarynyň käbir başlangyç momentine eýe bolmalydyr. Hasaplamalaryň görkezmegine görä, eger hereket mukdarynyň momenti saklanýan bolsa, onda ýyldyz emele gelip bilmezdi, sebäbi dumanlyk gysyldygyça onuň aýlanma tizligi ýokarlanardy we ýyldyz emele gelmezden ön ony pytradardy. Hereket mukdarynyň momenti haýsy hem bolsa bir usul bilen dumanlykdan daşlaşdyrylmalydygy aýdyňdyr. Kondensirlenýän dumanlyk daşyny gurşap alan pes dykzlykly sreda bilen magnit meýdany baglanyşdyrýandyr. Ýyldyzara madda magnit meýdanynyň güýç çyzyklaryna „ýelmenen“ ýaly bolanlygy üçin, kondensirlenýän dumanlygyň aýlanmasy gurşap alan sreda berilýär we dumanlyk hereket mukdarynyň momentini ýitirýär. (Ýyldyzara gaz bölekleyin ionlaşan bolmak bilen, magnit güýç çyzyklarynyň keseligine hereket edip bilmeýär we şonuň üçin öz hereketinde magnit meýdanyna täsirini ýetirýär we onda tormozlanýar. Netijede ýyldyzara materiýa magnit meýdanynyň güýç çyzyklaryna „ýelmenen“ ýaly bolýar.) Bu prosessiň anyk derňewiniň görkezişi ýaly, haçanda protoýyldyzyň dykzlygy

§169. Ýyldyzlaryň gelip çykyşlary we ösüş ýollary

Häzirki wagtda ýyldyzlaryň we ýyldyz üýşmekleriniň ýaşlarynyň dürlidigi anyk kesgitlenendir. Şar görnüşli ýyldyz üýşmekleri üçin 10^{10} ýyldan başlap, ýaş ýyldyzlar (seçelenen ýyldyz üýşmekleri we ýyldyz assosiasiýalary) üçin 10^6 ýyla ýetýändir. Şu paragrafda bu meselä anyk seredeliň. Alymlaryň köpüsiniň çaklamasyna görä ýyldyzlar ýyldyzara diffuz sredadan emele gelýändir. Onuň şeýledigini ýaş ýyldyzlaryň giňişlikdäki ýerleşişleri hem görkezýär. Olar gaz-tozan materiýanyň jemlenen ýeri bolan galaktikalaryň spiral şahalarynda konsentrirlenendirler. Diffuz sreda spiral şahalarda galaktik magnit meýdany tarapyndan saklanýlar. Emma bu gowşak magnit meýdany ýyldyzlary saklamaga ukyply däldir. Şonuň üçin garry ýyldyzlar spiral şahalar bilen az baglydyr. Ýaş ýyldyzlar köplenç toplumlary (kompleksleri) emele getirýärler. Mysal üçin, düzümine birnäçe mün ýaş ýyldyzlar girýän Orion ýyldyz toplumu (Üç ýyldyz). Toplumlaryň düzüminde ýyldyzlar bilen bir hatarda köp mukdarda gaz we tozan bardyr. Gaz bu toplumlarda örän çalt giňelýändir, bu bolsa olaryň ön has dykz massa bolandyklaryny aňladýar.

Diffuz sredadan ýyldyz döreme prosessiniň özi entek doly anyklanan däldir. Eger gaz we tozan bilen doldurylan käbir göwrümde diffuz materiýanyň massasy kesgitli kritiki ululykdan geçse, onda bu göwrümdäki materiýa dartylma güýjüniň täsiri netijesinde gysylyp başlar. Bu hadysa gravitasion kollaps diýilýär. Kritiki massanyň ululygy dykzlyga, temperatura we orta otnositel molýar massa baglydyr. Diffuz materiýanyň has dykz çäkleri, ýagty dumanlyklaryň fonunda gözegçilik edilýän gara, ykjam, dury däl emele gelmeler-globulalar we “pil holtumlary” bolmagy mümkindir. Globulalaryň tegelek menek görnüşi, “pil holtumlarynyň” bolsa ýagty materiýa pahna şekilli girýän görnüsi bardyr (225-nji çyzygy). Gös-göni subutnamalaryň ýoklugyna garamazdan, globulalar we “pil holtumlary” ýyldyzlaryň atababalary bolmagy has ähtimaldyr. Göni däl subutnama hökmünde kometa görnüşli dumanlyklary görkezmek bolar. Bu dumanlyklaryň kometanyň guýrugynyň konusyna meňzeş görnüşi

bardyr. Bular ýaly dumanlygyň kelle böleginde adaty T Öküzçe görnüşli ýaş, gysylýan ýyldyz ýerleşýändir. Ýyldyz dumanlygyň içinde dörän bolmaly diýen pikir döreýär. Şol wagtyň özünde dumanlygyň görnüşi we ýerleşşi “pil holtumyny” ýada salýandyr.



225-nji çyzgy. NGC 6611 dumanlygyň „pil holtumyny“ we globulalary düzüminde saklaýan bölegi.

Ýyldyzlara sredanyň grawitasion gysylmagy (kollaps) üçin bu prosessiň başynda ýeterlik ýokary başlangyç dykzlygyň bolmagy zerurdyr. Ilkibaşdaky gysylmanyň mümkin bolan mehanizmleriniň biri hem aşatäze ýyldyz partlanda döreýän, urgy tolkunynyň täsiridir. Bu mehanizmiň hakykatdan hem bolup biljekliginiň peýdasyna subutnama garaşylmadyk gözegçiliklerden alnan maglumatlardan gelip çykandyr. Gün emele gelmezinden öňki maddanyň nusgasy bolmaly diýip hasaplanylýan kömürli hondritleriň düzüminde, gysga wagat ýaşaýan ^{26}Al izotopyň dargamasynyň netilesi bolan, ^{26}Mg izotop agdyklyk edýändigini anyklanandyr. Bular ýaly izotopyň emele gelip biljek ýeke-täk

görkezýär. Bu ýagdaýda prosess haýal gidýändir. Emma entek doly anyklanylmadyk, käbir şertlerde ýyldyz massasynyň saldamly (köp) bölegini çalt zyňyp bilýär we prosess partlama, katastrofa häsiýete eýe bolýar. Şular ýaly partlamalary aşatäze ýyldyzlar lowurdanda gözegçilik edýäris.

Gyzyl äpetlerden madda ýuwaşlyk bilen bölünip çykanda planetar dumanlyklar emele gelýän bolmalydyr. Äpet ýyldyzyň dowamly (uly ölçegli) gabygy pytrandan soň, wodoroddan doly mahrum bolan, onuň diňe merkezi ýadrogy galýar. Haçanda ýyldyzyň massasy Güniň massasyndan 2-3 esseden köp bolmadyk ýagdaýynda ýadronyň maddasy, edil ak göýdükleriň (karlikleriň) maddasy ýaly, häsiýetnamalary üýtgän ýagdaýda bolýar. Sonuň üçin ak göýdükler ýyldyzlaryň ewolýusiýasynyň gyzyl äpetler tapgyryndan soň gelýän, dördünji we iň soňky tapgyry bolmagy örän ähtimaldyr. Hakykatdan hem, garry ýyldyz üýşmeklerinde ak göýdükleriň käbir mukdary bardyr, emma ýaş ýyldyz üýşmeklerinde olar düýbünden ýokdur. Bilşimiz ýaly ak göýdüklerde ýadro reaksiýalary bolup geçýän däldir. Ak göýdükler geçen döwürde (geçmişde) toplanan ätiýaçdaky ýylylyk energiýasynyň hasabyna ýagtylanýarlar, ýuwaş-ýuwaşdan sowap, görünmeýän „gara“ göýdükler öwrülýärler. Ak göýdükler sowaýan, ötüp (ölüp) barýan ýyldyzlardyr. Güniň massasyndan birnäçe esse köp massaly ýyldyzlar eýýäm ak göýdük faza geçip bilmeýärler, sebäbi olaryň geliýden ybarat bolan ýadrolary häsiýetnamalary üýtgän ýagdaýda däldirler. Bu ýagdaýda ewolýusiýanyň üçünji tapgyry neýtron ýyldyzyň emele gelmegi we aşatäzäniň partlamasy bilen tamamlanýar diýip çaklanylýar.

Şeýlelikde biz häzirki döwürde umumy çäklerde (görnüşde) ýyldyzlaryň ewolýusiýasyny, ýagny gazdan we tozandan ybarat bolan, dykz bulutdan gysylýan protoýyldyza, soňra esasy yzygiderligiň adaty ýyldyzyndan gyzyl äpede, ahyrynda bolsa ak göýdüge çenli ösüşini yzarlamaga mümkinçiligimiz bardyr. Ýyldyzlaryň ewolýusiýasynyň göz önüne getirilýän bu şekilde düşünüksiz, anyklamaly meseleler köpdür. Emma muňa garamazdan ol ýeterlik esaslandyrylandyr.

Ýokarda biz ewolýusiýa prosesinde ýyldyzlaryň massasy,

zygiderlik aşaklygyna dowam edýän bolmaly diýip çaklanylýar). Şar görnüşli we garry seçelenen üýşmekleriň gyzyly äpetler şahasy gowy görünýändir. Bu bolsa şol üýşmekleriň gözegçilik edilýän ýyldyzlarynyň köpüsiniň ewolýusiýasynyň üçünji tapgyryndadygyny görkezýär.

