

M. Mamadazimow

ASTRONOMIYA

Orta bilim berýän mekdepleriň 11-nji synp okuwçylary üçin derslik

1-nji neşir

*Özbekistan Respublikasynyň Halk bilimi ministrligi
tarapyndan tassyklanan*

«DAVR NASHRIYOTI»

Daşkent – 2018

UO‘K 52(075.3)
KBK 22.6ya72
M 23

Şu derslik, oña goýlan talaplara görä, orta bilim berýän mekdepleriň 11-nji synp okuwçylaryndan daşary Özbekistan Respublikasynyň Ylymlar akademiasynyň Astronomiýa institutynyň ýanynda açyljak astronomiýadan ýöriteleşdirilen mekdep üçin hem niýetlenen bolup, iki bölümdan ybarat.

Şonuň üçin derslikde okuw materiallarynyň kynlyk derejesine görä, käbir temalar bir (*) ýa-da iki (**) ýyldyzjyk bilen berlen bolup, munda bir (*) ýyldyzjykly okuw materialy, ýönekeý we ýöriteleşdirilen mekdepler üçin hem niýetlenen bolsa-da, ýöne ony okatmakda, ýönekeý mekdep okuwçylaryna onuň mazmuny boýunça düşüňjeler bermek bilen çäklenip, ýöriteleşen mekdepde onuň matematiki apparatlaryň kömeginde açyp görkezilen doly mazmunyny özleşdirmek talap edilýär, okuw materiallary iki ýyldyzjyk (**) bilen berlen paragraflar bolsa, diňe ýöriteleşdirilen mekdep okuwçylary üçin niýetlenen bolup, olarda, maksada görä, astronomiýanyň çuňlaşdyrylan we giňeldilen mazmuny açyp görkezilen. Şonuň ýaly-da derslikden orun alan «Kosmonawtikanyň elementleri» hem ýöriteleşen mekdep üçin niýetlenen bolup, ol okuwçylarda aeronawtika degişli elementar düşüňjeleri sekillendirmegi maksat edinýär.

Syn ýazanlar:

- Ş.A. Egamberdiýew** – ÖZR YA Astronomiýa institutyny direktory, f.-m.y.d. akademik;
S.P. Ilýasow – ÖZR YA Astronomiýa institutynyň ylmy işler boýunça direktoryň orunbasary f.-m.y.d.;
Ç. Şerdanow – ÖZR YA Astronomiýa institutynyň işgäri, f.-m.y.k;
B. Sattarowa – Nyzamy adyndaky DDPU dosenti p.y.k;
U. Alimuhammedowa – Daşkent şäheriniň Ýunusabat tümenindäki 9-njy mekdebiň mugallymy;
E. Jumaniýazow – Daşkent şäheriniň Sergeli tümenindäki 8-nji mekdebiň mugallymy.

Astronomiýa [Tekst]: orta bilim berýän mekdepleriň 11-nji synp okuwçylary üçin derslik / M.Mamadazimow. – Daşkent: DAVR NASHRIYOTI, 2018. – 176 s.

M 23

UO‘K 52(075.3)

KBK 22.6ya72

Respublikanyň ýörite kitap gaznasynyň serişdeleriniň hasabyndan çap edildi.

© M. Mamadazimow, 2018

ISBN 978-9943-5024-4-4

© «DAVR NASHRIYOTI» JÇJ, 2018

GIRIŞ

1-nji TEMA.

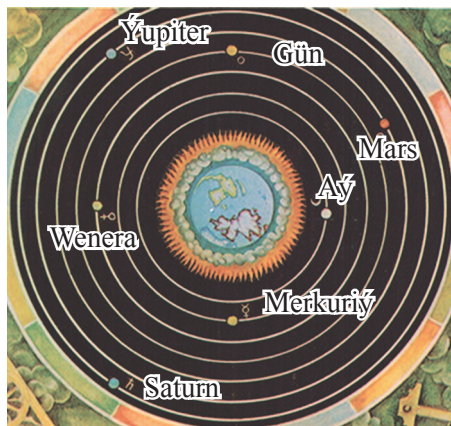
1-Ş. Astronomiýa nämäni öwrenýär? Onuň ösüş taryhy we başga ylymlar bilen aragatnaşygy

Älemiň bize iň ýakyn we uzak obýektlerini, ulgamlarynyň hereketlerini we fiziki tebigatlaryny öwrenýän ylym *astronomiýa* diýip atlandyrylýar. Astronomiýa sözi grekçe «*astron*» – ýyldyz, «*nomos*» – kanun diýen sözlerden ybarat bolup, asman jisimleri, olaryň ulgamlarynyň gelip çykyşy we gurluşy, hereketleri, fiziki tebigatlaryny we ewolýusiýalaryny öwrenýän ylymdyr.

Astronomiýanyň ösüşiniň gysgaça taryhy. Astronomiýa hem başga ähli ylymlar ýaly jemgyýetiň amaly zerurlyklary esasynda emele gelen. Astronomiýanyň ilkinji düşüňjeleri Mesopotamiýa, Müsür, Merkezi Aziýa, Hytaý, Hindistan ýaly ýurtlarda mundan birnäçe müň ýyl öň bar bolupdyr.

Gadymda grek astronomlary, gözegçilikler bilen bir hatarda, gözegçilik edilen astronomik hadysalaryň gelip çykyş sebäplerini düşündirmäge çalşypdyrlar. Hususan-da, Pifagor Ýeriň şar şekillidigi barada pikir bildiripdir, Aristotel bolsa Älemiň merkezinde hereketsiz Ýer ýerleşen diýen geosentrik sistemany esaslandyrypdyr.

Aleksandriýaly Eratosfen mil. öň. III asyrdan ilkinjilerden bolup, Ýeriň meridianynyň 1° -ly dugasynyň uzynlygyny we soňluk bilen şu esasyda, planetamyzyň radiusyny ölçedi. Meşhur grek alymy we filosofy Gipparh ýüzlerçe ýyldyzlaryň koordinatalaryny özünde şöhlelendirýän birinji ýyldyzlar katalogyny (jedwelini) düzdi. Milady II asyrdan meşhur grek astronomy Klawdiý Ptolemeý «Megale sintaksis» (Beýik gurluş) atly eserinde grek astronomiýasynyň gazananlaryny umumlaşdyryp, planetalaryň görünme-halkalaýyn hereketlerini düşündirip bilýän we esasynda Aristotel-Gipparhlaryň geosentrik, ýagny



1-nji surat. Aristotel (mil. öň. IV asyr) Älemiň gurluşyny şeýle göz önüne getiripdir.

merkezde Ýer ýerleşen diýen nazaryýeti ýatýan, Älemiň gurluşy baradaky täze taglymaty döretdi (*1-nji surat*).

Bu taglymata görä, şol wagtda mälim bolan baş planeta (Merkuriý, Wenera, Mars, Ýupiter we Saturn) Ýeriň daşynda *episikl* diýilýän töwerekler boýunça, şu episiklleriň merkezleri bolsa, *deferent* diýilýän uly töwerekler boýunça aýlanýar. Bu geosentrik nazaryýet Älemiň gurluşynyň hakyky görnüşini şöhlendirmedik bolsa-da, ýöne ol on baş asyryň dowamynda ykrar edilip gelindi.

IX–XV asyrlarda, Ýakyn we Orta Gündogar hem-de Merkezi Aziýa ýurtlarynda iri astronomik obserwatoriýalar gurlup işe düşürildi. Olarda Al-Battoniý, Al-Horezmi, Al-Fergany, Abu Mahmyt Hojandy, Abu al-Wefa Buzjany, Abdurahman as-Sofiý we Ibn Ýunus ýaly meşhur eždatlarymyz döredijilik edipdirler.

Hususan-da, Al-Battoniý grek astronomiýasy gazanan üstünlikleri umumylaşdyryp, Aýyň hereketine degişli käbir maglumatlary anyklady. Al-Ferganynyň «Astronomiýanyň esaslary» atly eseri şol döwür üçin astronomiýadan özboluşly ensiklopediýa bolýar. Aý we onuň hereketleri baradaky açyşlary, arap alymlary Ýeriň meridianynyň uzynlygyny ölçemek boýunça işleri bilen dünýä tanaldy. X–XI asyrdan döredijilik eden meşhur özbek alymy Birunynyň astronomiýa degişli 40-dan artyk eseri mälim bolup, olarda Günüň, Aýyň we planetalaryň hereketi, olaryň tutulmagy, kalendarlara degişli ençeme maglumatlar getirilipdi.

XV asyrdan Gündogar astronomiýasynyň ýene bir beýik görnükli wekili Mürze Ulugbek Samarkantda dünýäde iň iri astronomik obserwatoriýany işe düşürdi. Obserwatoriýanyň birnäçe on ýyllyk işi dowamynda Kazyzada Romy, Jemşit Kaşy we Ali Guşçy ýaly alymlardan ybarat astronomiýa mekdebi şekillendi.

Astronomiýanyň soňky ösüşi Ýewropada ençeme alymlaryň astronomiýa ugrundaky fundamental açyşlary bilen bagly. Bu babatda polşaly astronom N.Kopernik, italiýaly J.Bruno we G.Galileý, nemes Iogann Kepler hem-de inlis Isaak Nýutonlaryň döredijilikli işleri, aýratynam, bereketli boldy. XVI asyrdan XX asyryň başlaryna çenli tebigaty öwreniş ugrunda edilen esasy açyşlar we kanunalaýyklyklaryň aglabasy ýokardaky alymlaryň atlary bilen bagly.

XX asyryň ortalarynda spektral analiziň açyş edilmegi we astronomiýada fotografiýanyň ulanylmagy netijesinde astronomiýanyň täze gözýetimleri açyldy. Bu, asman jisimleriniň fiziki tebigatlaryny öwrenmek boýunça uly mümkinçilikleri döretdi. Netijede, asman jisimleriniň we olaryň sistemalarynyň

fiziki tebigatlaryny öwrenmek bilen meşgullanýan täze ylym – *astrofizika* esaslandyryldy.

Astronomiýanyň başga ylymlar bilen aragatnaşygy. Astronomiýa ylmy başga ähli ylymlar bilen baglanyşygy iňňän uly. Astronomiýanyň ösmeginde, aýratynam, *fizika we matematika ylymlarynyň* ähmiýeti uly bolupdyr. Astronomiýa hem, öz gezeginde, bu onýyllyklarda gazanan üstünlikleri bilen fizika we matematika ylymlarynyň ösüşine özünüň duýarly goşandyny goşup gelýär.

Fizika we matematika ylymlarynyň ençeme taglymlary, nazaryýetleri we metodlary astronomik barlaglarda synagdan geçip gelýär. Mehanikanyň kanunlary, otnositellik nazaryýetiniň esasy taglymlary, kwant fizikasy, atomyň gurluşy, ýadro reaksiýalary, maddanyň we şöhlenenmäniň özara täsirleşmegi bilen bagly nazaryýetler şolara degişlidir.

Asman jisimleriniň himiki düzümi, atmosferalaryny düzýän molekulýar birleşmeler, Ýerde ýaşayşyň peýda bolşy baradaky meseleler astronomiýanyň *himiýa we biologiýa ylymlary* bilen baglanyşygyny görkezýän meselelerden hasaplanýar.

Astronomiýanyň *metodologik, dünýägaraýyş we ekologik* ugurlaryndaky ençeme meseleleri bolsa, ony *jemgyýetçilik we gumanitar ylymlar* bilen aragatnaşygyny görkezýär. Astronomik hadysalar bellik edilen gadymy golýazmalar esasynda, taryhy hadysalaryň anyk wagtlary bellenen ýagdaýlar taryhda ýeteriçe köp bolupdyr. Ahyrky ýyllarda astronomik barlag abzallarynyň kämilleşmeginde we dolandyryşda *tehnika we radioelektronika* aýratyn ähmiýete eýe. Bularyň hemmesi, astronomiýanyň şekillenmegine we ösüşinde onuň başga ylymlar bilen nähili ýakyn hyzmatdaşlykda bolandygyna möhüm delil bolup biler.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Ýeriň şar şekilli asman jisimidigini ilkinjilerden bolup kim anyklapdyr?
2. Ýeriň radiusyny gadymda kimler ilkinjilerden bolup ölçäpdir?
3. Orta asyrlarda astronomiýanyň ösüşine uly goşant goşan merkezi aziýaly we ýewropaly alymlardan kimleri bilýärsiňiz?
4. Özbegistanyň çägendäki astronomik merkez orta asyrlarda nirede ýerleşipdi?
5. Astronomiýanyň başga ylymlar bilen aragatnaşygy barada nämeleri bilýärsiňiz?

I BÖLÜM

I BAP. AMALY ASTRONOMIÝANYŇ ESASLARY

2-nji TEMA. 2-§. Ýagtylgyçlaryň sutkalyk görünme hereketleri. Ýyldyz toparlary

Ýyldyzlaryň sutkalyk görünme hereketleri. Bulutsyz gijede asmanda topbak-topbak ýyldyzlary görüp, ondan lezzet almadyk adam bolmasa gerek. Bir seredende ýyldyzlar san-sajaksyz ýaly duýulsa-da, aslynda ýönekeý göz bilen garalanda, asmanyň mälim ýarym sferasynda olaryň görünýän sany 3000-den geçmeýär. Eger gijede mälim bir ýerden durup ýyldyzlar birnäçe sagadyň dowamynda dyngysyz gözegçilik edilse, bütin asman sferasynyň ýyldyzlary, gözegçiden geçýän çak edilen okuň (oňa älemiň oky diýilýär) daşynda aýlanýandygyny görmek mümkin. Şeýle aýlanma dowamynda islendik ýagtylgyç öz ýagdaýyny gorizontyň taraplaryna görä barha üýtgedýär. Ýyldyzlar asmanyň şeýle görünme aýlanma döwri bir sutkany düzýär. Günorta tarapa garap duran gözegçä ýagtylgyçlar çepden saga, ýagny sagat strelkasynyň ugrunda hereketlenýän ýaly görünýär.