Gyzyly äpetler şahasy seçelenen üýşmekleriň ýyldyzlary üçin şar görnüşli üýşmekleriň ýyldyzlarynyňka garanynda aşakdan geçýändir, esasy zygiderligi bolsa tersligine, ýokardan geçýändir. Teoriýanyň nukday-nazaryndan ony şar görnüşli üýşmekleriň ýyldyzlarynyň düzüminde agyr elementleriň has azlygy bilen düşündirmek mümkindir. Hakykatdan hem, gözegçilikler şar görnüşli üýşmekleriň degişli bolan sferik düzüjisiniň ýyldyzlarynyň düzüminde, tekiz düzüjiniň ýyldyzlary bilen deňeşdireniňde, agyr elementleriň otnositel bolçulygynyň azdygyny görkezýär. Şeýlelik bilen, gözegçilikler ýyldyzlaryň ewolýusiýasy baradaky teoretik göz önüne getirmeler bilen kanagatlanarly ylalaşýar we olary tassyklaýar. Şunlukda, bu göz önüne getirmeleriň esaslanan, ýyldyzlaryň içki gurluşynyň teoriýasy hem gožegçilikleriň esasynda barlagdan geçýändir.

Gyzyly äpet (ýa-da aşäpet) tapgyrynda ýyldyzyň ýadrosynda, käbir wagtyň dowamynda, geliýniň ugleroda öwürülme reaksiýasy gidip biler diýip çaklaýarlar. Onuň üçin ýyldyzyň merkezi bölegindäki temperatura $1.5 \cdot 10^8 K$ çenli ýetmelidir. Hasaplamalar bular ýaly ýyldyzlaryň reňk-ýagtylanyjylyk diagrammada gyzyly äpetleriň esasy şahasyndan çepde ýerleşmelidiklerini görkezýär. *M3* üýşmegiň diagrammasynda (228-nji çyzgy) gyzyly äpetleriň adaty zygiderliginden goşmaça çepe gidýän şaha bardyr we ony şular ýaly ýyldyzlar döredýär diýip hasaplanylýar. Haçanda ýadronyň içinde geliý reaksiýalary we onuň daşky araçägindäki wodorod reaksiýalary gutarandan soň, ewolýusiýanyň üçünji tapgyry (gyzyly äpet tapgyry) ahyryna gelýändir. Şonda äpet ýyldyzyň daşky galyň gabygy giňelýär, dartylma güýji onuň daşky gatlaklaryny saklap bilmeýär we olar bölünip başlaýarlar. Ýyldyz madda ýitirýär we onuň massasy kemelýär. Gözegçilikler hakykatdan hem, käwagtlar gyzyly äpetleriň we aşäpetleriň atmosferasyndan maddanyň akyp çykmasynyň bolýandygyny

kosmos obýekti aşatäze ýyldyzyň atmosferasydyr. Diýmek, kömürli hondritleriň emele gelýän döwründe, uzak bolmadyk aralyklarda (1-10ps uzaklyklarda) aşatäze ýyldyzyň partlamasy bolandyr. Partlamanyň urgy tolkunyny golaýyndaky gaz-tozan dumanlygyny gysandyr. Onuň käbir ýerlerinde dyklyk kritiki bahasyndan uly bolandyr we ol gysylyp başlandyr (grawitasion kollaps). Şular ýaly fragmentleriň birinde Gün we Gün sistemasy emele gelendir (§172 seret). Bu pikir ýöretmäniň ösüşiniň indiki tapgyrynda aşatäzeleriň “zynjyr reaksiýasy” göz önüne getirilýändir. Bular ýaly usulyň kömegi bilen diňe Gün däl, has massiw, ýaşaýyş wagty gysga bolan (18-nji tablisa) we ösüşini (ewolýusiýasyny) aşatäzeler ýaly lowurdap tamamlýan ýyldyzlar hem emele gelýändirler. Diýmek, uly gaz-tozan kompleksiniň aşatäzeleriň partlamasynyň “zynjyr reaksiýasy” netilesinde, birnäçe onlarça million ýyllaryň dowamynda bütewiligine köp sanly ýyldyzly üýşmege öwürülmegi üçin başlangyç ýeke gönezlik lowurdama-partlama ýeterlikdir.

Dyklygyň kritiki bahasyna çenli ulalmagyna getirýän, başga fiziki mehanizmleriň täsirleriniň bolmaklary hem mümkindir.

Ýöne biziň Gün sistemamyzyň ýagdaýynda kömürli hondritlerde izotoplaryň anomallygy olaryň emele gelen ýerleriniň ýakynynda aşatäze ýyldyzyň partlandygyny kesgitli görkezýär.

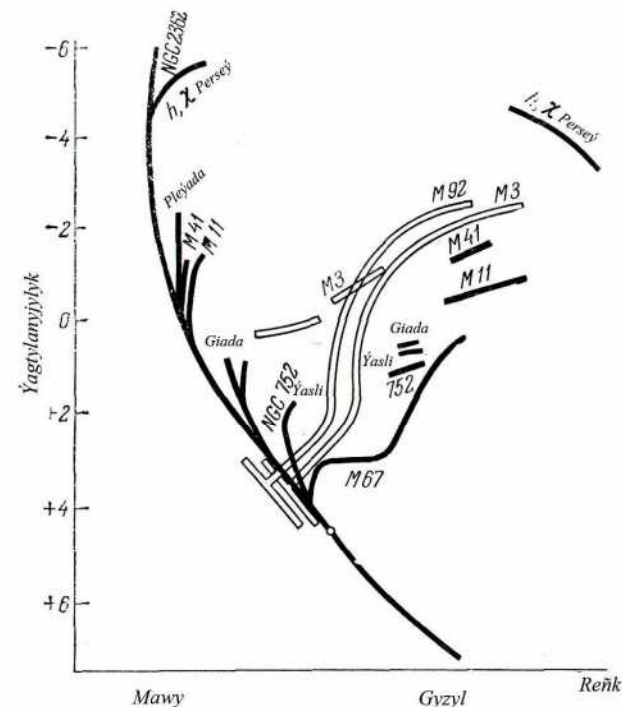
Ýyldyzlaryň emele gelme prosesinde köp soraglar aýdyň däl. Hemme astronomlar, mysal üçin, ýyldyzlar ýyldyzara diffuz materiýadan emele gelipdir diýen pikir bilen ylalaşýan däl. Ermeni astronomy akademik W.A. Ambarsumýanyň pikirine görä ýyldyzlar tebigaty belli bolmadyk we gös-göni gözegçilik edilmeyän, dykly jisimleriň giňelmegi netijesinde emele gelendir. Biz bu ýerde has umumy ykrar edilen, ýyldyzlar diffuz ýyldyzara sredadan emele gelýändir diýen çaklamadan ugur alarys.

Şeýlelikde, goý käbir sebäplere görä ýyldyzara materiýanyň buludy kritiki massa ýetip, gravitasion kondensasiýa prosesi başlan bolsun. Tozan bölejikleri we gaz molekulalary buludyň merkezine gaçýarlar, gravitasiýanyň potensial energiýasy kinetik energiýa, kinetik energiýa bolsa çakyşmalaryň netijesinde ýylylyk

energiýasyna geçýändir. Bulut gyzýar we temperaturanyň artmagy netijesinde onuň şöhlelenmesi ulalýar. Ol täze kemala gelip başlan ýyldyza-protoýyldyza öwrülýär (ýyldyz ewolýusiýasynyň başlangyç tapgyrynda, ýöne entek esasy yzygiderlige çykanok). Ýaş ýyldyzlaryň topar-topar gözegçilik edilýänliginden ugur alsak, onda gravitasion kondensirlenme prosessiň başynda ýyldyzara materiýanyň buludy birnäçe bölekler pytraýar we birwagtyň özüde birnäçe protoýyldyz emele gelýär diýip pikir etmek mümkindir.

Protoýyldyzyň ýagtylanyjylygy massasy deň bolan adaty ýyldyzyň ýagtylanyjylygyndan onlarça esse uly, radiusy köp uly, effektiw temperaturasy bolsa kiçi bolup bilýär. Spekr-ýagtylanyjylyk diagrammasynda protoýyldyzlar esasy yzygiderlikden sagda ýerleşen bolmalydyrlar. Protoýyldyz gysyldygyça onuň temperaturasy ýokarlanýar we ol Gersprung-Ressel diagrammasy boýunça ilki aşak, soňra abssissa okuna parallel diýen ýaly çepe süýşýär. Haçanda ýyldyzyň jümmüşindäki temperatura birnäçe million gradusa ýetende, termoýadro reaksiýalary başlanýar. Ilki bilen deýteriý, soňra bolsa litiý, berilliý we bor “ýanyp” gutarýarlar. Goşmaça energiýanyň bölünip çykmagy netijesinde gysylma haýallaýar, ýöne doly togtayan däl, sebäbi bu elementler örän çalt harçlanyp gutarýandyr. Haçan-da temperatura has ýokarlananda proton-proton reaksiýasy (massasy $1,5M_{\odot}$ -den kiçi bolan ýagdaýlar üçin) ýa-da uglerod-azot (uly massalu ýyldyzlar üçin) aýlawy başlanýar. Bu reaksiýalar uzak wagtyň dowamynda bir depginini saklap bilýärler, gysylma tamamlanýar we protoýyldyz esasy yzygiderligiň adaty ýyldyza öwrülýär. Ýyldyzyň içindäki basyş dartyлма bilen deňagramlaşýar we ýyldyz durnukly ýagdaýda bolýar. Grawitasion gysylma wagtyň dowamlylygy gaty uly däl. Ol protoýyldyzyň massasyna baglydyr. Massa näçe uly boldugyça grawitasion gysylma prosessi şonça çalt bolup geçýär. Massasy Günüň massasyna deň bolan protoýyldyzlar $5 \cdot 10^7$ ýylyň dowamynda gysylýarlar. Dürli spektral toparlara degişli ýyldyzlaryň gysylma wagty 18-nji tablisada getirilendir. Massasy Günüň massasyna deň bolan ýyldyzlaryň emele gelmeginiň

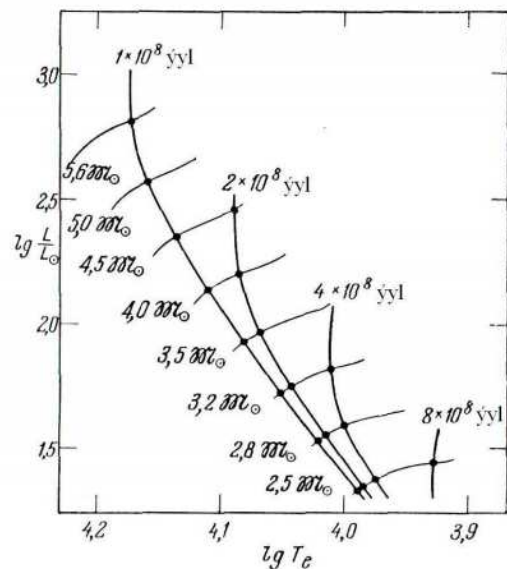
saga we ýokarlygyna gyşarmasy üýtgeşikdir. Gyşarma näçe uly boldugyça, üşmegiň ýaşynyň şonçada uly bolmalydygy düşnükli. Bu diagrammanyň kömegi bilen haýsy üşmegiň öňräk, haýsynyň soňrak emele gelndigini, olaryň ýaşlaryny takmynan kesgitlemek mümkindir.



228-nji çyzgy. 11 sany galaktik üşmekleri üçin spekr-ýagtylanyjylyk diagrammasy. Gara çyzyklar bilen seçelenen üşmekleriň, ak çyzyklar bilen şar görnüşli üşmekleriň diagrammalary görkezilen.

Onuň üçin 18-nji tablisadan peýdalanmak mümkindir, reňk-ýagtylanyjylyk diagrammalary boýunça esasy yzygiderlikden giden ýyldyzlaryň görnüşlerini kesgitläp bolýandyr. NGC 2362 üşmek iň ýaş üşmekdir, onuň ýaşı onlarça million ýyldyr. Şar görnüşli üşmekleriň esasy yzygiderligi çala bildirýändir. Ýokarky bölegi degişli ýyldyzlaryň eýýäm ewolýusiýasynyň ikinji tapgyryny geçenligi sebäpli, aşaky bölegi bolsa gowşak ýyldyzlary gözegçilik edip bolmaýanlygy sebäpli ýokdurlar (hakykatda esasy

zygiderlik tapgyry) tamamlanýar. Wodorodyň geliý elementine öwrülme reaksiýasy diňe ýadronyň daşky araçäklerinde dowam edýär. Şunlukda ýadronyň gysylýandygyny, ýyldyzyň merkezi böleginde dykzlygyny we temperaturanyň artýandygyny, ýyldyzyň ýagtylanyjylygynyň we radiusynyň ulalýandygyny hasaplamalar görkezýär. Ýyldyz esasy zygiderlikden gidýär we gyzyň äpete öwrülýär, ewolýusiýanyň üçünji tapgyry başlanýar.



227-nji çyzgy. Dürli massaly ýyldyzlaryň wagtyň geçmegi bilen esasy zygiderlikden stýşmekleri.

Ýokarda aýdylanlaryň hemmesi ýyldyzlaryň içki gurluşy boýunça teoretik işleriň netijesidir. Bu işleriň netijelerini ýyldyz üşmekleri üçin gurlan spektr-ýagtylanyjylyk diagrammasy bilen deňeşdirip barlap bolýandyr. Şol bir üşmegiň düzümine girýän ýyldyzlar bilelikde, birwagtda emele gelipdirler we olaryň ýaşlary birmeňzeş diýip kabul etmek bolar, başga ýagdaýda ýyldyz üşmekleriniň bolmagyny düşündirmek çylşyrymlydyr. 228-nji çyzgyda 11 sany ýyldyz üşmekleri üçin spektr-ýagtylanyjylyk diagrammalary getirilen. Olaryň ikisi, *M3* we *M92* şar görnüşlidir. Suratdan görnüşi ýaly dürli üşmekleriň esasy zygiderlikleriniň

prosessiniň ýazgysy §172-de aýdyň getirilen.

18-nji tablisa

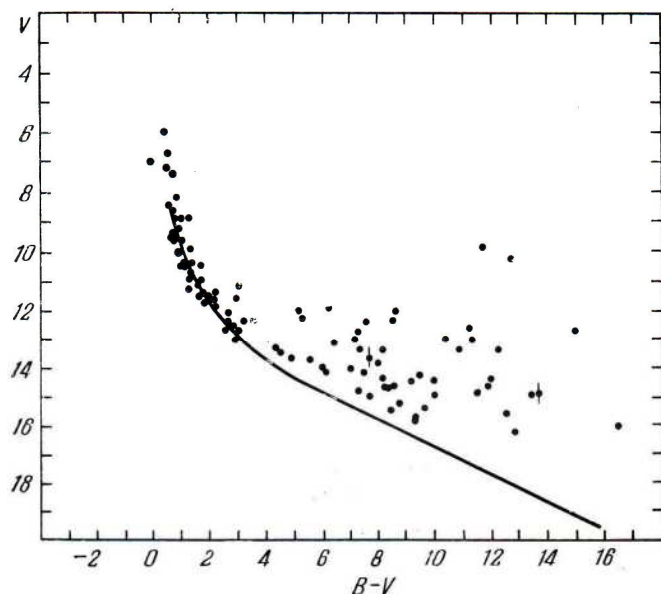
Ýyldyzlaryň grawitasion gysylma wagty we olaryň esasy zygiderlikde bolma wagty

Spektral topary	M	R	Ýagtylanyjylyk	Wagt, ýyl	
				Grawitasion gysylma	Esasy zygiderlikde bolma wagty
B0	17,8	7,4	20000	$1,1 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^7$
B5	6,4	3,8	800	$6,8 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^8$
A0	3,2	2,5	80	$2,6 \cdot 10^6$	$5,1 \cdot 10^8$
A5	1,9	1,7	20	$5,3 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^9$
F0	1,7	1,35	6,3	$1,7 \cdot 10^7$	$3,5 \cdot 10^9$
F5	1,3	1,20	2,5	$2,8 \cdot 10^7$	$6,7 \cdot 10^9$
G0	1,10	1,05	1,2	$4,8 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^{10}$
(Gün)	1,00	1,00	1,0	$5,0 \cdot 10^7$	$1,3 \cdot 10^{10}$
G5	0,93	0,93	0,79	$5,5 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^{10}$
K0	0,78	0,85	0,40	$8,9 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^{10}$
K5	0,69	0,74	0,06	$1,0 \cdot 10^9$	$1,5 \cdot 10^{11}$

Bellik: Massa, radius we ýagtylanyjylyk Güniň birliklerinde berlen

Gysylmanyň çalt bolup geçýänligi sebäpli ýyldyzlary ewolýusiýasynyň birinji, has irki tapgyrlarynda gözegçilik etmek çylşyrymlydyr. Häzirki döwürde infragyzyň çeşmeleriň käbirleri (“pile ýyldyzlar”, §160), şeýle hem T Öküzçe görnüşli nädogry üýtgeýän ýyldyzlar ewolýusiýanyň birinji tapgyrynda diýip çaklanýlar. *O* we *B* spektral toparlara degişli we T Öküzçe görnüşli ýyldyzlardan ybarat bolan, birnäçe seçelenen ýyldyz üşmekleri bellidir. 226-njy çyzgyda *NGC 6530* ýyldyz üşmegi üçin “reňk görkezijisi-ýyldyz ululygy” diagramma görkezilen. Diagramma *B, V* ýyldyz ululygynyň sistemasynda görkezilendir, *V*-sary şöhlelerde, *B*-gök şöhlelerde ýyldyz ululygy, *B-V* reňk görkezijidir. Diagrammada takmynan diagonal çyzyk bilen esasy zygiderligiň ýagdaýy bellendir. Reňk görkezijisi (*B-V*)>0

bolan ýyldyzlar esasan hem T Öküzçe görnüşli üýtgeýänlerdir. Olar esasy yzygiderlikden sagda, edil gysylýan ýyldyzlaryň bolmaly ýerinde ýerleşdirler.



226-njy çyzgy. NGC 6530 örän ýaş seçelenen ýyldyz üýşmegi üçin reňk görkezijisi-ýyldyz ululygy diagramma.