Eger gözegçi mälim wagtyň dowamynda fotoapparatyň kömeginde asmanyň demirgazyk bölegini surata alsa, mälim bölek ýyldyzlar gündogardan çykyp, günbatara batmak bilen, batmaýanlary – mälim gozgalmaýan nokadyň daşynda konsentrik töwerekler (merkezi bir nokatda bolan töwerekler) çyzýandygyny görýär. Aslynda şeýle hadysa Ýeriň Günüň daşynda aýlanmagy sebäpli bolup geçýär (2-nji surat).



2-nji surat. Polýar ýyldyzynyň daşynda ýyldyzlaryň görünme aýlanmasy (birnäçe sagadyň dowamynda polýusa garadyp ornaşdyrylan fotoapparatyň kömeginde alnan).

Gadym Gündogarda adamlar ýagtylgyçlara garap ugur almak üçin asmanyň mälim böleginde ýerleşen ýagty ýyldyzlary aýratyn sürülere bölüp, olara ýyldyz toparlary diýip at beripdirler. Ýyldyz toparlaryny haýwanlar ýa-da jandarlar (Uly Ýedigen, Akguş, Arslan, Aždarha, Kit), grek rowaýatларыnyň gahrymanlary (Kassiopeýa, Andromeda, Pegas we başgalar) we käte onuň ýagty ýyldyzlary bilelikde garalanda ýatladýan geometrik şekil ýa-da zatlaryň atlary (Üçburçluk, Terezi, Susak) bilen aýdylýar.

Häzirki günde asman sferasy 88 bölege, ýagny ýyldyz topara bölünen. Mälim ýyldyz topara girýän birnäçe ýagty ýyldyzlar şu topara ýa-da käte goňşy ýyldyz toparyna girýän öçügsi ýyldyzlary tapmakda gowy orientir bolup hyzmat edýär.

Asmanda mälim ýyldyz toparyny ýa-da ýyldyzy tapmak üçin, ilki ýyldyz kartalary we atlaslary bilen gowy tanyşmak, soňra olaryň kömeginde köp maşk etmek zerur bolýar.

Günüň, Aýyň we planetalaryň sutkalyk görünme hereketleri hem gündogardan günbatara tarap gözegçilik edilip, ýyldyzlardan tapawutlylykda, olaryň çykýan we batýan nokatlary hem-de maksimal beýiklikleri günsaýyn barha üýtgeýär.

Hususan-da, Gün Nowruzda (21-nji martda) anyk gündogar nokadyndan göterilip, anyk günbatarda batmak bilen, soň onuň çykýan we batýan nokatlary barha demirgazyk tarapa süýşýär. Şeýle ýagdaý 22-nji iýuna çenli dowam edip, soňra çykýan we batýan nokatlary, tersine, gorizontyň günorta tarapyna süýşýär. Bu döwürde Günüň günortan wagtyndaky beýikligi barha peselip, gündiz gysgalýar, gije bolsa, tersine, uzalýar.

Planetamyzyň hemrasy Aý hem sutkalyk görünme hereketde gatnaşyp, gündogardan günbatara, ýyldyzlar bilen bile barha süýşýär. Ýöne eýýäm birnäçe gijäniň dowamyndaky gözegçiliklerden, Aýyň ýyldyzlara görä Ýeriň daşynda *hakyky hereketlenişini* hem duýmak mümkin. Şeýle hereket sebäpli Aýyň, ýyldyzlaryň fonunda günbatardan gündogara tarap her sutkada takmynan 13° -dan süýşüp baryp, Ýeriň daşynda 27,32 sutkada bir gezek doly aýlanyp çykýar.

Günüň birnäçe aýyň dowamynda sistemaly gözegçilik edilmegi onuň hem Aý ýaly ýyldyzlara görä günbatardan gündogara barha süýşýändigini mälim edýär. Günüň şeýle *görünme hereketi* sebäpli sutkalyk süýşmegi Aýyňka garanda örän kiçi bolup, bary-ýogy bir gradusa ýakyn dugany düzýär we bir ýylda bir gezek doly aýlanyp çykýar. Günüň şeýle hereketi *Ýeriň Günüň daşynda hakyky ýyllyk hereketi* sebäpli bolup geçýär.

3-§. Ýeriň öz okunyň daşynda aýlanyşyna deliller *. **Fuko maýatnigi**

Gijesine asmana siňe seredip, yönekeý hasaplamanyň kömeginde ýyldyzlaryň, her sagatda gündogardan günbatara tarap 15° -a süýşmegi aňsat tapylýar. 360° -y 15° -a bölsek, 24 sagat çykýar. Diýmek, ähli ýyldyzlar 24 sagatda, ýagny bir sutkada Ýeriň daşynda bir gezek doly aýlanyp çykýandygy mälim bolýar. Ýyldyzlaryň



3-nji surat. Ýeriň öz okunyň daşynda aýlanşyňy görkezýän Fuko maýatnigi.

Ýeriň daşynda şeýle sutkalyk görünme aýlanmagy, aslynda, bir sutkada Ýeriň öz okunyň daşynda günbatardan gündogara tarap bir doly aýlanmagy sebäplidir. Ýeriň öz okunyň daşynda aýlanmagy aşakdaky tejribelerde tassyklan.

Ýeriň polýuslaryndan biriniň depesine matematiki maýatnik asylyp (munda maýatnigiň şarjagazynyň ýerine düýbünde kiçi deşigi bolan bedrejik alnyp, ol gumdan doldurylan bolsun), ol yrgyldadyp goýberilse (şeýle maýatnige *Fuko maýatnigi* diýilýär), bedreden dökülen gum onuň astynda yrgyldy tekizligi boýunça, bir göni çyzygyň ugrunda (yrgyldy tekizliginde ýatýan) sepilmän, eýsem gum sepilýän çyzyk (ýagny yrgyldy tekizligi), wagtyň geçmegi bilen,

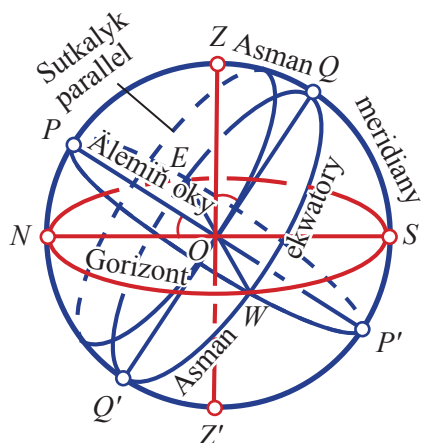
maýatnik dynç duranda ýönelen Ýerdäki nokadyň daşynda sagat strelkasynyň hereketi ugrunda barha gyşarýandygyny göreris.

Bu Ýeriň öz okunyň daşynda aýlanýandygyny görkezýär. Çünki, asylan nokat näçe gyşaranda-da, maýatnik öz yrgyldy tekizligini üýtgetmeýändigini anyk. Diýmek, onuň astynda sepilen gumuň zýy wagtyň geçmegi bilen wertikal burçlaryň sektorlarynyň üstüni barha örtmegi diňe Ýeriň aýlanaýandygyny görkezýär. Pariždäki soborda asylan uzynlygy 60 metrlik Fuko maýatniginiň kömeginde Ýeriň öz okunyň daşynda aýlanmagy hut şu ýol bilen görkezilýär (3-nji surat). Şonuň ýaly-da, mälüm beýiklikden taşlanan daş hem ýerde onuň radiusy boýunça gaçman, gündogar tarapa süşsüp gaçýar. Bu tejribe hem Ýeriň öz okunyň daşynda aýlanýşyna delil bolýar.

4-§. Asman sferasy, onuň esasy nokady, töweregi we çyzyklary

Asman ýagtylgyçlarynyň görünme ýagdaýlaryny we hereketlerini öwrenmek üçin, gözegçilik wagtynda, olaryň ýerlerini anyklamaly bolýar. Munuň üçin ýagtylgyçlaryň asmandaky ýagdaýlaryny mälüm ugurlara görä öwrenmek ýeterli

bolup, köp ýagdaýlarda, olara çenli bolan aralyklary anyklamaga zerurlyk duýulmaýar. Ýagtylgyçlaryň görünme ýagdaýlaryny we hereketlerini öwrenmezden öň, asmanyň esasy nokady, çyzyklary we töwerekleri bilen tanyşmaly bolýar. *Asman sferasy* diýip, radiusy erkin edip alnan we merkezi gözegçiniň gözünde ýatýan şeýle sfera aýdylýar, ýagny bu sferada mälum wagtda ýyldyzlar asmanda nähili görünse, şeýleligiçe proyeesirlenen bolýar. Asman sferasynyň merkezinde duran gözegçiden geçirilen wertikal çyzygyň asman sferasy bilen kesişen iki nokadyndan biri (gözegçiniň kelle tarapyňyň ugrundakysy) *zenit (Z)*, oňa diametral garşylykly ýatýan ikinjisi bolsa *nadir (Z')* diýilýär (4-nji surat).



4-nji surat. Asman sferasynyň esasy nokady, çyzyklary we töwerekleri.

Sferanyň bu nokatlaryny utgaşdyrýan göni çyzyga *wertikal çyzyk* diýilýär.

Asman sferasynyň onuň merkezinden wertikal çyzyga perpendikulýar edip geçirilen tekizlik bilen kesişmeginden emele gelen uly töweregine *matematiki gorizont* diýilýär. Sferanyň wertikal ok arkaly geçýän tekizlikler bilen kesişmeginden emele gelen uly töwerekleri bolsa *wertikal töwerekler* diýip atlandyrylýar. Ýokarda ýada salnan nokat we çyzyklar gözegçiniň Ýeriň üstündäki öz ornuny üýtgetmegine baglylykda üýtgäp durýar. Asman sferasynyň, Ýer şarynyň esasy çyzyklary we nokatlary bilen bagly bolan şeýle nokatlary we çyzyklary bar bolup, olar Ýeriň islendik ýerinden gözegçilik edilende-de öz ýagdaýlaryny üýtgetmeýär. Älemiň polýuslary, älemiň oky, asman ekwatory ine şeýle nokatlardan, çyzyklardan we töwereklerden hasaplanýar.

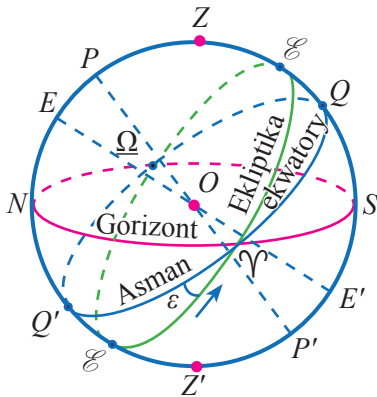
Ýeriň okunyň dowamlarynyň asman sferasy bilen kesişen nokatlaryna *älemiň polýuslary* diýilýär. Ýeriň demirgazyk polýusynyň dowamynyň asman sferasy bilen kesişen *nokadyna älemiň demirgazyk polýusy P*, günorta polýusynyň dowamynyň sfera bilen kesişen nokadyna bolsa *älemiň günorta polýusy P'* diýilýär. Älemiň polýuslaryny utgaşdyrýan oka *älemiň oky* diýilýär. Asman sferasynyň merkezinden geçip, älemiň okuna dik tekizlik bilen kesişmeginden emele gelen uly töwerege *asman ekwatory* diýilýär. Asman ekwatory Ýeriň

ekwatory bilen bir tekizlikde ýatýar. Asman ekwatorynyň tekizligine parallel tekizlikler bilen sferanyň kesişmeginden emele gelen töwerekler *sutkalyk parallel* diýilýär. Älemiň oky arkaly geçýän tekizlikler bilen asman sferasynyň kesişmeginden emele gelen uly töwerekler bolsa *gyşarma töwerekleri* diýilýär.

Älemiň polýuslaryndan, zenit we nadir nokatlaryndan geçýän uly töwerege *asmanyň meridiany* diýilýär. Onuň matematiki gorizont bilen kesişen nokatlary gorizontyň *Demirgazyk* (N , älemiň demirgazyk polýusyna ýakyny) we *Günorta* (S , älemiň günorta polýusyna ýakyny) nokatlary diýip atlandyrylýar. Asman ekwatorynyň matematiki gorizont bilen kesişen nokatlaryna *Gündogar* (E) we *Günbatar* (W) *nokatlary* diýilýär. Demirgazyk we Günorta nokatlaryny utgaşdyrýan göni çyzyk kesimine *günortan çyzygy* diýilýär.