NGC 6530 üýşmegiň ýyldyzlary takmynan 10^7 ýyl mundan ön emele gelen bolmalydyrlar. Üýşmegiň has massiw agzalary (O we B spektral toparlaryň ýyldyzlary) eýýäm esasy yzygiderlige geçip ýetişendirler, beýlekileri bolsa grawitasion kondensasiýa fazasyndadyr. T Öküzçe görnüşli ýyldyzlar entek deňagramlylyk ýagdaýa gelen dälirler we olaryň ýalpyldysynyň häsiýetli nädogry üýtgemeleri şunuň bilen bagly bolmagy ähtimaldyr. Bu ýyldyzlar diffuz materiýanyň ilkibaşdaky üýşmekleriniň galyndylary bolan, tozan dumanlyklary bilen baglanyşyklydyr.

Esasy yzygiderlikde ýerleşip, ýyldyzlar uzak wagtyň dowamynda hiç-hili daşky üýtgeşmelere sezewar bolman diýen ýaly, termoýadro reaksiýalaryň hasabyna energiýa şöhlendirýärler. Şonda radius, ýagtylanyjylyk we massa hemişelik diýen ýaly, üýtgemän saklanýarlar. Ýyldyzlaryň esasy

zyygiderlikdäki ýerleşen ýagdaýy onuň massasy boýunça kesgitlenýär. Spektr-ýagtylanyjylyk diagrammasynda, esasy yzygiderlikden aşakda subkarlikleriň yzygiderligi geçýär. Olar esasy yzygiderligiň ýyldyzlaryndan himiki düzümi boýunça tapawutlanýarlar, ýagny olaryň düzüminde agyr elementler onlarça esse azdyr. Bu tapawudyň sebäbi subkarlikler sferik düzüjiniň ýyldyzlarydyr.

Ýyldyzyň jümmüşinde bolup geçýän termoýadro reaksiýalarynyň netijesinde wodorod ýuwaş-ýuwaşdan geliý elementine gaýtadan işlenmesi, ýagny başgaça aýdylanda wodorodyň “ýanyp gutarmasy” bolup geçýär. Ýyldyzyň esasy yzygiderlikde bolma wagty termoýadro reaksiýalarynyň tizligine, ol bolsa öz gezeginde temperatura baglydyr. Ýyldyzyň massasy näçe uly boldugyça, onuň jümmüşindäki temperatura, gazyň basyşy, daşky gatlaklaryň agramyny deňagramlaşdyrar ýaly, şonçada uly bolmalydyr. Şonuň üçin has massiw ýyldyzlarda ýadro reaksiýalary çalt geçýär we olaryň esasy yzygiderlikde bolma wagty azdyr, sebäbi energiýa çalt harçlanýandyr. 18-nji tablisada dürli spektral toparlaryň ýyldyzlary üçin hasaplanan, esasy yzygiderlikde bolma wagtlyry getirilen. Tablisadan görnüşi ýaly, B0 spektral topara degişli ýyldyzlar esasy yzygiderlikde 10^7 ýyl bolýarlar, Günün we giçki spektral toparýň ýyldyzlarynyň esasy yzygiderlikde bolma wagtynyň dowamlylygy bolsa 10^{10} ýyldan uludyr.

Ýadro reaksiýalary ýyldyzyň diňe merkezi böleginde bolýar. Bu çäklerde (ýyldyzyň konwektiw ýadrosy) madda mydama garyşdyrylýar. Wodorodyň ýanyp gutarmagy bilen konwektiw ýadronyň radiusy we massasy kiçelýär. Şunlukda ýyldyzyň spektr-ýagtylanyjylyk diagrammasy boýunça saga süýşýändigini hasaplamalar görkezýär. Has massiw ýyldyzlar çalt süýşýärler we netijede esasy yzygiderligiň yokarky uý ýuwaş-ýuwaşdan saga gyşarýar. 227-nji çyzgyda birwagtda emele gelen käbir ýyldyzlar toparý üçin esasy yzygiderligiň görnüşiniň wagta görä nähili üýtgeýändigini görkezilendir.

Ýyldyzyň ýadrosyndaky wodorodyň tutuşlygyna geliý elementine öwrülmegi bilen ewolýusiýanyň ikinji tapgyry (esasy

XIV bap. KOSMOLOGIÝANYŇ ESASLARY

Geçen baplarda biz häzirkizaman astronomiýanyň wajyp bölümlerine seredip geçdik. Olaryň hemmesi biri-biri bilen jebis baglanyşykdadyr. Mysal üçin, astrometriýada, asman mehanikasynda ýa-da astrofizikada alynýan netijeler beýleki bölümlerde giňden peýdalanylýandyr. Astronomlar Älemdäki gözegçilik edip bolýan obýektleriň hemmesini öwrenmäge, olaryň gelip çykyşlaryny, gurluşyny we ösüşini bilmeklige ymtylýarlar. Dünýäni öwrenmeklige ewolýusion çemeleşme-häzirkizaman astronomiýanyň wajyp özboluşlygydyr. Emma her bir obýektiň öwrenilmegi bütün Älemiň häsiýetnamalaryny anyklamak üçin entek ýeterlik däldir. Biziň dünýämiziň gurluşy we ewolýusiýasy-astronomiýanyň ýörite bölümüniň-kosmologiýanyň predmetidir.

§173. Kosmologiýanyň esaslary

Kosmologiýa astronomiýanyň Älemiň fiziki tebigatyny, gurluşyny we ewolýusiýasyny bütewilikde öwrenýän bölümidir. Hususan-da ol giňişligiň Metagalaktika diýip atlandyrylýan, gözegçilik edip bolýan çäkleriniň has umumy häsiýetnamalaryny öwrenýändir.

Astronomiýanyň beýleki bölümlerine meňzeşlikde, kosmologiýa ilki bilen gözegçiliklere esaslanýandyr. Emma prinsipial kynçylyk, bütün Älemiň häsiýetnamalarynyň onuň gözegçilikler bilen çäklenen böleginiň häsiýetnamalaryndan düýpli tapawutlanýan bolmagynyň mümkinligindedir. Şonuň üçin Metagalaktika barada belli bolan maglumatlary, bütün Äleme ýaýratmaly (ekstrapolirlemeli) bolýar. Şeýle hem onuň üçin fizikadan belli bolan tebigatyň fundamental kanunlaryny ulanyp bolýar diýip kabul edilýändir.

Älem giňişliginiň ýetrlik uly göwrümleri üçin maddanyň birmeňzeş orta dykzlygy baradaky pikir kosmologiýa bölümi üçin aýratyn önjeýli bolandyr. Maddanyň orta dykzlygy birmeňzeş diýip hasaplap bolýan çäkleriň öçegleri

Metagalaktikanyň ölçeglerinden has kiçidir. Ýöne onuň ölçegleri ýyldyzlaryň, galaktikalaryň we olaryň üýşmekleriniň barlygy bilen bagly bolan, ýerli (lokal) birhilli dällikleriň masştablary bilen deňeşdireniňde uludyr.

Älemde maddanyň ortaça paýlanyşynyň deňölçegliidigi, Galaktikanyň ölçegleri kesgitlenende §155-däki, berlen görüňän ýyldyz ululygyna çenli ýagtylanyjylygy bolan ýyldyzlaryň sanynyň kesgitlenişi ýaly, berlen görüňän ýyldyz ululygyna çenli ýagtylanyjylygy bolan galaktikalaryň sanyny hasaplap, esaslandyryp bolar. Gözegçiliklere görä, gowşak galaktikalar üçin (12.2) formula girýän, $N(m+1)/N(m)$ gatnaşyk 4-e ýakyndyr. Özi hem dürli ugurlarda bu ululykdan gyşarmalar ähtimal häsiýete eýedir. Bu bolsa galaktikalaryň ähli ugurlarda ortaça deňölçegli paýlanandygyny görkezýär.

Maddanyň orta dykzlygynyň örän uly masştablarda birmeňzeş bolmagy, kosmologiýada Älemiň has umumy häsiýetnamasynyň birhilliliginiň we izotroplygynyň netijesi hökmünde seredilýändir. Birhillilik materiýanyň ähli häsiýetleriniň giňişligiň islendik nokadynda birmeňzeşdigini, izotroplyk bolsa islendik ugurda birdeňdigini görkezýär. Başgaça aýdanymyzda birhillilik giňişligiň aýratyn saýlanan çäkleriniň, izotroplyk bolsa aýratyn saýlanan ugruň ýoklugyny aňladýar. Izotroplyk gözegçiliklerden hem tassyklanylýandyr, mysal üçin, galaktikalaryň “daşlaşma” kanunynyň ähli ugurlar boýunça birmeňzeşligi.

Emma bu häsiýetnamalaryň kesgitli ölçeglerden, häzirki döwürde $50-100Mps$ deň bolan ölçeglerden başlap, ýerine ýetýändigini bellemelidir. Älemiň birhilliligi we izotroplygy baradaky çaklama köplenç kosmologik prinsip hem diýilýär.

Ir döwürdäki çaklamalar birhillilik bilen bir hatarda, biziň dünýämiziň üýtgemeyänligi ýa-da statikiligi baradaky prinsipden ugur alypdyrlar. Bu häsiýetnamalary tükeniksiz Ýewklid giňişligine ekstrapolirlemek boýunça edilen ilkinji synanyşyklar iki-fotometrik we grawitasion paradoks görnüşinde belli bolan kynçylyklara eltendir.