5-§. Günüň ýyllyk görünme hereketi. Ekliptika

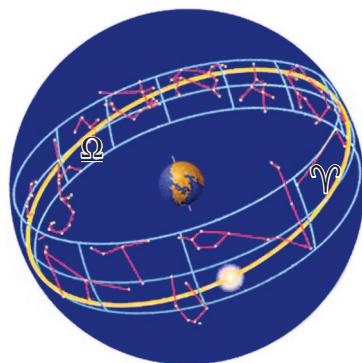
Günüň ýyldyzlaryň arasyndaky günbatardan gündogara tarap görünme (hakyky däl) süýşmegi örän gadymdan anyklanar. Bu süýşme her sutkada sähel kiçi 1° -a deň. Günüň bu ýyllyk görünme ýoly uly töwerek bolup, oňa *ekliptika* diýilýär. Ýylyň dowamynda, sistemaly ýagdaýda, günortan wagtynda, mälim bir ýerden durup Günüň zenitden uzaklygyny ölçemek, onuň asman ekwatoryndan gyşarmasy $+23^\circ26'$ -dan $-23^\circ26'$ -a çenli üýtgeýändigini görkezýär. Mundan ekliptika tekizliginiň asman ekwatoryna gyşarmasynyň $\varepsilon = 23^\circ26'$ -a deňdigi mälim



5-nji surat. Günüň ýyllyk görünme hereketi. Ekliptika (ε —eklIPTIKA we asman ekwatorynyň emele getiren burçy).

bolýar (5-nji surat). Ekliptikanyň häsiýetli dört sany esasy nokady bolup, olardan ikisi onuň asman ekwatory bilen kesişen nokatlaryny, galan ikisi bolsa asman ekwatoryndan iň uly gyşarma eýe bolan nokatlaryny häsiýetlendirýär. Onuň ekwator bilen kesişen nokatlaryndan biri (Gün asmanyň günorta ýarymşaryndan demirgazyk ýarymşaryna kesip geçende emele geleni) *baharky deňgünlük nokady* (Υ) diýlip, Gün ondan 21-nji mart günü geçýär. Ikinjisi bolsa *güýzki deňgünlük nokady* (Ω) diýlip, Gün ol nokatdan 23-nji sentýabr günü geçýär. Ekliptikanyň, asmanyň demirgazyk ýarymşarynda iň uly gyşarma ($+23^\circ26'$) eýe

bolan nokady (\mathcal{E}) günün tomusky durýan nokady diýlip, bu nokatdan Gün 22-nji iýunda geçýär. Günorta ýarymşarda ekliptikanyň in uly gýşarma ($-23^{\circ}26'$) eýe bolan nokady bolsa günün gýşky durýan nokady (\mathcal{E}') diýlip, Gün ondan hemişe 22-nji dekabrdan geçýär. Günün ýyllyk görünme hereket ýoly boýunça ýerleşen ýyldyz toparlarynyň zolagyna *zodiak zolak* diýilýär. Bu zolakda ýerleşen 12 ýyldyz topary – *Hut, Hamal, Sowur, Jöwza, Seretan, Eset, Sünbüle, Mizan, Akrap, Kowus, Jedi, Deluw atlary bilen aýdylýar* (6-njy surat). Günün ýyldyzlar fonunda ýyllyk görünme hereket etmegi aslynda Ýeriň Günün daşynda ýyllyk *hakyky* hereketi sebäpli bolup geçýär. Şonuň üçin hem Günün ýyllyk görünme hereketi tekizligi Ýeriň orbita tekizligi bilen üstme-üst düşýär. Diýmek, ekliptikanyň asman ekwatoryna gýşarmasy hem Ýeriň ekwatorunyň öz orbita tekizligine gýşarmasy bilen birmeňzeş ($23^{\circ}26'$) bolýar.



6-njy surat. Ekliptika tekizligi boýunça ýerleşen ýyldyz toparlary – zodiak zolak.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Ýyldyzlar asmanynyň gündogardan günbatara aýlanmagynyň sebäbi nämede?
2. Gün we Aýyň Ýeriň daşynda gündogardan günbatara tarap hereketleri hakyky hereketmi?
3. Ýeriň öz okunyň daşynda aýlanmagy nähili deliliň kömeginde subut edilýär?
4. Asman sferasynyň nokatlaryny, çyzyklaryny we töwereklerini asman sferasynyň modelinde görkeziň.
5. Ekliptika tekizligi asman ekwatoryna nähili burç astynda gýşaran?
6. Ekliptikanyň esasy nokatlaryny (baharky we güýzki deňgünlük nokatlary, gýşky we tomusky Günün durýan nokatlaryny) kesgitläň.

3-nji TEMA. 6-Ş. Asmanyň koordinatalary

Asmanyň koordinatalaryny öwrenende, geografiýa kursundan bize tanyş bolan, Ýeriň üstünde ilatly punktlaryň koordinatalary üçin hasap başy edip Beýik Britaniýanyň Grinwiç şäherinden geçýän Ýer meridianynyň ekwator bi-

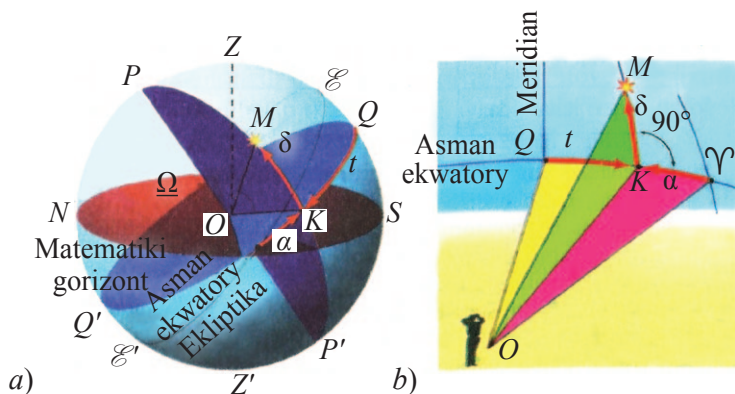
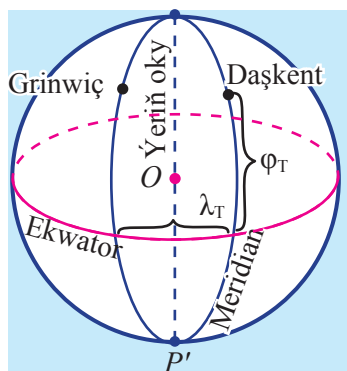
len kesişen nokady alnandygyny ýatlalyň (7-nji surat). Onda Daşkent şäheriniň koordinatalary – geografik uzynlyk – λ_T we φ_T giňligini kesgitlemek ählimize mälim bolan geografik koordinatalary ýada salýarys. Asmanyň ekwatorial koordinatalar sistemasy diýilýän sistemada hem Ýerdäki ýaly ýagtylgyçlaryň orny iki – göni ýokary göterilme α (alfa) we gyşarma δ (delta) diýlip atlandyrylýan koordinatalar bilen belgilenýär.

Munda, şertli ýagdaýda, hasap başy edip ekliptika bilen asman ekwatorynyň kesişen – baharky deňgünlük nokady – Υ alynýar (8-nji a, b suratlar).

Islendik M ýagtylgyjyň göni ýokary göterilmesini tapmak üçin ondan ýarym gyşarma töweregi geçirilip, onuň asman ekwatory bilen kesişen nokady K tapylýar. K nokadyň baharky deňgünlük nokadyndan duga uzaklygy M ýagtylgyjyň göni ýokary göterilmesini häsiýetlendirýär, ýagny: $\alpha = \Upsilon K$. Bu duga, sferanyň (O) merkezindäki gözegçi üçin merkezi $\angle \Upsilon OK$ burç bilen ölçelýär.

M ýagtylgyjyň ikinji koordinatasy, ýagny gyşarmasy (δ) bolsa, K nokatdan gyşarma töweregi boýunça ýagtylgyja çenli bolan duga (KM) bilen ölçelýär (8-nji a, b suratlar). Merkezdäki gözegçi üçin bu duga oňa direlen merkezi burç, ýagny $\delta = \angle KOM$ tekiz burç bilen tapylýar.

Ýagtylgyjyň göni ýokary göterilmesi, adatda, asmanyň sutkalyk görünme aýlanyşyna garşylykly ugurda ölçelip, sagatlarda, minutlarda, sekuntlarda aňladylýar. Ölçeg araçägi 0 sagatdan 24 sagada çenli bolýar. Ýagtylgyçlaryň gyşarmasy bolsa duganyň graduslarynda, minutlarynda we sekundlarynda ölçelip, 0 gradusdan $\pm 90^\circ$ çenli (minus alamaty günorta ýarymşardaky ýagtylgyçlar üçin) ölçelýär. Ýyldyz kartalary düzülende hut şu koordinatalar esas edip alynýar.



8-nji surat. Ekwatorial koordinatalar sistemasy.

Ekwatorial koordinatalar sistemasynda ýagtylgyçlaryň koordinatalaryndan ýene biri *sagat burçy* (t) diýlip, asman meridianynyň günorta bölegi bilen asman ekwatorynyň kesişen Q nokadyndan tä ýagtylgyçdan geçen gyşarma töwereginiň ekwator bilen kesişen K nokadyna çenli bolan duga \overline{QK} ýa-da merkezi burç $\angle QOK$ bilen ölçelýär. Ýagtylgyjyň *sagat burçy* t hem sagatlarda, minutlarda we sekuntlarda ölçelýär (*8-nji a, b suratlar*). Ölçege araçägi 0 sagatdan ± 12 sagada çenli (minus alamaty – asmanyň sutkalyk aýlanyşyna garşylykly ugurda ölçelende) ýa-da käte 0 sagatdan 24 sagada çenli bolýar. Wagt boýunça sagatlarda, minutlarda we sekuntlarda aňladylan mälim burçy (ýa-da dugany) duga graduslaryna, minutlaryna we sekundlaryna (ýa-da tersine) geçirende şu *1-nji jedwelden* peýdalanylýar.

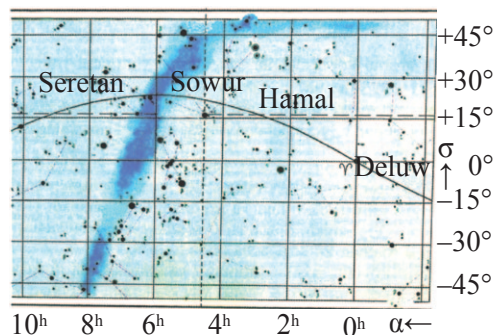
1-nji jedwel

Duga ölçeginde	360°	15°	1°	15'	1'	15''
Wagt ölçeginde	24 ^h	1 ^h	4 ^m	1 ^m	4 ^s	1 ^s

7-§. Ýyldyzlaryň kartalary

Ýyldyzlaryň kartalary hem geografik kartalar ýaly köplenç ýyldyzlaryň tekizlikdäki proyeksiýasy görnüşinde işlenýär. 9-njy surata garaň.

Onda ýyldyzlaryň α – göni ýokary göterilme we δ – gyşarma dugalary özara perpendikulýar koordinata oklarynda görkezilen. Kartada getirilen M ýyldyzyň koordinatalaryny tapmak üçin bu ýyldyzdan asman ekwatoryny aňladýan çyzyga (abssissa okuna) perpendikulýar edip geçirilen gyşarma töwereginiň dugasyny aňladýan çyzygyň (çyzygyda wertikal çyzyk) α oky bilen kesişen nokadyndan şu ýyldyzyň göni ýokary göterilmesi alynýar. M ýyldyzyň δ gyşarmasy ondan geçen sutkalyk parallel dugasyny aňladýan çyzygyň (çyzygyda gorizontall çyzyk) δ oky (sag tarapda derejelenen ok)



9-njy surat. Ýyldyz kartasy.

bilen kesişen nokadyndan alynýar. Onda kartadaky M ýyldyzyň şeýle ýol bilen tapylan koordinatalary: $\alpha \approx 4^{\text{h}}35^{\text{m}}$, $\delta \approx +16^{\circ}$ bolýandygy görnüp dur.

8-§. Ýyldyzlaryň görünme ýyldyz ululyklary *

Ýyldyzlar Älemiň beýlekilerden giň ýaýran obýektlerinden hasaplanýar. Şu sebäpli olaryň fiziki tebigatyny öwrenmek astronomiýada möhüm meselelerden biridir. Ýyldyzlaryň görünme ýaldyrawuklyk derejesini bir-birlerinden tapawutlandyrmak üçin astronomiýada *ýyldyz ululygy* diýen düşünje kabul edilen. Ýagtylygyň ýagtylma derejesi, ondan Ýere çenli ýetip gelen ýagtylmalaryň intensiwligi bolup, ol ýagtylygyň umumy şöhlenmesiniň diňe ujypsyz bölegini düzýär.

Mälim bolşy ýaly, ýagtylygyň görünme şöhlenme intensiwlikleri, olaryň şöhlenmesini bellik edýän gurluşlaryň (göz, fotoplastinka, fotoelement we başgalar) emele getiren *ýagtylmalaryna* görä anyklanýar. Astronomiýada ýagtylygyň ýaldyrawuklygy fizikadaky ýaly yşyklanma derejesiniň birliklerinde (lýukslarda) däl, eýsem *ýyldyz ululyklary* diýlip atlandyrylýan oňnositel birliklerde aňladylýar we m harpy bilen belgilenýär.

Şuny ýatlatmak ýerlikli, ýagny ýyldyz ululyklarynyň şkalasy m :-5^m, -4^m, -3^m, -2^m, -1^m, 0^m, 1^m, 2^m, 3^m, 4^m, 5^m, ... zygiderlik görnüşinde aňladylýp, ol artdygy saýyn ýyldyzdan Ýere çenli gelen intensiwlik (ýagtylma) barha kemelýär.

Ýyldyzlaryň ýaldyrawuklygyny ýyldyz ululyklarynda belgilemegi miladydan öňki II asyrdan adamyň gözünüň şöhlä duýgurlygyna daýanmak bilen grek astronomy Gipparh başlap beripdir. Ol kabul eden şkala görä, bir-birinden 1 ýyldyz ululygyna tapawutlanan ýyldyzlaryň röwşenliginiň tapawudy takmynan 2,5 essä dogry gelipdir.

Şol bir wagtda ýyldyz ululyklaryny kesgitlemek ylmy esasa, ýagny adamyň gözünüň duýgurlygynyň psihofiziologik kanunlaryna amal etmek bilen kabul edilen. Munuň üçin röwşenlikleri bir-birinden 100 essä tapawutlanýan iki ýyldyzyň ýyldyz ululyklarynyň tapawudy, şertli ýagdaýda, baş ýyldyz ululygyna deň diýip kabul edilen. Ýyldyz ululyklarynyň bu tapawudy baş ýyldyz ululygy interwaly üçin kabul edileninden, bir ýyldyz ululygyna dogry gelen iki ýyldyz ýagtylmalarynyň ýa-da ýaldyrawuklyklarynyv tapawudy $\sqrt[5]{100} = 2,512$ -ä deň bolýar. Eger ýada salnan bu iki ýyldyzyň görünme ýyldyz ululyklary, degişlilikde, m_1 we m_2 , olaryň görünme ýaldyrawuklyklaryny aňladýan ýagtylmalary E_1 we

E_2 bolsa, onda $E_1 = 100E_2$ bolanyndan $m_2 - m_1 = 5$ bolýar. Diýmek, bu iki ýyldyz ýagtylmalarynyň gatnaşygy, olaryň görünme ýyldyz ululyklarynyň tapawudy bilen aşakdaky ýaly baglanýar:

$$\frac{E_1}{E_2} = 2,512^{(m_2 - m_1)}$$

ýa-da bu deňligiň iki tarapyny hem logarifmläp:

$$\lg \frac{E_1}{E_2} = (m_2 - m_1) \cdot 0,4$$

aňlatma eýe bolarys. Bu aňlatma *Pogsonyň formulasy* diýilýär.

Netije çykaryp aýdanda, ýyldyz ululyklarynyň şkalasy diýip, gözegçilik edilyän ýagtylgyçlaryň ýagtylmalaryny deňeşdirýän logarifmik şkala aýdylýar.

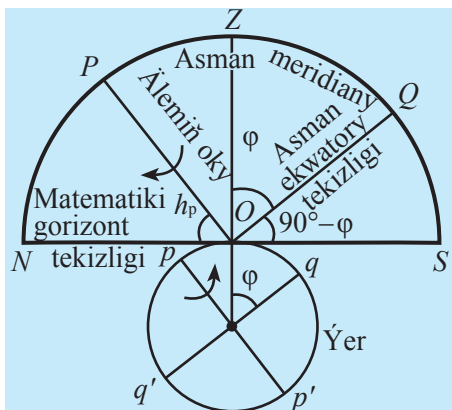
Adamyň normal gözi 6-njy ululyga çenli bolan ýyldyzlary görýär. Ýagty ýyldyzlardan Weganyň (Lira ýyldyz toparynyň iň ýagty ýyldyzy) ýyldyz ululygy $+0,04^m$ -i, Weneranyňky $-4,4^m$ -i (iň ýagty wagtynda), doly aýyňky $-12,5^m$ -i, Günüňki bolsa $-26,7^m$ -i düzýär. Häzirki zaman teleskoplary gözümüz görýän öçügsi ýyldyzlardan 100 mln. essä çenli öçügsi bolan (ýyldyz ululygy $+24^m$, $+25^m$) ýyldyzlary görüp bilýär.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Berlen ýyldyzlar kartasynda wertikal çyzyklar asman sferasyndaky nähili töwerekleriniň dugalaryny aňladýar? Gorizont çyzyklar näme?
2. Asmanyň ekwatorial koordinatalary boýunça ýagtylgyçlaryň göni ýokary göterilmesi (α) we gyşarmasy (δ) nähili ölçelýändigini çyzgydan düşündiriň.
3. Ýagtylgyjyň sagat burçy (t) nähili koordinata we ol nähili ölçelýär?
4. Ýyldyzlaryň görünme ululyklary bilen olaryň ýagtylanmalarynyň arasyndaky gatnaşyk nähili atlandyrylýar?
5. Pogsonyň formulasyny ýazyp düşündiriň.

4-nji TEMA. 9-Ş. Älem polýusynyň beýikligi bilen ýeriň geografik giňliginiň arasyndaky baglanyşyk

Ýer şarynyň islendik nokadyndan gözegçilik edilende älem polýusynyň matematiki gorizontdan beýikligi h_p , şu ýeriň geografik giňligi φ -ge deň bolýar.



10-njy surat. Älem polýusynyň beýikligi bilen gözegçilik ýeriniň giňliginiň arasyndaky baglanyşyk.

bolýar. Ýöne $\angle NOP = h_p$, $\angle QOZ = \varphi$. Şoňa görä: $h_p = \varphi$ bolýar.

10-§. Dürli geografik giňliklerde asman sferasynyň sutkalyk görünme aýlanmalary

Asman sferasynyň *sutkalyk görünme aýlanmagy* Ýeriň öz okunyň daşynda aýlanmagynyň netijesiliginden, dürli geografik giňliklerde asman ýagtylgyçlarynyň gorizonta görä görünme aýlanmagy dürliçe bolýandygyny düşünmek kyn däl. Saýlanyp alnan üç hili geografik giňlikde ýyllyzlar asmanynyň sutkalyk görünme aýlanmalaryny öwrenmek, bu hadysanyň dürli giňliklerde nähili geçýändigini barada ýeterli düşünje berip bilýär.

1-nji ýagdaý. *Gözegçi* $\varphi = 0^\circ$ geografik giňlikde, ýagny ekwator da bolsun, onda älem polýusynyň beýikligi bilen ýeriň giňliginiň arasyndaky baglanyşyga görä, älemiň polýuslary matematiki gorizont bilen üstme-üst düşýär (çünki $h_p = \varphi = 0$), älemiň oky bolsa günortan çyzygy boýunça ugrugýar (*11-nji a surat*).

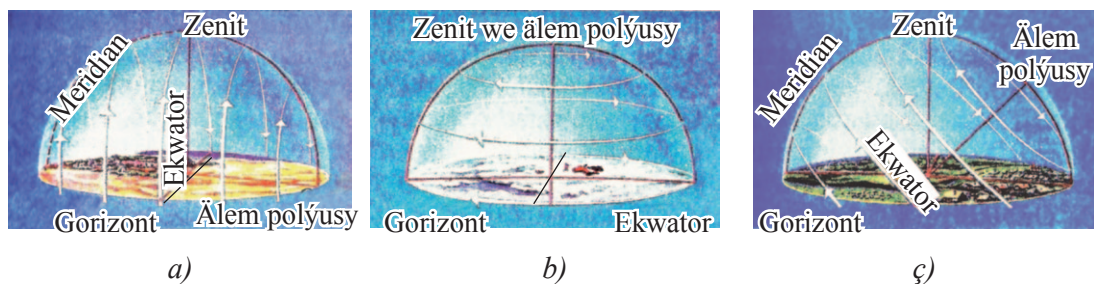
Asman ekwatorunyň tekizligi älemiň okuna dik bolanyndan, ekwator töwregi zenit we nadir nokatlary arkaly geçýär. Onda ýagtylgyçlaryň sutkalyk ýollary ekwatora parallel bolan – *sutkalyk parallel* boýunça ugruganlygyndan olar hem matematiki gorizonta dik ýerleşýär we onuň bilen deň ikä bölünýär.

Mundan görnüşü ýaly, ekwatordaky gözegçi üçin asmanyň demirgazyk we günorta ýarymşarlardaky ähli ýagtylgyçlaryň gorizontyň üstünde we astynda bolýan wagtlary özara deň bolýar. Olaryň meridiandaky beýiklikleri $h=90^\circ-|\delta|$ aňlatmadan tapylýar. Ekwatordaky gözegçi üçin ähli ýagtylgyçlar çykýar we batýar. Eger ýagtylgyç ekwator boýunça sutkalyk görünme hereket edýän bolsa (ýagny $\delta=0$ bolsa), ol zenit arkaly geçýär.

Günüň mälim güne degişli sutkalyk hereketini anyklamak üçin bolsa ilki berlen gün üçin Günüň ekliptikadaky orny tapylýar we tapylan nokatdan älem ekwatorynyň tekizligine parallel tekizlikde ýatýan sutkalyk parallel töweregi geçirilýär. Günüň berlen gündäki görünme hereketi hut şu töwerek boýunça bolýar.

Käbir häsiýetli günlerde ekwatordaky gözegçi üçin Günüň gorizonta görä sutkalyk görünme hereketi nähili geçýändigine garalyň. 22-nji dekabır günü günüň gysky durýan nokady arkaly geçirilen sutkalyk parallelden görnüşü ýaly, bu gün Gün asmanyň günorta ýarymşarynda Gündogar nokadyndan $23^\circ 26'$ -a deň duga aralykda matematiki gorizonta dik çykýar. Günüň meridiandaky beýikligi $h=90^\circ-23^\circ 26'=66^\circ 34'$ -y düzýär. Günüň 21-nji mart we 23-nji sentýabr günlerindäki sutkalyk ýoly bolsa ekwator boýunça bolýar. Bu günlerde günortan wagtynda Gün zenitden geçýär. 22-nji iýunda Günüň sutkalyk ýoly demirgazyk ýarymşarynda älem ekwatoryndan $23^\circ 26'$ duga aralykdan geçýän sutkalyk parallel boýunça bolýar. Günortan wagtynda Gün, 22-nji dekabrdaky ýaly, matematiki gorizontdan $66^\circ 34'$ beýikde bolýar (*12-nji surat*). Şeýdip, ekwatorda dört paslyň ýerine esasan iki pasyl – bizde güýz we bahar wagtlary bolanda – iň yssy döwür, tomus we gys wagtlarynda bolsa aram, salkyn döwür bolýar. Bu ýerde ýylyň dowamynda gündizi bilen gijesi deň bolýar.

2-nji ýagdaý. $\varphi=\pm 90^\circ$, ýagny gözegçi polýuslarda bolsun. Eger gözegçi Ýeriň demirgazyk polýusynda bolsa, älemiň demirgazyk polýusyň beýikligi $hp=\varphi=90^\circ$ bolup, ol zenit bilen üstme-üst düşýär (*11-nji b surat*). Onda älemiň oky wertikal ok bilen, älemiň ekwatory bolsa matematiki gorizont bilen üstme-üst düşýär. Munda asmanyň demirgazyk ýarymşaryndaky ähli ýyldyzlar matematiki gorizonta parallel ýagdaýda aýlanýar we batmaýar. Olaryň aýlanma beýiklikleri ýylyň dowamynda üýtgeşsiz bolup, şu ýagtylgyçlaryň gysarma burçlaryna (δ) deň bolýar. Asmanyň günorta ýarymşaryndaky ýagtylgyçlar bolsa, tersine, umuman çykman gorizontyň astynda oňa parallel hereketlenýärler.



11-nji surat. Dürli giňliklerde ýyldyzlar asmanyň sutkalyk görünme aýlanmagy:

a) Ýeriň ekwatorynda; b) Ýeriň polýusynda; c) orta geografik giňliklerde.

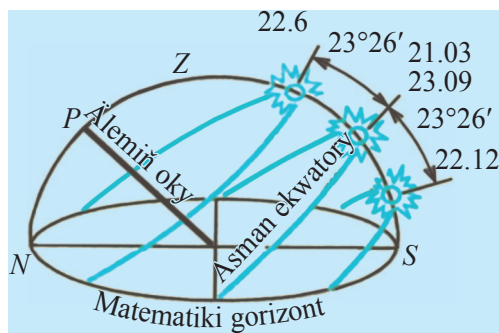
Günň sutkalyk hereketi Ýeriň polýusynda örän täsin geçýär, her sutkada çykyp batmaýar. Ekliptika bu ýerde matematiki gorizont bilen deň ikä bölünenden Gün, polýusadaky gözegçi üçin 21-nji mart günü çykýar we spiral boýunça aýlanyp, her gün çärýek gradusa ýakyn göterilýär. 22-nji iýunda Günň beýikligi maksimuma ýetip, $h_{\odot} = \delta_{\odot} = 23^{\circ}26'$ -a ýetýär. Şundan soň Gün, batmadyk ýagdaýda, spiral boýunça barha beýikligini peseldýär we, ahyrynda, 23-nji sentýabr günü ol batýar we tä indiki ýylyň 21-nji martyna çenli çykmaýar. Eger gözegçi Ýeriň günorta polýusynda bolsa, Gün 6 aýa çenli – 21-nji martdan 23-nji sentýabra çenli çykmaýar (12-nji surat).

3-nji ýagdaý. $0 < \varphi < 90^{\circ}$, ýagny gözegçi Ýeriň ekwatoryndan we polýusyndan başga nokatlarda (orta giňliklerde) bolsun (11-nji ç surat). Bu ýerlerde sutkalyk parallel töwerekleri matematiki gorizont bilen kesişmezligi ýa-da kesişensoň, deň ikä bölünmezligi mümkin. Bu asman ekwatoryna degişli däl. Demirgazyk ýarymşarda hereketlenýän ýagtylgyçlaryň sutkalyk parallel töwerekleriniň gorizontyň üstündäki bölegi gorizontyň astyndaky böleginden uly bolýar. Bu tapawut ýagtylgyjyň gyşarma burçy δ -a bagly bolup, ol näçe uly bolsa, tapawut hem şonça köp bolýar.

Günorta ýarymşardaky ýagtylgyçlar sutkalyk töwerekleriniň gorizontyň astyndaky bölekleri bolsa, tersine, üstündäkisinden uly, başgaça aýdanda, ýagtylgyçlar, gorizontyň astynda, onuň üstündäkä garanda köpräk wagt bolýar. Şonuň ýaly-da, bu ýerlerde, ýagny asmanyň iki – demirgazyk we günorta ýarymşarlarynda hem sutkalyk ýollary matematiki gorizont bilen kesişmeýän ýagtylgyçlar bar bolup, olar degişlilikde, sutkalyk hereketleriniň dowamynda bütinleý batmaýar ýa-da, tersine, çykmaýar. Olar asmanyň näçe uly ýa-da kiçi meýdanyny eýeleýändigine, gözegçi duran ýeriň geografik giňligine bagly.

Surata garap çykmaýan we batmaýan ýagtylgyçlaryň gysarmasy üçin aşakdaky gatnaşygy getirip çykarmak mümkin: $\delta > 90^\circ - \varphi$, demirgazyk ýarymşardaky batmaýan ýagtylgyçlar üçin; $|\delta| > 90^\circ - \varphi$, güñorta ýarymşardaky çykmaýan ýagtylgyçlar üçin.

Şeýle giňliklerde Günüň sutkalyk ýoly, ol demirgazyk ýarymşarda bolanda (ýagny 21-nji martdan tä 23-nji sentýabra çenli), gündiz gijeden uzyn, güñorta ýarymşarda bolanda bolsa (ýagny 23-nji sentýabrda tä indiki ýylyň 21-nji martyna çenli) gije gündiziden uzyn bolýar. Eger ýeriň geografik giňligi polýusyň töwereginden demirgazykda (ýagny $66^\circ 34'$ -dan uly) bolsa, şeýle ýerlerde 22-nji iýuna ýakyn birnäçe günüň ýa-da birnäçe aýyň dowamynda Günüň batmaýandygyny, 22-nji dekabr töweregindäki günlerde bolsa çykmaýandygyny görmek mümkin (12-nji surat).