Fotometrik paradoks. Fotometrik paradoks 1744-nji ýylda J.Şezo tarapyndan Şweýsariýada, soňra bolsa 1826-njy ýylda

G.Olbers tarapyndan Germaniýada formulirlenendir (kesgitlenendir). Onuň manysy aşakdakydan ybaratdyr: eger giňişlik tükeniksiz we ýyldyzlar bilen deňölçegli doldurylan bolsa, onda islendik ugurda görüş şöhlesi, irde-giçde haýsy hem bolsa bir ýyldyzy kesip geçer. Obýektiň gözegçilik edilýän ýitiligi oňa çenli bolan uzaklyga bagly däl bolany üçin (§95 seret), bize bütin asman, aýdalyň, Gün diski ýaly deňölçegli ýagtylanýan bolup görünmelidir. Ýagtylygyň ýyldyzara siňdirilmesi, umuman aýdanymyzda, bu paradoksy aradan aýyрмаýar, sebäbi siňdirilýän şöhlemenme irde-giçde gaýtadan şöhlelendirilmelidir. Uzakdaky obýektleriň ýagtylygynyň energiýasynyň gyzyl süýşme sebäpli kemelýändigini hasaba alsak, onda fotometrik paradoks bolmaz. Ondan başga-da, gözegçiliklerde giňişligiň hakykatdan hem ýetip bolýan göwrümi tükenikli bolmalydyr we *Älemiň görüňýän gözýetimi* bilen çäklenmelidir. Älemiň görüňýän gözýetimi diýip, hemme nokatlary gözegçiden, giňelýän Älem dörali bari wagtyň dowamynda ýagtylygyň geçen aralygyna deň bolan ululyga uzaklaşan sfera düşünilýändir

Grawitasion paradoks. Grawitasion paradoks 1895-nji ýylda H.Zeýeliger tarapyndan formulirlenendir. Onuň manysy şundan ybaratdyr: madda bilen deňölçegli doldurylan tükeniksiz Älemde, Nýutonyň kanunyny peýdalanyň, berlen nokat üçin grawitasiýa güýjüni anyk kesgitlemek mümkin däl. Mysal üçin, eger berlen nokatda ýerleşen synag madda, merkezi şol nokatda ýerleşen konsentrik gatlaklaryň täsir edýän güýçleriniň jemini hasaplasak, onuň nola deň boljagy anykdyr (§38 seret). Eger hasaplamany merkezi seredilýän nokatdan r uzaklykda ýerleşen konsentrik gatlaklar üçin ýerine ýetirsek, onda dartylma güýjüniň, radiusy r bolan şaryň öz üstünde ýerleşen nokady dartýan güýjüne deň boljakdygyna göz ýetirmek ýeňildir.

Grawitasion paradoks, dartylma güýji Ýewklidiň giňişliginde şol pursat (mgnowen) ýaýraýar diýip hasaplaýan, Nýutonyň dartylma kanunynyň, tükeniksiz Älemde ulanarlyk daldigi bilen baglydyr.

Şonuň üçin kosmologiýada Metagalaktikanyň ummasyz ölçegleri öwrenilende, esasy 1916-njy ýylda A.Eýnşteýn

tarapyndan tutulan, otnositelligiň umumy teoriýasyndan peýdalanmak zerurdyr.

Mehanikanyň kanunlary otnositelligiň umumy teoriýasynda (OUT) has umumy görnüşde ýazylýandyrlar. Nýutonyň kanunlary bolsa ondan gowşak grawitasion meýdanyň çäk ýagdaýynda alynýandyr. OUT-da grawitasion paradoks ýokdur. Onuň ýüze çykmagy kosmologiýanyň ösüşiniň häzirkizaman tapgyrynyň başlangyjyny başlandyr. Esasy kosmologiki deňlemeler Eýnşteýniň özi tarapyndan çykarylandyrlar we statiki Älemiň hususy ýagdaýy üçin çözülendirler. Soňra has umumy ýagdaý üçin çözüwi 1922-nji ýylda görnükli sowet matematigi A.A.Fridman tarapyndan alynandyr. Emma soňra, wajyp kosmologik netijeleriň birnäçesiniň Nýutonyň deňlemeleriniň esasynda alyp boljakdygy anyklanandyr. Bu mümkinçiligiň uly usulyýet manysy bardyr, sebäbi häzirkizaman kosmologiýanyň netijelerini onsuz doly düşünmek mümkin däl bolan, OUT-yň matematiki apparatyny özleşdirmezden öň, çylşyrymly kosmologik problemalara ýakynlaşmaga mümkinçilik berýändir.

§174. Nýutonyň kanunlaryna esaslanan, birhilli we izotrop Älemiň modeli

Modelirleme tebigatyň çylşyrymly obýektlerini öwrenmekde wajyp usuldyr. Ony biz eýýäm geçen baplarda, hakyky obýekti ýönekeýleşdirilen matematiki shema bilen çalşyryp, peýdalanyrdyk. Bu shemada käbir elementler önünden belli diýip hasaplanylýar (gözegçilikleriň esasynda). Galanlary bolsa matematikanyň we teoretik fizikanyň usullaryny ulanmak arkaly tapylýandyr. Iň wajyp jemleýji tapgyry, ulanylan teoriýa girizilen çaklamalary we çäklendirmeleri göz önünde tutup, modeliň teoretiki tapylan häsiýetnamalaryny hakyky obýekte geçirmekdir.

Birhilli izotrop Älemiň modeline seredeliň. Güýçleri başga hiç hili güýçler bilen kompensirlenmeýän we maddanyň hereketiniň häsiýeti kesgitlenende Älemiň masştablarynda has wajyp bolan, jisimleriň grawitasion özara täsirini aňlatmak üçin Nýutonyň

E D E B I Ý A T L A R

1. Бакулин П. И., Кононович Э. В., Мороз В. И. Курс общей астрономии. -- 5-е изд. – М.: Наука , 1983.
2. Мартынов Д. Я. Курс практической астрофизики. -- 3-е изд. – М.: Наука , 1977.
3. Мартынов Д. Я. Курс общей астрофизики. -- 3-е изд. – М.: Наука, 1979.
4. Дагаев М. М., Демин В. Г., Климишин И. А., Чаругин В. М. Астрономия. – М.: Просвещение , 1983.
5. Климишин И. А. Астрономия наших дней. -- 2-е изд. – М.: Наука , 1980.
6. Meläýew H. Syrly Älem .—Aşgabat.: Ylym , 2004.

Emma oňa garamazdan, häzirki döwre çenli belli bolan maglumatlaryň esasynda kosmologiýa, Älemiň gurluşynyň we ösüşiniň umumy kanunalaýyklyklary barada düşünje almaga mümkinçilik berýändir. Astronomiýanyň bu bölüminiň dogry dünýägaraýşy kemala getirmekde wajyp ornunyň bardygyny düşnükli. Älemiň kanunlaryny umumylykda öwrenip, biz materiýanyň, giňişligiň we wagtyň häsiýetlerine has çuňňur akyl ýetirýäris. Olaryň käbirlerini, mysal üçin, hakyky fiziki giňişligiň we wagtyň uly masştabdaky häsiýetnamalaryny kosmologiýanyň çäklerinde öwrenip bolýandy. Şol sebäpli onuň netijeleri astronomiýa we fizika ylmy üçin wajyp bolmak bilen çäklenmän, filosofiýa üçin hem wajypdyr.

kanunlaryny peýdalanalyň.

Nýutonyň kanunlary tükenikli (çäkli) massalara ulanarlyklydygy öňünden belli bolany sebäpli, biziň modelimiz Älemiň örän uly, tükenikli massa eýe bolan, çäkli bölegine degişli diýip hasaplalyň. Bular ýaly massa onuň bölekleriniň arasyndaky grawitasion özara täsir netijesinde ýa-da gysylmalydyr, ýa-da kinetik energiýanyň ätiýajyna eýe bolsa, onda giňelmelidir. Şol grawitasion güýçleriň täsiri netijesinde bu giňelme wagtyň geçmegi bilen togtamalydyr.

Birhilli izotrop Älemde Habblyň kanunynyň dogrudygyny görkezmek mümkindir. Kesgitlilik üçin giňelýän Älemiň modeline seredeliň. Goý A we B , başlangyç wagt pursatynda aralaryndaky uzaklyk r bolan, biri-birinden $V = \Delta r / \Delta t$ otnositel tizlik bilen daşlaşýan, giňişligiň islendik iki nokady bolsun. AB aralygy r sany birlik aralyklara (interwallara) böleliň. Birhilliligiň häsiýetine görä, bu interwallaryň her biri Δt wagtyň dowamynda $\Delta r / r$ deň bolan, şol bir ululyga artar. Şonuň üçin, birlik interwalyň orta tizligi $\frac{1}{r} \left(\frac{\Delta r}{\Delta t} \right)$ deň boljagy aýdyňdyr. Bu ululygyň hemme ýerde we ähli ugurlarda birmeňzeş bolmalydygy hem-de diňe wagta baglylygy üçin ony $H(t)$ bilen belläliň. Bu ýerden Habblyň kanunyny alarys:

$$V = \frac{\Delta r}{\Delta t} = r \left(\frac{1}{r} \frac{\Delta r}{\Delta t} \right) = r \cdot H \quad (14.1)$$

Bu ýerde $H = H(t)$ ululygyň häzirki döwürdäki bahasy. $H=0$ bolanda giňelme ýokdur (statiki model). Emma bular ýaly ýagdaýyň durnuksyzdygy aýdyňdyr. Maddanyň massasy başga güýçleriň ýok ýagdaýynda, hususy dartylma meýdanynda, kinetik we potensial energiýalarynyň özara gatnaşyklaryna baglylykda, ýa giňelmelidir, ýa-da gysylmalydyr.