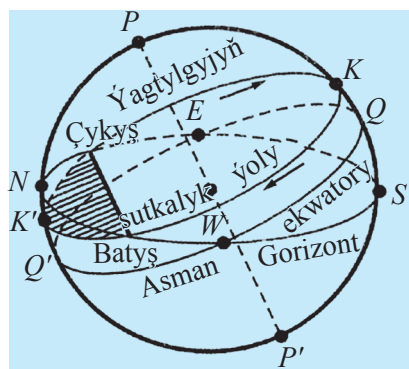
12-nji surat. Ýylyň dowamynda, güñortan wagtynda Günüň beýikliginiň üýtgeýşi.

11-Ş. Ýagtylgyçlaryň kulminasiýasy we kulminasiýa beýiklikleri

Ýagtylgyçlaryň sutkalyk görünme hereketleri wagtynda asman meridianyny kesip geçme hadysasyna olaryň *kulminasiýalary* diýilýär. Islendik ýagtylgyç şeýle hereket sebäpli her sutkada asman meridianyny iki gezek kesip geçýär, şeýdip, iki gezek kulminasiýada bolýar. Bu iki kulminasiýadan zenite ýakyny (*K*) *ýokary kulminasiýa*, ikinjisi bolsa (*K'*) *aşaky kulminasiýa* diýip atlandyrylýar (13-nji surat).

Kulminasiýa wagtynda ýagtylgyjyň beýikligi gözegçilik ýeriniň geografik giňligi (φ) we ýagtylgyjyň gysarmasyna (δ) bagly bolýar.

K ýagtylgyjyň ýokary kulminasiýasy wagtyndaky beýikligi *SK* duga bilen ölçelip, ol $h_{\bar{y}} = \overline{SK} = \overline{SQ} + \overline{QK}$ bolýar. \overline{SQ} – asman ekwatory



13-nji surat. Ýagtylgyçlaryň kulminasiýa hadysasy.

tekizliginiň gorizont tekizligine gyşarmasyna deň bolup, ol $\widetilde{SQ}=90^\circ-\varphi$ aňlatma arkaly hasaplanýar. QK duga bolsa ýagtylgyjyň gyşarmasyna (δ) deňliginden ýagtylgyjyň ýokary kulminasiýasy: $h_{y_0}=90^\circ-\varphi+\delta$ deňlemeden tapylýar. Ýagtylgyjyň aşaky kulminasiýasy hem şeýle ýol bilen hasaplanyp, u $h_a=\varphi+\delta-90^\circ$ -a deňligi aňsat tapylýar. Günüň ýokary kulminasiýa ýagdaýy günortan wagty diýlip, aşaky kulminasiýa ýagdaýy ýarygijä dogry gelýär.

12-§. Astronomik gözegçilikler esasynda ýeriň geografik giňligini takmyny anyklamak **

1-nji usul. Polýar ýyldyzy (Kiçi Ýedigen ýyldyz toparynyň iň ýagty ýyldyzy – alfasy) Älemiň polýusundan 1° -dan hem kiçi duga aralykda ýerleşen. Öň anyklaýşymyz ýaly, mälim bir ýeriň geografik giňligi φ , şol ýerde Älem polýusynyň gorizontdan beýikligine (h_p) deň bolýar, ýagny $\varphi=h_p$. Şonuň üçin, Daşkentde Älem polýusynyň beýikligi takmynan $41^\circ 20'$ -a deňliginden, Daşkendiň geografik giňligi $41^\circ 20'$ -a deň bolýar, diýip netije çykarmak mümkin.

Başgaça aýdanda, Ýer şarynyň mälim bir ýerinde durup, bu ýeriň geografik giňligini takmynan anyklamak zerur bolsa, şu ýerde Älem polýusynyň gorizontdan beýikligini ölçemek ýeterli.

2-nji usul. Mälim bir ilatly punktada Günüň günortan wagtyndaky h_0 beýikligini gönüden-göni ölçäp we hut şol gün üçin Günüň δ_0 gyşarmasyna görä, bu ýeriň geografik giňligini aşakdaky ýaly tapmak mümkin:

$$h_0 = 90^\circ - \varphi + \delta_0, \text{ bu ýerden } \varphi = 90^\circ - h_0 + \delta_0\text{-a deň bolýar.}$$

Soraglar we ýumuşlar:

1. Älem polýusynyň beýikligi bilen ýeriň geografik giňliginiň arasynda nähili baglanyşyk bardygyny düşündiriň.
2. Gözegçi Ýeriň islendik nokady bolanda ýyldyzzlar asmanynyň gorizonta görä sutkalyk görünme aýlanwy, nähili bolýandygyny düşündiriň. Ekwatorda nähili?
3. Dürli giňliklerde, ýylyň dowamynda Günüň sutkalyk görünme aýlanmagy nähili geçýär?
4. Gözegçi duran ýeriň giňligini takmynan anyklamagyň nähili ýönekeý usullary bar?

5. Termizde ($\varphi=35^\circ$) Älemiň demirgazyk polýusy nähili beýiklige eýe bolýar?
6. Ýagtylgyçlaryň kulminasiýasy diýip nähili hadysa aýdylýar we ol näçe hili bolýar?
7. Ýagtylgyjyň kulminasiýalary onuň gyşarmasy we gözegçiniň giňligi arkaly nähili aňladylýar?

5-nji TEMA. 13-§. Wagty ölçemegiň esaslary *

Adamlar wagty ölçemäge örän gadymdan zerurlyk duýupdyrlar. Güneşli günlerde islendik jisimiň kölegesi dürli wagtda dürlüçe ýagdaýlarda bolýandygyny we uzynlygynyň üýtgäp durýandygyny bilýän adamlar kölegäniň bu aýratynlygyndan peýdalanylýp, ondan wagty ölçemek üçin peýdalanylýpdyrlar. Gadymda hindiler peýdalanan şeýle sagatlardan biri *14-nji suratda* görkezilen. Wagtyň geçmegi bilen adamlar wagty ölçemegiň anyk usullaryny oýlap tapypdyrlar. Bularyň içinde Ýeriň öz okunyň daşynda doly aýlaw döwrüne daýanyp wagty ölçemek usuly iň amatlysy bolup, adamlar wagty ölçemegiň bu usulyndan häzire çenli peýdalanýarlar.

Ýeriň asmandaky käbir ýyldyza görä doly aýlaw döwrüne *ýyldyz sutkasy* diýilýär. Ýöne gündelik durmuşymyz Günüň çykýan we batýan wagtlyry bilen kesgitlänliginden, biz Gün sutkasy bilen iş salyşýarys. Şu sebäpden, amalda biz ulanylýan wagty ölçände Ýeriň öz okunyň daşynda Güne görä bir doly aýlaw wagty – Gün sutkasy esas edip alnan. *Gün sutkasy* diýip, Günü iki gezek zygider ýokary kulminasiýasyndan (başgaça aýdanda, günortan wagtyndan) geçmegi üçin giden wagta aýdylýar.

Gün wagty diýip, Günüň sutkalyk görünme hereketinde merkeziniň aşaky kulminasiýadan gidip, asmanyň mälim nokadyna barýança giden wagtyň Gün sutkasynyň ülüşlerinde aňladylandygyna aýdylýar.

Bu wagt aralygy aslynda hemişe birmeňzeş bolman, biraz üýtgäp durýar. Munuň sebäbi Günüň ekliptika boýunça görünme hereketiniň deňölçsizdigidir. Şu sebäpden amalda sutkanyň



14-nji surat. Gadymda hindiler peýdalanan Gün sagady.

uzynlygy üçin ýylyň dowamynda üýtgäp durýan Gün sutkasynyň ortaça bahasy alynýar we ol 24 sagat edip kesgitlenýär.

Gün wagtyny anyklamak we sagatlary barlamak üçin Günüň kulminasiýadalyk wagtyny (ýagny günortan wagtyny) kesgitlemek möhüm. Ýöne Günüň diametri ep-esli uly burç (~30') astynda görnelliginden, onuň merkeziniň kulminasiýada bolýan wagtyny anyk kesgitlemek kyn. Şonuň üçin hem astronomlar Günüň ýerine ýyldyzlardan islendik biriniň kulminasiýasyny kesgitlep alyp, soň oňa daýanmak bilen, Günüň anyk kulminasiýa wagtyny tapýarlar. Munuň üçin saýlanan ýyldyz we Günüň kulminasiýasynda bolýan wagtlarynyň tapawudy islendik wagt üçin astronomlar tarapyndan önünden hasaplanyp, jedwel görnüşinde düzülip goýlan bolýar. Şu jedwel esasynda, onda getirilen käbir ýyldyz kulminasiýada bolanda, oňa görä Günüň kulminasiýa wagty (günortan wagty) anyklanýar. Soň bu maglumata daýanyp, Gün wagty aňsat tapylýar.

Mälim ýeriň anyk *ýerli wagtyny* bilmek, bu ýeriň geografik uzynlygyny anyklamak üçin hem zerurdyr.

Islendik λ_1 we λ_2 uzynlyklara eýe bolan punktlaryň ýerli wagtlary T_1 we T_2 arasynda aşakdaky ýaly baglanyşyk bar:

$$\lambda_1 - \lambda_2 = T_1 - T_2.$$

Dünýä wagty. Uzynlygy nola deň bolan meridianyň (ýagny Grinwiç meridianynyň) ýerli wagty şertli ýagdaýda dünýä wagty T_0 edip alnan (*15-nji surat*).



15-nji surat. Wagt hasaby Grinwiç meridian wagtyndan başlanýar.

Islendik λ uzynlyga eýe bolan punktyň ýerli wagty T_λ , dünýä wagty T_0 arkaly aşakdaky ýaly tapylýar (çünki $\lambda_0 = 0$):

$$T_\lambda = T_0 + \lambda.$$

Guşaklyk wagty. Ýer şarynda çäksiz köp meridian geçirmek mümkin bolup, olara degişli ýerli wagtlar hem çäksiz köp bolýar. Şonuň üçin hem amalda ýerli wagtdan peýdalanyp bolmaýar. Şu sebäpden, Halkara ylalaşyga görä, Ýer şary 24 guşaklyga bölünen (*16-njy surat*). Her bir guşaklyk üçin aýratyn wagt bellenilýär. Olar bir-birinden uzynlyklary ortaça 15° tapawutlanýan meridianlar bilen

çäklenýär we tertip bilen 0-dan 23-e çenli (0, 1, 2, 3, ..., 23) nomerlenýär. Şonuň ýaly-da, her bir guşaklygyň araçäginde ýatýan bir sanydan meridian *esasy meridian* edip saýlanýar. Esasy meridianlaryň uzynlyklary (λ_{es}) degişlilikde $0^h, 1^h, 2^h, 3^h, 4^h, \dots, 23^h$ edip kabul edilen. Munda uzynlygy 0° bolan meridian 0-njy guşaklygyň ortasyndan, 1^h bolan meridian bolsa 1-nji guşaklygyň ortasyndan geçýän we ş.m. edip alynýar.

Munda islendik N nomerli guşaklygyň guşaklyk wagty edip, şu guşaklygyň ortasyndan geçen esasy meridianyň ýerli wagty alynýar. Islendik λ_{ye} uzynlykly ýeriň ýerli we ol ýerleşen guşaklygyň wagtlarynyň arasynda aşakdaky ýaly baglanyşyk bar:

$$\lambda_{ye} - \lambda_{es} = T_{ye} - T_p,$$

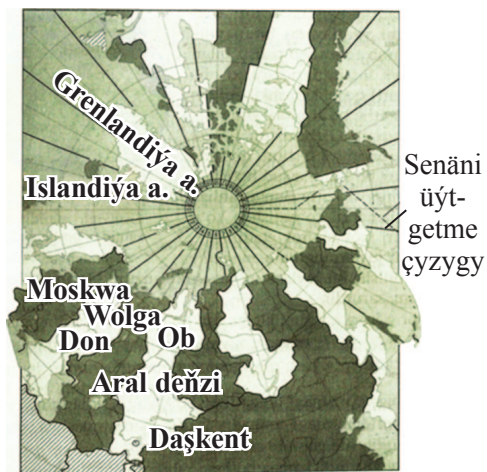
çünki λ_{es} – şu guşaklygyň esasy meridianynyň uzynlygyny, T_p – onuň wagtyny, T_{ye} bolsa λ_{ye} – uzynlyk meridianyna degişli ýerli wagty aňladýar.

Aslynda $\lambda_{es} = N^h$ bolanyndan, bu aňlatma köplenç $\lambda_{ye} - N^h = T_{ye} - T_p$ ýaly ýazylyar. Şu sebäpli, guşaklyk wagty (T_p) berlen bolsa, ýerli wagty (T_{ye}) ýa-da, tersine guşaklyk wagtyny tapmak aşakdaky deňlemeleriň kömeginde ýerine ýetirilýär:

$$T_p = T_{ye} - \lambda_{ye} + N^h \quad \text{ýa-da} \quad T_{ye} = T_p - N^h + \lambda_{ye}.$$

14-§. Kalendarlar

Gün kalendarly. Uzak möhleti wagtyň ölçegleri (sutka – gün, hepde, aýlar we ýyllar) boýunça ulgama salmaga *kalendar* diýilýär. Kalendar düzende Aýyň fazalarynyň çalyşma döwri ýa-da ýyl pasyllarynyň çalyşma döwri (tropik ýyl) esas edip alynýar. Aýyň fazalarynyň çalyşma döwri (29,53 sutka) esas edip alnarlara *aý kalendarlary*, ýylyň pasyllarynyň çalyşma döwri esas edip alnarlary bolsa *gün kalendarlary* diýilýär.



16-njy surat. Ýer şarynyň guşaklyklary.

Gün kalendary ilki gadymky Müsürde, miladydan öňki 3000-nji ýyllarda peýda bolupdyr. Ol wagtda ýylyň pasyllarynyň çalyşma döwri 360 güne deň diýlip, 12 aý 30 günden edip alnan. Soňluk bilen ýylyň uzynlygy 365 gün diýlip hasaplanyp, onuň ähli aýlary 30 günden, 12-nji aýy bolsa 35 gün edip ulanylypdyr. We, ahyrynda, miladydan öňki III asyrdan Müsürde astronomlar ýylyň uzynlygynyň 365,25 güne deňligini anykladylar. Şundan soň, miladydan öňki I asyrdan rim serkerdesi Ýuliy Sezar ýylyň uzynlygy 365,25 güne deň kalendary astronomlaryň kömeginde düzüp, ony amalda ulanylypdyr. Soňluk bilen bu kalendary Ýuliy Sezaryň hormatyna *julian kalendary* diýip atlandyrylýan boldy. Bu kalendara görä, üç ýyl zygydider gelýän ýyllaryň uzynlygy 365 günden bolup, dördünji ýyl 366 gün edip alynýar, çünki dört ýylda 0,25 günlük (ýyllyk) galyndy ýygylýp, 1 güne deň bolýar. Bu goşmaça günü fewral aýyna goşup bermäge (ýagny ony 29 gün edip ulanmaga) ylalaşyldy.

Ýöne ýüz ýyllyklaryň geçmegi bilen bu kalendary ýylynyň uzynlygynda entegem ýalňyşlyk bardygy mälim boldy. Ony düzetmek üçin 1582-nji ýylyň fewralynda rim papasy Grigoriý XIII özgertme kabul edip, ýylyň uzynlygynyň takygrak alnan bahasyny (365,242 gün) täze Gün kalendary üçin esas edip aldy. Özgertme edilen bu kalendary rim papasynyň hormatyna *grigorian kalendary* diýip atlandyrylýan boldy. Şol bir wagtda biz ulanylan kalendarymyz grigorian kalendary bolup, onuň döwri Isa pygamberiň mifiki doglan ýylyndan başlanypdyr.

Bu kalendaryň 12 aýyndan altysy gadymky rimlileriň mifiki hudaýlarynyň atlary bilen (Ýanus, Februs, Afrodita, Mars, Maýa, Ýunona), iýul we awgust aýlary rim imperatorlary Ýuliy Sezar we Awgust ady bilen, galanlary bolsa özleriniň tertip nomerleri (sentýabr – ýedinji, oktýabr – sekizinji, noýabr – dokuzynjy, dekabry – onunjy) bilen atlandyryldy, çünki gadymda ýyl başy 1-nji martda giripdir. Aprel aýy – «aperire» – «açylyş» («oýanyş») diýen sözden alnan bolup, baharda tebigatyň oýanmagyny delillendiripdir. Bu kalendary boýunça ýylyň başy öň martda bolup, soňra 1-nji ýanwara göçürilipdir. Russiyada ýylyň başy gadymda ýylyna iki gezek – 1-nji martda we 1-nji sentýabrda baýram edilýärdi. 1342-nji ýyldan Moskwa mitropolitini (häkimi) Täze ýyl baýramy mundan beýläk diňe 1-nji sentýabrda geçirilmegi barada buýruk berdi. XVII asyryň ahyrynda patyşa Pýotr I buýrugy bilen 1700-nji ýylda kalendary ýylynyň başy 1-nji ýanwara göçürildi. Şondan bäri bu kalendary boýunça Täze ýyl baýramy 1-nji ýanwarda bellenilýän boldy.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Wagty ölçemekde haýsy asman jisiminiň döwri esas edip alynýar?
2. Ýyldyz we Gün sutkalary nähili tapylýar? Olar özara deňmi?
3. Ýerli we dünýä wagtlary diýip nähili wagtlara aýdylýar?
4. Guşaklyk wagty nähili tapylýar? Bu wagtlaryň arasynda nähili baglanyşyk bar?
5. Kalendarlar düzülende haýsy asman jisimleriniň döwürleri esas edip alynýar?
6. Aýyň sinodik döwri (Aýyň fazalarynyň gaýtarylma döwri) esas edip alnan kalendarlara nähili kalendar diýilýär? Tropik ýyl esas edip alnanlary nähili?
7. Ýulian we grigorian kalendarlary barada nämeleri bilýärsiňiz?

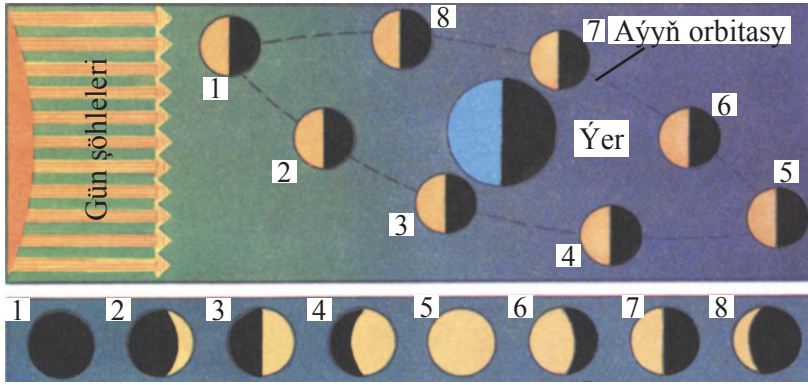
6-njy TEMA. 15-Ş. Aýyň hereketi, fazalary we döwürleri

Aý planetamyz Ýeriň tebigy hemrasy bolup, onuň daşynda 27,32 sutkalyk döwür bilen aýlanýar. Bu döwre Aýyň *siderik döwri* ýa-da *ýyldyz döwri* diýilýär. Aýyň Ýeriň daşynda aýlanma ugry, ýyldyzlaryň Ýeriň daşyndaky görünme aýlanyşyna garşylykly bolup, ol günbatardan gündogara (ýagny Ýeriň öz okunyň daşynda aýlanma ugry bilen birmeňzeş ugurda) hereket edýär. Aýyň öz orbitasy boýunça hereket tizligi sekundyna 1 kilometri düzüp, ýyldyzlara görä her sutkada takmynan barha 13° süýşýär.

Aýyň orbitasynyň tekizligi, Ýeriň Günüň daşynda aýlanma tekizligi (ekliptika) bilen $5^\circ 9'$ -ly burç düzýär. Aý öz okunyň daşynda we Ýeriň daşynda birmeňzeş – 27,32 sutkalyk döwür bilen aýlanýandygy täsindir. Aýyň öz okunyň daşynda we Ýeriň daşynda aýlanma döwürleri özara deň bolanyndan Aý Ýerden garanda hemişe bir tarapy bilen görünýär.

Mälim bolşy ýaly, Aý Ýeriň daşynda aýlananda, Gün şöhlelerini serpidirýändigi sebäpli bize görünýär. Bu görnüş, şol bir wagtda Aýyň Güne görä nähili ýerleşişine görä dürlüçe bolýar. Ýerden garanda Aýyň dürli şekillerde (täze aý, ýarym aý, doly aýar) görünmegine onuň *fazalary* diýilýär.

Gün batanson, Aýyň inçe orak şeklinde günbatar tarapda birinji görnüşi halk dilinde *täze aý* (*ýa-da hilal*) diýlip, ol adatda, Aýyň başyndan soň ikinji günü görünýär. Şeýle ýagdaýda Aýyň Gün bilen ýagtylanan bölegi hem öçügsi külreňk şekilde görünýär. Aýyň Gün bilen ýagtylanmadyk böleginiň şeýle öçügsi görünmegi Ýerden serpilen Gün şöhleleri bilen onuň ýagtylanmagy sebäpli bolup

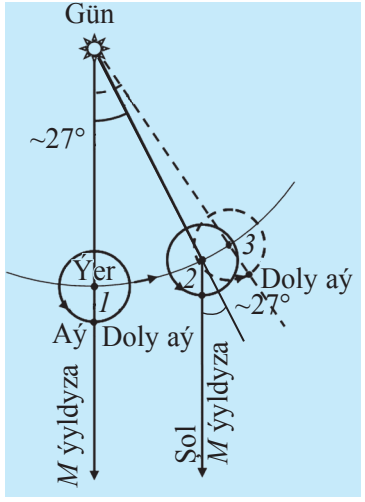


17-nji surat.
Aýyň fazalarynyň çalyşmagy
(1. Astronomik täze aý. 3. Birinji çärýek fazasy. 5. Doly aý. 7. Ahyrky çärýek fazasy).

geçýär. Aýyň fazalarynyň çalyşmagy onuň Ýer we Güne görä tutýan ýagdaýyna baglylygy 17-nji suratda getirilen.

Aýyň mälum fazasyndan (meselem, doly aýdan) iki gezek yzygider geçmegi arasyndaky wagt 29,53 sutkany düzüp, oňa Aýyň *sinodik döwri* diýilýär.

18-nji suratda Aýyň sinodik döwri nädip siderik döwründen uly bolýandygy düşündirililen. Munda Aý Ýeriň daşynda aýlanyp 1-nji ýagdaýda bolanda, ol *M* ýyldyzyň garşysynda doly aý fazasynda bolmagy çyzgydan anyk görnüp dur. 27,32 günden soň, ýagny Aýyň Ýeriň daşynda bir gezek doly aýlanyp çykandan soň, ol 2-nji ýagdaýda bolup, ýene *M* ýyldyzyň garşysynda durýar, ýöne entek doly aý fazasyna çenli ýetip barmadyk bolýar.



18-nji surat. Aýyň Ýeriň daşynda aýlanma siderik we sinodik döwürleriniň düşündirilişi.

Ýer orbitasy boýunça her gün bir gradusa diýen ýaly ýakyn süýşmegini hasaba alsak, bu döwürde ol 1-njiden 2-nji ýagdaýa çenli takmynan 27 gradusa süýşendigi mälum bolýar (surata garaň). Şeýdip Aýyň 2-nji ýagdaýynda, ondan *M* ýyldyza tarap ugru bilen Güne tarap ugrunyň dowamynyň arasynda-da hut şeýle burç emele gelendigine düşünmek kyn däl. Onda, Aýyň öz orbitasy boýunça gününe takmynan 13 gradusa süýşmegine görä, ol 27 gradusly dugany geçmegi üçin 2 günden köpräk wagt gerek bolýandygy aýan bolýar.

Netijede Aýyň doly aý fazasyndan gidip ýene doly aý fazasyna gelýänçe (18-suratda 3-nji ýagdaý) 29 sutkadan köpräk wagt talap edilýändigini äşgär bolýar.

16-§. Musulmanlaryň aý we gün hijri kalendarlary *

Aý-hijri kalendarly. Sinodik aý 29,53 sutka, ýylyň pasyllarynyň çalyşma döwri – tropik ýyl bolsa 365,2422 sutka deň bolup, olar bütin sutkalarda (günlerde) aňladylyp bolmazlygy kalendarlary düzmege kynlaşdyrýar. Çünki kalendar aýy hem, ýyly hem amalda bütin sutkalarda aňlatmagy talap edýär.

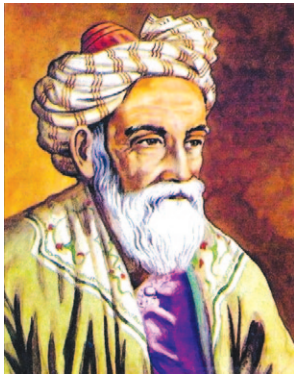
Birinji aý kalendarly miladydan öňki 2500-nji ýyllarda gadymky Mesopotamiýada peýda bolupdyr. Ýedi günlük hepde-de şol wagtlarda, ýyllyzlar fonunda hereketlenýän ýedi asman jisimi (Gün, Aý we 5 planeta) sanyna deň edip girizildi. Munuň bilen asman jisimleri ylahylaşdyrylyp, hepdäniň bir sanydan günü olara bagyşlandy.

Soňluk bilen musulmanlar kalendarly diýip atlandyrylýan *aý kalendarly* şekillendi. Köp Aziýa ýurtlarynda ulanylýan bu kalendar ýylynyň uzynlygy 354 gün bolup, ol 12 aýa paýlanan. Onda aýlar 29 we 30 günden çalyşyp, ortaça Aý fazalarynyň çalyşma döwri – 29,5 güne deň bolýar. Onuň aýlary asmanda täze aý (hilal) görnüşini bilen başlanýar. Kalendar aýlary aý fazalaryna laýyk gelmege üçin musulmanlar kalendarlynda takmynan her 3 ýylda ýyllar 355 gün edip alynýar.

Bu kalendar ýylynyň uzynlygy biz ulanýan kalendar (milady) ýylyndan ortaça 11 güne gysgalygyndan, her ýylda onuň täze ýyly takmynan 11 gün öň gelýär we netijede 33 ýylda bir ýyla öňe gidýär. Başgaça aýdanda, aý kalendarly boýunça 34 ýyl geçýär.

Şu kalendar erasy Muhammet pygamberiň Mekgeden Medinä göçen ýylynyň başyndan başlanyp, ol milady kalendar boýunça 622-nji ýylyň 16-njy iýulyna dogry gelýär. Musulmanlaryň bu kalendarlary hijri, doly edip aýdanda, *aý-hijri* ýa-da *kamary-hijri* kalendar diýip atlandyrylýar («hijratun» – arapça «göçüp geçmek» diýen manany aňladýar). Bu kalendarlyň 12 aýy aşakdaky atlar bilen aýdylýar: *Muharram, Sapar, Rabi ul-awwal, Rabi ul-ahyr, Jumad il-owwal, Jumad il-ahyr, Rejep, Şaban, Remezan, Şawwal, Zulka'da we Zulhiçje.*

Şu kalendar boýunça täze – 1440-njy ýönekeý ýylyň 1-nji muharramy 2018-nji ýylyň 13-nji sentýabr gününüň girmegine garaşylýar.



19-njy surat.
Omar Heýýam.