Goý indi r -merkezi giňişligiň berlen nokadynda ýerleşen käbir sferanyň erkin radiusy bolsun. Izotroplyk we birhillilik sebäpli bu sferanyň hemme nokatlary merkezden birmeňzeş tizlik bilen daşlaşarlar. Özi hem radius wagtyň geçmegi bilen wagta bagly, käbir $R(t)$ funksiýa proporsionallykda artar, şunlukda

$$r(t)=r \cdot R(t) \quad (14.2)$$

$R(t)$ funksiýa masşabyň faktory diýilýär. Bu ululyk islendik iki nokadyň aralaryndaky r uzaklyga garamazdan, uzaklygyň wagta görä üýtgemeginiň kanunyny almaga mümkinçilik berýär.

Radiusy r bolan sferada M massa jemlenendir we ony ρ dykzlygyň (hemme ýerinde birmeňzeş) üsti bilen aňladyp bolýar:

$$M = \frac{4}{3} \pi \rho r^3 \quad (14.3)$$

Seredilýän göwrümiň araçäginde ýerleşen birlik massa $V^2/2$ bolan kinetik we $-GM/r$ bolan potensial energiýa eýedir. Energiýanyň saklanmak kanunyna laýyklykda olaryň jemi hemişelikdir:

$$\frac{1}{2} V^2 + \left(-G \frac{M}{r} \right) = E_{doly} \quad (14.4)$$

Eger doly energiýa noldan uly $E > 0$ bolsa, onda giňelmäniň tizligi r -iň hiç bir bahasynda nola çenli kiçelip bilmeýär. Giňelme hemişelik haýallama bilen tükeniksiz dowam edýär. Masşabyň faktory $R(t)$ mydama artýar. Tersligine, $E < 0$ bolanda, giňelme tizligi wagtyň geçmegi bilen nola çenli kemelýär, soňra giňelme gysylma bilen çalşylýar. Haçanda $V=0$ bolan pursatynda, masşab faktory iň uly bahasyny alýar, soňra kemelýän funksiýa öwrülýär. Bu iki gyraky ýagdaýlaryň aralygynda wajyp aralyk ýagdaý, ýagny $E=0$ hem bardyr. Şonda giňelme nola ymytlyan tizlik bilen çäksiz dowam edýändir. (14.4) formuladan görnüşi ýaly, şonda giňelme tizligi parabolik tizlige deňdir:

$$V_p = \sqrt{2MG/r} \quad (14.5)$$

Bu formula Habblyň kanunundan V tizligiň bahasyny we (14.3) gatnaşykdan massanyň bahasyny goýup, dykzlygyň degişli bahasyny alarys:

$$\rho_0 = \frac{3H}{8\pi g} \quad (14.6)$$

Formuladan görnüşi ýaly, ρ_0 dykzlyk r radiusa bagly däl. Bu bolsa alnan netijäniň islendik uly masşab üçin hem dogrudygyny aňladýar. Dykzlygyň doly energiýanyň nol ýagdaýyna degişli bahasyna kritiki diýilýär. Älemiň orta

19-njy tablisa

Älemiň ewolýusiýasynyň esasy tapgyrlary

Eýýam	Başlangyçdan soň geçen wagt (sek)	Ewolýusiýanyň tapgyrlary	T, K	ρ , g/sm ³
Plank		Relikt grawitonlaryň emele gelmegi	?	?
Adron	10^{-43}	Relýatiwistik dartyлма teoriýasynyň ulanylmagynyň araçägi	10^{32}	10^{94}
	10^{-35}	Zarýad asimmetriýasynyň döremegi	10^{28}	10^{78}
	10^{-5}	Nuklonlaryň we antinuklonlaryň annigilýasiýasy	$3 \cdot 10^{12}$	0^{16}
Lepton	10^{-4}	Fizikanyň tejribelerde barlanan kanunlarynyň ulanarlygynyň araçägi	10^{12}	10^{14}
	10^{-3}	Neýtronlaryň annigilýasiýasy	$3 \cdot 10^{11}$	10^{12}
	0,2	Relikt neýtrinolarýň emele gelmegi	$2 \cdot 10^{10}$	10^7
Şölelenme	10	Elektronlaryň we pozitronlaryň annigilýasiýasy	10^{10}	10^4
	10^2	Başlangyç geliýniň döremegi	10^9	10^2
Madda	10^6 ýyl	Relikt şöhlenemäniň „goparylmagy“	$4 \cdot 10^3$	10^{-21}
	10^9 ýyl	Ýyldyzlaryň we galaktikalaryň emele gelip başlamagy	30	10^{-27}
	$(1 \div 2) \cdot 10^{10}$ ýyl	Häzirki eýýam	2,7	10^{-30}

ýetişýär. Şöhledenme eýýamy plazmanyň ionlaşan ýagdaýdan neýtral ýagdaýa geçmegi bilen, maddanyň dury dälliginiň kemelmegi we şöhledenmäniň „goparylmagy“ bilen tamamlanýar. Giňelme başlanýandan million ýyldan soň madda eýýamy başlanýar. Şol wagtda beýleki ýadrolaryň ujypsyzja garyndysyny saklaýan gyzgyn wodorod-geliý plazmadan biziň dünýämiziň köpdürliligi ösüp başlapdyr.

Älemiň giňelmeginiň bu tapgyrlary seredilende, soňra olardan Älemiň düzüme emele gelmeleri (galaktikalar, galaktika üýşmekleri we ş.m.) dörän, birhilli dällikleriniň emele gelmeginiň sebäpleri barada wajyp sorag ýüze çykyýandyr. Bu birhilli dällikler ujypsyzja fluktuasiýalar görnüşinde ýüze çykyp, soňra Älemdäki ionlaşan gazyň neýtral ýagdaýa geçip başlan eýýamynda, ýagny şöhledenmäniň maddadan „goparylyp“, reliktd şöhledenme bolanda, güýçlenendir. Şeýle güýçlenme ýeterlik fluktuasiýalaryň döremegine getirip biler we olardan soňra galaktikalar emele gelip başlandyrlar.

Älemiň has iri düzüme bölekleri emele gelenlerinde, eger-de dynçlyk massalary noldan tapawutlanýan bolsa, neýtrinolarýň wajyp täsiriniň, ornunyň bolan bolmagy mümkindir. Neýtrinolar ýagtylygyň tizligine ýakyn tizlikler bilen hereket eden döwründe olaryň islendik fluktuasiýalary örän çalt sındirilendirler. Emma giňelme başlanandan birnäçe ýüz ýyl geçenden soň massasy bolan neýtrinolarýň tizligi ýagtylygyň tizliginden ýeterlik kiçi bolmalydyr.

Şonuň üçin käbir wagtda pursatyndan başlap neýtrinolarýň iri goýulanmalary eýýam sındirilmeýärler we Älemiň galaktikalaryň üýşmekleri we aşauýşmekleri ýaly düzüme emele gelmelerine başlangyç berýärler. Galaktikalaryň özleri şunlukda adaty maddadan emele gelyändirler. Neýtrino bolsa, eger ýeterlik massalary bar bolsa, onda olar äpet goýulanma massalary üçin dartyлма merkezi bolup çykyş edýärler.

Häzirki wagtda kosmologiýanyň meseleleri, göräýmäge ýönekeý ýaly bolsa-da, käbir soraglaryň çylşyrymlyklary bilen baglanyşykly bolan kynçylyklara garamazdan, intensiw işlenilýändir. Şol sebäpli entek anyklanylmalý zatlar örän köpdür.

dykzlygy kritiki dykzlykdan uly ýa-da kiçi bolanda, deňşililikde ýapyk we çäksiz giňelýän Älemiň ýokarda seredilen ýagdaýlary amala aşyrylýandyr.

$H=75\text{km}/(s\cdot\text{Mps})$ kabul edip, häzirki wagtda Älemde dykzlygyň kritiki bahasy $10^{-29}\text{g}/\text{sm}^3$ töweregidigini alarys. Metagalaktikada belli bolan massalaryň hemmesini hasaba alanymyzda orta dykzlygyň hakyky ululygynyň $10^{-30}\text{g}/\text{sm}^3$ deňdigini, ýagny kritiki bahasyndan kiçidigini görkezýär. Emma bu ululyk öňünden belli bolan in pes çäkdir, sebäbi metegalaktiki sredanyň dykzlygy doly anyklykanyň dälidir. Eger ol uly bolsa, onda käbir pursatdan başlap Älemiň giňelmesi gysylma bilen çalşylyp biljekdigini aňladyp biler.