Gün-hijri kalendary. Omar Heýýamyň Gün – hijri kalendary. XI asyrda Nişapurda (Horasan) ýaşap, matematika, astronomiýa ugrunda döredijilik eden görnükli şahyr Omar Heýýam (1048–1131) (19-njy surat) 1070-nji ýylda seljuk soltany Mälikşa we onuň weziri Nizam ul-Mülk tarapyndan köşge teklipl edilýär. Onuň haýyşyna görä şa, Heýýam we onuň şägirtleri üçin 1076-njy ýylda Ysphyhanda (Eýran) obserwatoriýa gurup berýär. Mälikşa aradan çykýança (1092-nji ý.) işlän bu obserwatoriýadaky astronomik gözegçilikler netijesinde ýüzden artyk ýagty ýyllyklaryň koordinatalaryny hemde Aýyň, Günüň we planetalaryň hereketlerini görkezýän jedwelleri öz içine alan «zij» düzüldi. Bu astronomik

kitapça soňluk bilen «Mälikşanyň ziji» diýen at bilen jahan astronomiýa taryhyndan orun aldy.

Biruny özüniň «Gadymy halklardan galan ýadygärlikler» eserinde gadymky Eýranda kalendar ýylynyň uzynlygy 365 gün bolup, 12 Aýyň birinji 11-i 30 günden, 12-si bolsa 35 günden bolandygyny mälim edýär. Bu kalendaryň ýyl başy hemişe baharky deňgünlük (21-nji mart) bilen üstme-üst düşýär.

Tropik ýylyň uzynlygy aslynda 365 gün bolman, ondan 6 sagat uzynlygy sebäpli, ýyllaryň geçmegi bilen kalendar ýylynyň başy deňgünlükden süýşüp gitmegine (her dört ýylda takmynan 1 gün) sebäp bolupdyr. Kalendarý şeýle kemçilikden halas etmek üçin Mälikşa astronomlardan we matematiklerden ybarat geňeşi düzüp, oňa ýolbaşçylyk etmegi Omar Heýýama tabşyrýar.

Geňeşiň baş wezipesi kalendar ýyllarynyň başyny («Nowruz») baharky deňgünlükden süýşmeýän edip düzmekden ybaratdy. Munuň üçin geňeş 366 günlük doly ýylyny girizip, onuň geliş tertibini, rimlileriň ýulian kalendaryndan başgaçarak şeklini teklipl etdi.

Soňluk bilen *Omar Heýýamyň kalendary* diýip at alan bu kalendar da doly ýyl, 33 ýylda 8 gezek gelip (rimlileriň kalendarynda 32 ýylda), ilkinji 7-si her dördünji ýylda, ahyrky 8-i bolsa 5-nji ýyl gelýän edip kabul edildi. Başgaça aýdanda, 33 ýyllyk döwürüň 4-, 8-, 12-, 16-, 20-, 24-, 28- we 33-nji ýyllary doly ýyllary hasaplanyp, 366 günden edildi, galan 25 ýyl 365 gündendi.

O. Heýýamyň kalendarynda ýylyň ortaça uzynlygy $365\frac{8}{33}=365,24242$ güne deň bolup, tropik ýylyň hakyky uzynlygyndan (365,24220 gün) bary-ýogy 0,00022 sutka, ýagny 19,5 sekunda uzynlygy. Bu ýalňyşlyk şeýle bir kiçi bolup, ol ýygylp-ýygylp diňe 4500 ýyl geçenden soň 1 güne ýeterdi. Biz ulanýan grigorian kalendarynyň ýalňyşy bir güne ýetmegi üçin bolsa 3300 ýyl (ýagny Heýýam kalendaryndakydan 1200 ýyl kem wagt) gerek bolýar.

Omar Heýýamyň bu kalendary şol bir wagtda Eýranda ulanylýan Jelaly (Mälikşanyň lakamy) kalendarynyň esasyň düzýär.

Şu kalendar erasynyň başy hem soňluk bilen musulmanlaryň hijri-kamary kalendary erasyndaky ýaly 622-nji ýylyň 16-njy iýulyňa göçürilip, ol *Gün-hijri kalendary* diýen at bilen atlandyrylýan boldy. Bu kalendaraky aýlar bizde Günüň ýyllyk görünme hereketi dowamynda kesip geçýän ýyldyz toparlarynyň atlary bilen *Hamal, Sowur, Jöwza, Seretan, Eset, Sünbüle, Mizan, Akrap, Kowus, Jedi, Deluw, Hut* diýilýär.

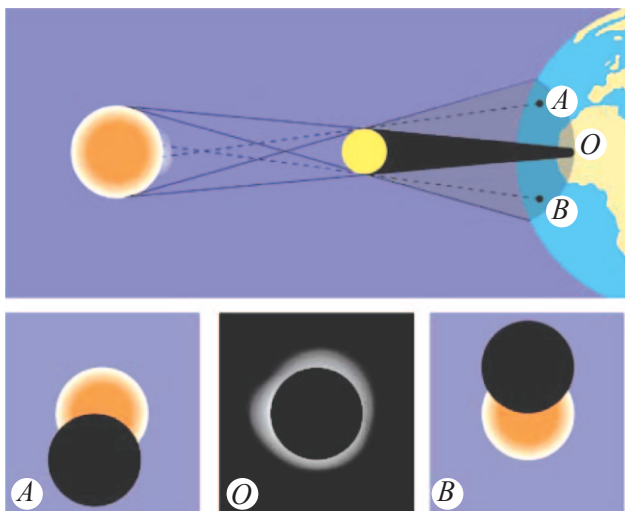
Gün-hijri kalendary boýunça täze – 1397-nji ýyl 2018-nji ýylyň 21-nji martynda girdi.

17-§. Günüň we Aýyň tutulmagy

1. *Günüň tutulmagy*. Aý Ýeriň daşynda aýlanyp, käte Güni bizden bekläp geçýär (20-nji surat). Şeýle ýagdaýa *Günüň tutulmagy* diýilýär. Bu hadysa hemişe Aýyň täze aý ýagdaýynda bolup geçýär.

Eger munda Ýerdäki gözegçi Aýyň kölegesiniň içinde (*O*) galsa, ol Güni gysga wagtda (birnäçe minut) bütinleý görmeýär, ýagny onuň üçin Gün doly tutulýar. Ýerdäki gözegçi Aýyň ýarymkölegesiniň içinde (*A* ýa-da *B* nokadynda) galsa, onda ol Günüň bir bölegini tutulan ýagdaýda görýär, ýagny Gün *bölekleyin tutulýan* bolýar. Käte Günüň tutulmagy *halkalaýyn* bolýar.

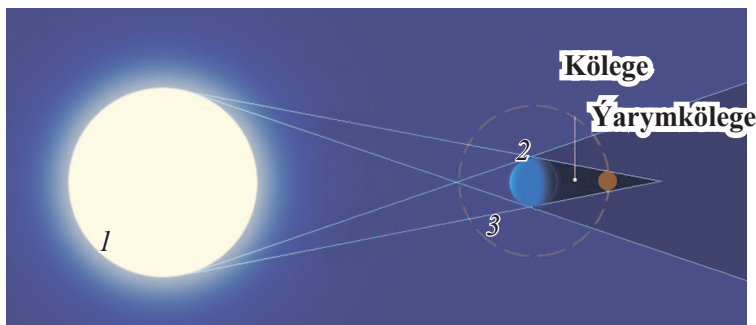
2. *Aýyň tutulmagy*. Aý Ýeriň daşynda aýlanyp, käte Ýeriň kölegesi arkaly geçýär. Şeýle hadysa *Aýyň tutulmagy* diýilýär (21-nji surat). Eger munda Aý Ýeriň kölegesiniň içinden geçse, ony *doly tutilish*, bordi-ýu ýarymkölegäniň içinden geçse, onda oňa *ýarymkölegeli tutulma* diýilýär. Aý tutulanda, ol hemişe doly aý fazasynda bolýar.



20-nji surat. Günüň tutulmagy hadysasy (aşaky suratlarda Ýeriň üstüniň A, O, B nokatlarynda Günüň tutulmagynyň görnüşleri).

Ýeriň mälim bir ýerinde Günüň tutulmagyna görä Aýyň tutulmagy köprak bolýar. Çünki Günüň tutulmagy diňe Ýeriň Aýyň kölegesine düşen we onçakly uly bolmadyk meýdanynda bolýar. Aýyň tutulmagy bolsa, Ýeriň Güne garşylykly ýarymşarynyň hemme böleginde bir wagtda görünýär.

Aýyň doly tutulmagy wagtynda (ýagny ol Ýeriň kölegesine bütinleý girende), Aý gözden bütinleý gaýyp bolman, goýy gyzyl reňkde öwüsýär. Munuň sebäbi, bu wagtda Ýer atmosferasynda saçylan we döwlen Gün şöhleleri bilen Aýyň ýagtylanmagydyr. Munda Ýer atmosferasy gök we mawy şöhleleri güýçli siňdirip we ýiti saçyp goýberip, Aý tarapa esasan gyzyl şöhleleri döwüp geçirýär. Netijede Aý hut şu şöhleler bilen ýagtylanýar we gyzaryp görünýär. Aý orbitasynyň ekliptika tekizligine gýşarmasy sebäpli, Aýyň we Günüň tutulmagy täze aý we doly aý wagtларыnda hemişe hem bolubermeýär.



21-nji surat. Aýyň tutulmagy hadysasy (1 – Gün; 2 – Ýer; 3 – Aýyň orbitasy. Ýeriň kölegesiniň içinde Aý dur).

Günüň we Aýyň tutulmagynyň şertlerine görä, Gün tutulanda, Aý astronomik täze aý fazasynda bolup, Günüň merkezi Aýyň düwünleriniň islendik birinden $16,5^\circ$ -dan kiçi; Aý tutulanda bolsa, Aý doly aý fazasynda bolup, Günüň merkezi Aýyň düwünleriniň islendik birinden $10,6^\circ$ -dan kiçi duga aralykda bolmaly. Şeýle ýagdaý Günüň tutulmagy üçin her ýyl iň bolmanda 2 gezek, köpi bilen bolsa 5 gezege çenli; Aýyň tutulmagy üçin bolsa, bir gezek hem bolmazlygy ýa-da, köpi bilen bolsa 3 gezege çenli bolýar. Şeýdip bir ýylda köpi bilen umumy tutulmalar 7 sany, iň bolmanda 2 gezek (diňe Gün) bolmagy mümkin.

Gadymda Gün we Aý tutulanda, olaryň ýokarda beýan edilen görnüşleri adamlarda gorky we wehim döredipdir. Indi bolsa Günüň we Aýyň tutulmagynyň syry doly paş edilen bolup, ol hiç kimde wehim döretmeýär.

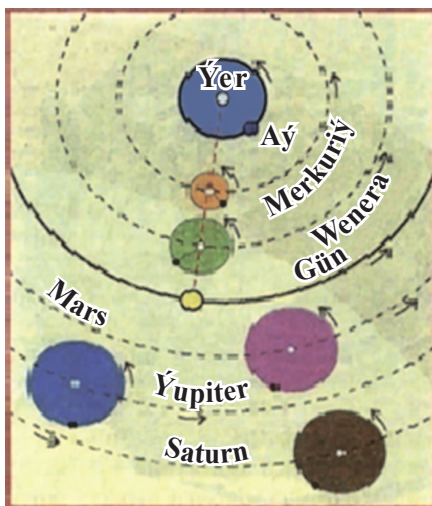
Soraglar we ýumuşlar:

1. Aý öz okunyň daşynda nähili döwür bilen aýlanýar? Ýeriň daşynda nähili?
2. Aýyň hemişe Ýere bir tarapy bilen görünmeginiň sebäbi nämede?
3. Aýyň esasy fazalary nähili atlar bilen atlandyrylýar?
4. Aýyň sinodik döwri diýip nämä aýdylýar?
5. Heýýam kalendarynyň takyklygyny grigorian kalendarynyň anyklygy bilen deňeşdiriň.
6. Aýyň we Günüň tutulmagy hadysasyny düşündiriň.
7. Gün näme üçin her täze aýda, Aý bolsa näme üçin her doly aýda tutulmaýanlygynyň sebäplerini aýdyň.

II BAP. GÜN SISTEMASYNYŇ GURLUŞY WE ASMAN JISIMLERINIŇ HEREKETI

7-nji TEMA. 18-§. Gün sistemasynyň gurluşy

1. *Gün sistemasynyň gurluşy baradaky düşüňjeleriň ösüşi.* Älemiň nähili düzülendigi baradaky düşüňjeleriň ösüş taryhy örän gadymdan başlanypdyr. Gadymda eždatlarymyz tebigat we onuň hadysalaryny düşündirmäge ejizlik edip, Älem jisimleriniň hereketlerini dolandyryan tebigy däl güýç bar diýip ynanýardylar. Älem hem hut şu güýç tarapyndan döredilen diýen pikirdediler.



22-nji surat. Ptolemeýiň geosentrik sistemasy.

Miladydan öňki IV asyrdan meşhur grek filosofy Aristotel tarapyndan Ýeriň şar şekildedigi subut edilensoň, adamlaryň aňynda Älemiň merkezinde gaty Ýer şary ýerleşip, onuň daşynda ýyldyzlary bilen gaty asman ýerleşýär we aýlanýar, diýen düşünje hökümdarlyk edýärdi.

Milady II asyrdan astronom Ptolemeý Älemiň gurluşynyň *geosentrik* (ýagny merkezinde Ýer durýan) sistemasyny goldap: Älemiň merkezinde Ýer durup, başga planetalar, şol sanda, Gün, onuň daşynda 22-nji suratda getirilen tertip bilen aýlanýandygyny beýan etdi. Şonuň ýaly-da, bu taglymata görä, iň soňky sferada ýyldyzlar Ýerden birmeňzeş aralykda ýerleşip, onuň daşynda aýlanýar,

diýen netijä gelindi.

Ýöne wagtyň geçmegi bilen planetalaryň hereketlerini jikme-jik öwrenmek, planetalaryň ýyldyzlar fonunda gözegçilik edilýän çylşyrymly hereketlerini şu nazaryýet boýunça düşündirmegi kynlaşdyryp goýberdi. Netijede, bu nazaryýet Älemiň gurluşyny dogry şöhlelendirip bilmeýänligi anyk bolansoň, ony gözegçilik netijelerine laýyk, täze nazaryýet bilen çalşyrmak zerurlygy döredirdi.