Älemde maddanyň orta dykzlygy kesgitlenende, dynçlyk massasy noldan tapawutly neýtrinonyň massasy hem hasaba almaly bolmagy mümkindir. Soňky ýyllarda tejribeleriň netijelerine görä (doly anyklanylmalý), neýtrinonyň dynçlyk massasy $6\cdot 10^{-32}\text{g}$ ýetip biler, bu bolsa elektronyň massasyndan takmynan 20000 esse kiçidir. Älemde neýtrinonyň ummasyz mukdary, esasan hem onuň giňelmesiniň irki tapgyrlaryndan galanlary (reliktd) bolmalydyr. Teoriýada hasaplamalar her protona ortaça milliarda golaý neýtrino düşýändigini görkezýär. Şonuň üçin ýokarda getirilen çaklama tassyk bolsa, onda neýtrinolarýň umumy massasy adaty maddanyň massasyndan takmynan 30 esse köp bolar. Şeýlelik bilen, biziň giňişligimiziň esasy fiziki häsiýetnamalaryny hut neýtrino kesgitleýän bolmaklygyny hasapdan aýryp bolmaz.

Indi Habblyň hemişeliginiň fiziki manysyna seredeliň. Onuň ölçeg birligi ýygtylygyň ölçeg birligidir. Eger $H=75\text{km}/(s\cdot\text{Mps})$ diýip kabul etsek, onda onuň ters ululygy $t=4\cdot 10^{17}\text{s}=13\cdot 10^9\text{ýyl}$ bolan wagta deňdir. Eger geçmişde giňelme tizligi üýtgemändir diýip kabul etsek, onda Metagalaktikanyň häzirki ýagdaýyna çenli giňelmegi üçin şonça wagtda gerekdir. Gözegçilikleriň ýalňyşlyklarynyň çäklerinde bu wagtda ululygy, galaktikalaryň köpüsiniň we biziň Galaktikamyzyň garry ýyldyzlarynyň spektrlerini hem-de ýyldyz ewolýusiýasynyň teoriýasyny ulanmak bilen, ýyldyz düzümini öwrenmegiň esasynda kesgitlenen ýaşlary

bilen gabat gelyandır. Bu ýerden bolsa, galaktikalaryň köpüsiniň Älemiň giňelmesiniň has irki tapgyrlarynda emele gelendikleri gelip çykýar. Mümkün, olar birinji milliard ýylda, ýagny maddanyň orta dykzlygy häzirkiden ýeterlik ýokary bolanda emele gelendirler.

Şeýlelikde, klassiki fizikanyň çäklerinde Älemiň wajyp häsiýetnamalaryny: stasionar dälligini (durnukly dälligi), kritiki dykzlygynyň ululygyny, giňelme wagtyň ululygyny (Älemiň „ýaşyny“) almak başardandyr. Hakyky Älemiň her bir anyk häsiýeti, hususan-da häzirki döwürde Älemiň giňelýändigini gelip çykýan, gözegçiliklere esaslanan bolmalydyr. Älemiň stasionar dälliginiň haýsy häsiýetiniň geljekde amala aşyryljakdygy entek belli däldir. Geljekde giňelmäniň gysylma bilen çalşylmagy mümkindir. Ýöne maddanyň geçmişde has dykz ýagdaýda bolandygy barada aýtmak bolar. Emma bu netijeleriň klassiki mehanikanyň esasynda alnandygyny göz önünde tutmalydyr. Şonuň üçin olar giňelmäniň tizligi ýagtylygyny tizliginden ýeterlik kiçi bolan masştablar üçin dogrudyr. Bu çäklendirmeleri kanagatlandyрмаýan şertler üçin fizikanyň has takyk kanunlaryndan, esasan hem otnositelligiň umumy teoriýasyndan peýdalanmak zerurdyr.

§175. Relýatiwistik kosmologiýa

Belli bolşy ýaly, otnositellik teoriýasy uly massalaryň bolmagy giňişlik-wagt häsiýetnamalara täsirini ýetirýändigini diýen netijä getirýär. Bize öwrenişikli bolan ýewklid giňişliginiň häsiýetnamalary (mysal üçin, üçburçlugyň burçlarynyň jemi, parallel çyzyklaryň häsiýetleri) uly massalaryň ýakynynda üýtgeýändirler, ýa-da başgaça aýdylanda giňişlik egrelýändir.

Mysal üçin, giňişligiň egrelmegi netijesinde ýagtylyk şöhesi Günün ýakynynda öz ugruny takmynan $2''$ burça üýtgetmelidir. Bu burçuň ululygyny Günün ýakynyndaky ýyldyzlara doly Gün tutulma wagtynda geçirilýän gözegçiliklerde ölçäp bolýandyr.

Hemme galaktikalaryň üýşmekleriniň dartylma täsirine eýe

boldugyça, şonçada özara täsir netijesinde emele gelip biljek bölejikleriň massasy uludyr. Älemiň ewolýusiýasynyň has irki tapgyrlarynda örän gysga ömürlü we örän massiw gipotetik bölejikler döräp bilendirler. Temperaturanyň we dykzlygynyň pese düşmegi bilen olara görä kiçiräk bölejikler emele gelendir. Şol wagtyň özünde bolsa, has massiw bölejikler annigilýasiýanyň ýa-da dargamanyň hasabyna „ölüp gutaryandyrlar“.

Bölejikleriň we degişli antibölejikleriň „ölüp gutarmalary“ deň bolup geçen däldirler, ýagny antibölejikler doly gutarandyrlar, protonlar bilen neýtronlaryň (nuklonlar) ujypsyzja bölegi galandyr. Netijede gözegçilik edýän dünýämiz antimaddadan dälde, maddadan durýandyr, ýöne Älemde antimaddadan ybarat çäkleriň bolmagy hem mümkindir. Bölejikleriň we antibölejikleriň häsiýetleriniň ýeterlik asimetriýasy bolmadyk bolsa, onda dünýäniň maddasyz galmagy hem ahmal eken.

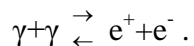
Nuklonlaryň emele gelmegi bilen Älemiň ewolýusiýasynyň adronlar eýýamy tamamlanýandyr (adronlar güýçli özara täsire sezewar bolýan bölejiklerdir: protonlar, neýtronlar, mezonlar we ş.m.). Adronlar eýýamyndan soňra leptonlar eýýamy başlanýar. Şonda sreda esasan hem položitel we otrisatel mýuonlardan, neýtrino we antineýtrinolardan, pozitronlardan we elektronlardan ybaratdyr. Nuklonlar örän seýrekdir. Älemiň ondan soňky giňelmesi netijesinde mýuonlaryň, şeýle hem elektronlaryň we pozitronlaryň annigilýasiýasy bolýar. Soňra neýtrinonyň madda bilen özara täsiri tamamlanýar we singulýarlykdan $0,2$ sekuntan soň, öň belläp geçişimiz ýaly, neýtrinonyň „goparylmasy“ bolýar. Häzirki wagtda bu relikt neýtrinolaryň ýylylyk energiýalary kemelendir we $2K$ temperatura laýyk gelyändirler.

Singulýarlykdan takmynan 10 sekuntan soň temperatura $10^{10}K$ töweregine ýetýär we şöhlenme eýýamy başlanýar. Bu tapgyrda mukdary boýunça, entek hem madda bilen güýçli täsirleşýän fotonlar, şeýle hem ondan eýýam „goparylan“ neýtrino agdyklyk edýär. Uly partlamadan 100 sekuntan soň nukleosinteziň ilkinji prosessleri başlanýar. Protonlaryň käbir böleginiň neýtronlar bilen birleşip, geliýniň ýadrosyny emele getirmäge ýetişýärler. Protonlaryň umumy sanynyň 10% -i neýtronlar bilen birleşip

käbir aýratyn aşadykyz ýagdaýdan giňelip başlan pursatyny görkezmek mümkindir. Bu giňelmäniň başlangyjyny *Uly partlama* diýip şertli atlandyrýarlar. Formal taýdan şol pursatda dykzlyk we basyş tükeniksizlige ymtylýandy. Bu bolsa singulyarlyk ýagdaýynyň ýakynynda madda entek fizikada belli bolmadyk kanunlar bilen düşündirilmelidir. Hatda Eýnşteýniň relýatiwistik dartyлма teoriýasy hem dykzlygyň 10^{93} g/sm^3 uly bahalarynda ulanarlykly däl, sebäbi ol kwant hadysalary göz önünde tutýan däl. Plankyň eýýamy diýilýän bu döwürde grawitasiýa meýdanynyň kwantlary - *grawitonlar* dörän bolmalydyr.

Emma, eýýam giňelmäniň „başlanyndan“ 10^{-44} sekuntdan soň otrositelligiň umumy teoriýasy ulanarlyk bolýandy. Gyzgyn giňelýän birhilli izotrop Älemiň modelinden gelip çykýan, biziň dünýämiziň ewolýusiýasynyň häzirki tapgyryna degişli bolan (19-njy tablisa), käbir deslapky netijelere gysgaça seredip geçeliň.

Älemiň aşadykyz ýagdaýy gaty uzak wagt dowam etmedik hem bolsa, ol Älemiň ondan soňky ösüşinde örän uly wajyp orny eýeleýändir. Iň wajyby, maddanyň örän uly dykzlygynda we temperaturasynda bölejikleriň we şöhlenme kwantlarynyň intensiw özara öwrülişik prosessleriniň başlanlygydyr. Ilkibaşda deň mukdarda bölejikler we olara degişli antibölejikler emele gelendir. Bu prosess belli bolan, iki sany kuwwatly gamma-kwantlar çakyşanlarynda elektron-pozitron jübüdiň emele gelmegine meňzeşdir:



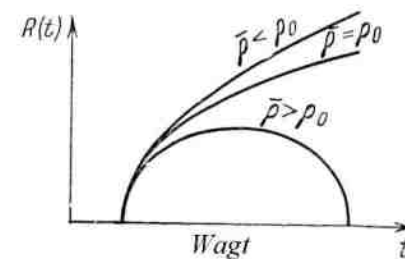
Bu reaksiýada çepe ugrukdyrylan ugur görkeziji, iki sany γ -kwantyň emele gelmesi bilen bolup geçýän, pozitronyň we elektronyň annigilýasiýasyna ters prosessi şekillendirýär. Deňagramly şertlerde göni we ters prosessler mydama deň mukdarda bolup geçýärler.

Dynçlyk massasy m bolan bölejigiň emele gelmegi üçin kwantlaryň energiýasynyň mc^2 -dan kiçi bolmazlygy zerurdyr. Onda elektron-pozitron jübüdiň emele gelmegi üçin iň azyndan 1000 keV energiýa ýa-da $T > 10^{10} \text{ K}$ temperatura zerurdyr. Temperatura we degişlilikde kwantyň energiýasy näçe uly

bolan massalarynyň jemleýji täsiri, umuman giňişligiň kesgitli egriligini ýüze çykaryp biler. Ol bolsa Älemiň häsiýetlerine, diýmek onuň ewolýusiýasyna düýpli täsirini ýetirer. Umumy ýagdaýda, otrositellik teoriýasynyň kanunlarynyň esasynda giňişligiň we wagtyň häsiýetnamalaryny, massalaryň erkin paýlanan ýagdaýynda kesgitlemek meselesi örän çylşyrymlydyr.

Häzirkizaman relýatiwistik kosmologiýa A.A.Fridmanyň işlerinden başlanandy. Ol birhilli izotrop Älemde maddanyň hereketini hasaplandyr we onuň dynçlykda bolup bilmejekdigini, Älem stasionar däl bolmalydygyny, ýagny giňelmä ýa-da gysylma sezewar bolmalydygyny subut edendir. Degişlilikde orta dykzlyk hem wagta görä üýtgemelidir. Relýatiwistik kosmologiýada Älemiň stasionar dälligi geçen paragrafda sereden “klassiki” ýagdaý üçin alan netijelerimize meňzeşdir (tükeniksiz giňelme, ýa-da gysylma bilen çalşylýan giňelme). Relýatiwistik kosmologiýada kritiki dykzlygyň alynýan bahasy, tapylan (14.6) aňlatma bilen umuman gabat gelýär.

Relýatiwistik teoriýanyň düýpli anyklamalarynyň biri hem giňişligiň egriligini kesgitlemek mümkinçiligidir. Orta dykzlyk kritiki dykzlyga deň bolanda, giňelme tizligi tükeniksiz nola ymtylýandy (haýallama), giňişligiň egriligi nola deňdir we ol ýewklidiň geometriýasy bilen häsiýetlendirilýändir. Galan ähli ýagdaýlarda giňişligiň geometriýasy ýewklid däl. Dykzlyk kritikiden kiçi bolanda egrilik otrisateldir, eger uly bolsa, onda



230-njy çyzgy. Älemiň giňelmeginiň dürli kanunlary üçin masştab faktorynyň wagta baglylygy.

položitelidir. Degişlilikde birinji ýagdaýda Älem mydama giňelýändir, ikinjide giňelme haýsy hem bolsa bir eýýamda gysylma bilen çalşmalydyr. Bu soňky ýagdaýda, ýewklid geometriýasy bolmany üçin, giňişlik çäkli (tükenikli) bolmalydyr, ýagny islendik wagt pursatynda kesgitli çäkli göwrümi, çäkli

massasy we galaktikalaryň üýşmekleriniň çäkli sany bolmalydyr. Emma Älemiň „araçäkleri“ ýokdur.

Bular ýaly ýapyk üç ölçegli giňişligiň iki ölçegli modeli „çişirilýän“ sferanyň üstüdür. Galaktikalar bu modelde sferanyň üstünde çyzylan tekiz şekiller bilen şekillendirilýärler. Sferanyň üsti dartylanda onuň meýdany we şekilleriň aralyklary ulalýandyr. Aslynda bular ýaly sfera çäksiz ulalyp bilýändir, ýöne islendik wagt pursatynda onuň üstüniň meýdany mydam çäklidir, özi hem bu ikiölçegli giňişlikde (tekizlikde) araçäk ýokdur.

Relýatiwistik modellerde masştab faktorynyň $R(t)$ özüni alyp baryşy hil taýdan, energiýanyň (14.2) deňlemesinden, M üçin (14.3) we $r(t)$ üçin (14.2) aňlatmalardan alyp bolýan $R(t)$ funksiýa bilen gabat gelýär. 230-njy çyzygyda Älemiň stasionar dällik häsiýetleriniň ähli üç esasy ýagdaýlary üçin masştab faktorynyň wagta baglylygy görkezilen.

§176. „Gyzgyn“ Älem modeli

1965-nji ýylda Älemiň izotroplygy we birhilliligi baradaky çaklamanyň dogrulygyny tassyklan, kosmologiýa üçin örän wajyp açyş edilendir. Ýeriň emeli hemralaryna gözegçilik etmek üçin niýetlenen radioenjamlar sazlananda, ähli ugurlardan intensiwligi birdeň bolan, gowşak, fon radioşöhlenenmesi ýüze çykaryldy. Häzirkizaman gözegçiliklere laýyklykda bu şöhlenenme prosentiň ondan bir üleşleriniň takyklygynda izotropdyr (ýagny onuň temperaturasy ugra bagly däldir). Energiýanyň spektrde paýlanylyşy boýunça ol $3K$ temperatura degişli ýylylyk şöhlenenmesidir. Bular ýaly temperaturada şöhlenenmäniň maksimumy spektriň $1mm$ tolkun uzynlykly çäğine düşýändir. Häzirki wagtda Älemde, spektriň millimetr çäklerinde, ýeterlik ýokary derejede izotrop we plankyň spektrine eýe bolan şöhlenenme berip biljek obýekt ýokdur. Şonuň esasynda $3K$ temperaturaly şöhlenenme, maddanyň dykzlygy örän ýokary we sreda örän dury däl wagtyndan saklanyp galan, Älemiň şöhlenenmesidigi anyklanyldy. Wagtyň geçmegi bilen, giňelme

netijesinde madda sowandyr we ionlaşan ýagdaýdan neýtral faza geçip, dury bolandyr. Soňra sreda tarapyndan siňdirilmän, şöhlenenme maddadan „goparylan“ ýaly bolup, biziň günlerimize çenli saklanyp galandyr.

Hasaplamalar maddanyň dury ýagdaýa geçmeginiň, dykzlygyň $10^{-20}g/sm^3$ bahalarynda (atomlaryň orta konsentrasiýasy 10^4sm^{-3} töweregi), ýagny dykzlyk häzirki wagtdakydan milliardlarça esse uly wagty bolandygyny görkezýär. Dykzlygyň uzaklygyň kubuna ters proporsionalykda üýtgeýändigini sebäpli, Älemiň giňelmesini hem edil şu wagtky ýaly hasaplap, maddanyň dury däl döwründe, Älemdäki ähli uzaklyklaryň takmynan 1000 esse kiçi bolandygyny alarys. Şonuň üçin, häzirki wagtda tolkun uzynlygy $1mm$ bolan kwantlar, ön tolkun uzynlygy $1mkm$ deň bolandyr we ol Plankyň kanunyna görä temperaturanyň $3000-4000K$ bahasynda şöhlenenmäniň maksimumyna degişlidir.

Şeýlelikde, relik şöhlenenmäniň bolmagy geçmişde Älemiň diňe dykzlygynyň uly bolman, onuň temperaturasynyň hem ýokary bolandygyny görkezýär („Gyzgyn“ Älem modeli).

Älem geçmişde has dykz we has ýokary temperaturaly ýagdaýda boldumyka diýen soraga relik neýtrinolarýň şöhlenenmesiniň esasynda jogap berip bolardy. Olar üçin Älemiň dury dälligi dykzlygyň $\rho \geq 10^7g/sm^3$ bahalarynda ýerine ýetmelidir. Bu ýagdaý Älemiň giňelmesiniň diňe häzirki tapgyrlarynda bolup bilmegi mümkindir. Haçanda dykzlyk bu bahadan kiçi bolanda, neýtrino bilen, edil soňra relik şöhlenenme bilen bolşy ýaly, olar galan madda bilen täsirleşmän, „goparylan“ ýaly bolup, soňra giňelme bilen baglanyşykly bolan diňe kosmologiki gyzyly süýsmä sezewar bolandyr. Gynansak hem, häzirki wagtda energiýasy bary-ýogy elektron-woltyň on müňden bir üleşlerine deň bolan neýtrinolarý ýüze çykarmak başa baran däldir.

Şeýlelikde, 10 milliard ýyldan hem ozal Älem örän dykz we gyzgyn ýagdaýda bolupdyr. Umuman aýdanymyzda, dykzlygyň we temperaturanyň üýtgame kanunyny wagta görä zylygyna ekstrapolirläp, Älemiň *singulyarlyk* ýagdaýy diýip atlandyrylýan,