2. *Kopernigiň älemiň gurluşynyň geliosentrik taglymaty.* Bu taglymat XVI asyrdan meşhur polýak astronomy Nikolaý Kopernik (1473–1543) tarapyndan köp ýyllyk astronomik gözegçilikler esasynda döredildi.

Bu nazaryýete görä, Älemiň merkezinde Gün durup, ähli planetalar, şol sanda, Ýer onuň daşynda tertip bilen aýlanýar (23-nji surat). Ýyldyzlar bolsa, Ptolemeýiň nazaryýetindäki ýaly iň ahyrky sferada ýerleşip, Günüň daşynda, bir-birine görä gozgalmadyk ýagdaýda aýlanýar.

Kopernik birinji bolup, planetalaryň ýyldyzlar fonundaky halkalaýyn hereketlenişiniň sebäbi, Ýeriň Günüň daşynda başga ähli planetalar ýaly aýlanmagy sebäpli bolup geçýändigini anyklady (24-nji surat). Kopernigiň Älemiň gurluşy baradaky bu nazaryýeti *geliosentrik nazaryýet* diýen ady aldy.

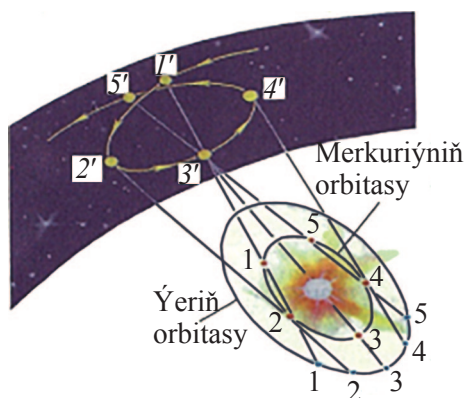
Älemiň gurluşynyň geliosentrik nazaryýeti meşhur italiýan alymy, filosof Jordano Bruno (1548–1600) tarapyndan ösdürildi. Ol öz nazaryýetinde, Älem

gozgalmaýan ýyldyzzar sferasy bilen araçäklenendigini, ýyldyzzar Günden dürli aralyklarda ýatýan oňa meňzeş obýektlerdigini, olaryň töwereklerinde-de Günüň daşyndaky ýaly öz planetalary bolmagy mümkinligini nygtady. Soňky ýüz ýyllyklaryň içinde geçirilen astronomik gözegçilikler onuň hakdygyny görkezdi.

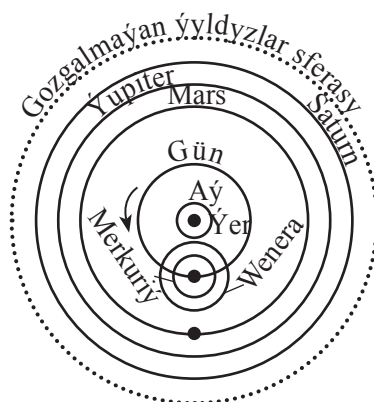
Älemiň gurluşy baradaky düşüňjeleriň şekillenmeginde watandaşymyz Abu Reýhan Birunyň (973–1048) uly hyzmaty bar. Ol köp ýyllyk astronomik gözegçiliklerine daýanyp, planetalardan Merkuriý we Wenera Günden uzak gidip bilmeýändigini (duga ölçegi bilen hasaplananda) anyklady we şu esasyda, bu iki planeta Günüň daşynda aýlanýan bolmaly diýen dogry netijä geldi (25-nji surat). Aslynda Biruny geosentrik sistemanyň tarapdary bolup galan bolsa-da, onuň içki planetalara (Merkuriý we



23-nji surat. Älem gurluşynyň geliosentrik sistemasy (merkezde Gün).



24-nji surat. Planetalaryň görünme halkalaýyn hereketini düşündirmek.



25-nji surat. Birunyň älemiň gurluşy baradaky garaýyşlaryna görä, Gün öz daşynda aýlanýan hemralary – Merkuriý we Wenera bilen bile Ýeriň daşynda aýlanýar.

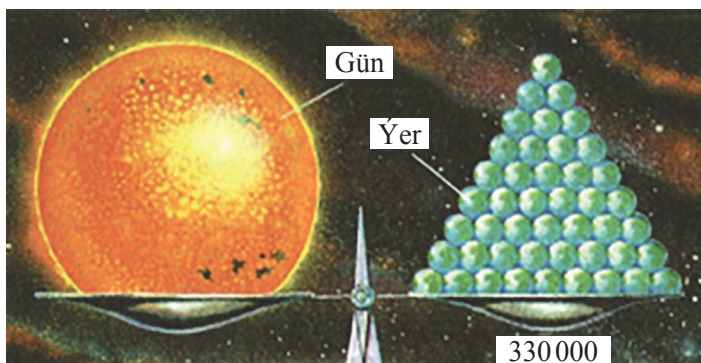
Wenera) degişli bu netijesi XI asyrdä Älemiň gurluşynyň geliosentrik sistemasy üçin goýlan ilkinji ädimdi.

19-Ş. Gün sistemasynyň masştaby we agzalary

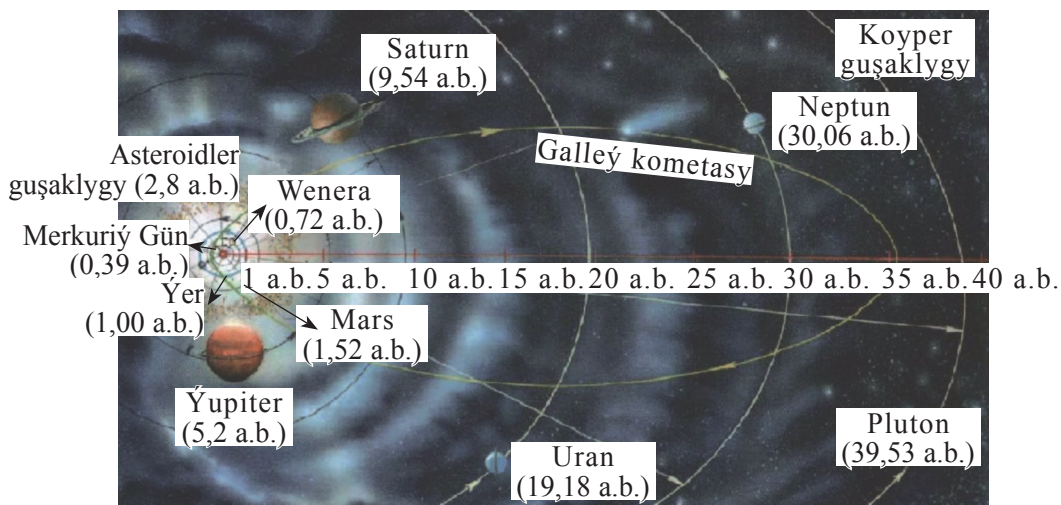
Gün sistemasyna girýän jisimler bilen biz ilki «Tebigaty öwreniş» derslerinde tanşypdyk. Mälim bolşy ýaly, bu sistemanyň iň iri jisimi Gün bolup, onuň diametri Ýeriňkiden 109 esse uly, massasy bolsa 330 000 Ýer massasyna deň (26-njy surat). Onuň daşynda 8 sany iri planeta bir-birine ýakyn tekizliklerde, dürli döwürler bilen aýlanýar. Günden uzaklygyna görä bu planetalar onuň daşynda aşakdaky tertip bilen ýerleşen: *Merkuriý, Wenera, Ýer, Mars, Ýupiter, Saturn, Uran we Neptun*.

Gün sistemasyny şertli ýagdaýda araçäklenen Neptun Günden Ýere garanda sähel kem 30 esse uzaklykda ýerleşen. Ýeriň Günden ortaça uzaklygy 149,6 million kilometr, diýmek, Neptunyň Günden uzaklygy ortaça 4554,4 million kilometri düzýär. Günden Ýere çenli onuň şöhleleri 8 minutdan sähel köpräk wagtda ýetip gelmek bilen, Günden Neptuna çenli 4,5 sagat töwereginde barýar (27-nji surat).

Gün sistemasynda iri planetalar bilen bile münlerçe maýda planetalar (ulu-lyklary birnäçe ýüz metrden birnäçe ýüz kilometre çenli gelyän) hem aýlanyp, olaryň aglabasynyň orbitalary Mars bilen Ýupiteriň aralygynda ýatýar.



26-njy surat. Ýeriň massasyny Günüň massasy bilen deňeşdirmek.



27-nji surat. Gün sistemasynyň masştaby (a.b. – astronomik birlik).

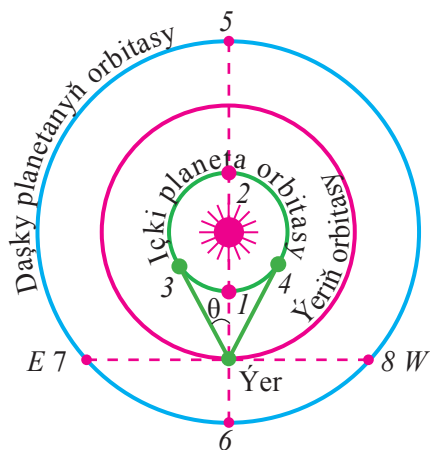
Şonuň ýaly-da, Gün sistemasynda örän süýri elliptik orbitalar boýunça hereketlenýän we gaty ýadrosy gaz gabygy bilen gurşalyp, Günün golaýynda «guýruk» emele getirip geçýän kometalar diýlip atlandyrylýan jisimler hem bar.

Bulardan daşary, Gün sistemasynyň araçäginde, Günün daşynda san-sajaksyz, ölçegleri guýruk bölejikleriniň ululygyndaky jisimler hem elliptik orbitalar bilen aýlanýar. Olara *meteor jisimler* diýilýär.

Gün sistemasynda hereketlenýän iri planetalar her näçe uly bolmalkaryna seretmezden, Gün bilen deňeşdirende, oňa görä örän kiçi asman jisimleri hasaplanýar. Planetalar we ähli maýda jisimleriň massasy bilelikde Gün sistemasynyň jisimleriniň umumy massasynyň 0,15%-ini, Günün massasy bolsa takmynan 99,85%-ni düzýär. Şonuň üçin hem Gün öz sistemasyna girýän ähli jisimleriň hereketlerini dolandyryar.

20-Ş. Planetalaryň konfigurasiýalary we görnüş şertleri *

Günün daşynda hereketlenýän planetalaryň ýyllyzlar fonundaky ýagdaýlary, hereketlenýän Ýerden gözegçilik edilenligi sebäpli, çylşyrymly görnüşe eýe bolýar. Planetalaryň Ýerden garanda Güne görä eýelän ýagdaýlaryna olaryň *konfigurasiýalary* diýilýär.



28-nji surat. Planetalaryň konfigurasiýalary we görnüş şertleri.

Planetalardan ikisiniň konfigurasiýalary bilen tanşalyň. 28-nji suratda olardan biriniň orbitasy içki planeta (orbitasy Ýeriň orbitasynyň içinde ýerleşen – Merkuriý ýa-da Wenera), ikinjisi bolsa daşky planetalara (orbitasy Ýeriň orbitasyndan daşarda ýatýanyna) degişlidir.

Ýeriň suratdaky ýagdaýyna içki planeta eýelän 1-nji we 2-nji ýagdaýlar planetanyň Gün bilen *goşulma ýagdaýlary* diýlip, bu ýagdaýlarda planeta Günüň şapagyna gömlüp gömlüp görünmeýär, ýagny munda onuň görünmeýän döwri bolýar.

Içki planetanyň Günden gündogar we günbatar tarapa maksimal uzaklaşan (duga hasabynda) ýagdaýda görünmegi (*elongasiýalary*) onuň 3-nji we 4-nji ýagdaýlaryna dogry gelýär. Eger içki planeta 3-nji ýagdaýda bolsa, ol Günden gündogar tarapda bolanyndan, aşamara Gün batansoň, asmanyň günbatar tarapynda gorizontdan esli beýikde gowy görünýär. Eger u 4-nji ýagdaýda, ýagny Günden günbatar tarapda bolsa, daňdan, Gün çykmazyndan oň gündogar tarapda görünýär.

Daşky planeta degişli 5-nji ýagdaý *goşulma* (ýagny Gün bilen goşulma), 6-njy ýagdaý *garşylykly durma* (ýagny Güne göre garşylykly durma) diýilýär. 6-njy ýagdaýynda planeta Günden 180° ly burç aralykda ýerleşýär.

Daşky planeta 5-nji ýagdaýda Gün bilen goşulyp, Ýerdäki gözegçi üçin özüniň görünmeýän döwrüni geçýän bolýar. 6-njy ýagdaýda bolsa Güne garşylykly duranyndan, Günüň batmagy bilen planeta gündogar tarapda gorizontdan göterilýär we bütin gijäniň dowamynda oňa gözegçilik etmek mümkin bolýar. Planetanyň 7-nji we 8-nji ýagdaýlary, degişlilikde, onuň *gündogar we günbatar kwadratura ýagdaýlary* diýilýär. Planeta 7-nji ýagdaýda bolanda, ony Gün batandan tä ýarygijä çenli, 8-nji ýagdaýda bolanda bolsa ony ýarygijeden tä ertire çenli gorizontyň üstünde görmek mümkin bolýar.

21-§. Planetalaryň Günüň daşynda aýlanma döwürleri *

Ähli planetalar Günüň daşynda bir tarapa garap, ýagny günbatardan gündogara tarap hereketlenip aýlanýar. Günden uzaklyklaryna görä, olaryň aýlanma döwürleri her hili bolup, Güne ýakynlary kiçi, uzakdakylary bolsa uly döwürler bilen aýlanýar. Meselem, Güne iň ýakyn Merkuriý onuň daşynda takmynan 88 günde aýlanyp çykmak bilen, Neptun Günüň daşynda sähel kem 165 ýyllyk döwür bilen aýlanýar. Olaryň hereket tizlikleri hem her hili bolup, Günden uzak aralykda aýlanýan planetalar ýakyn aralykdakylaryna garanda ep-esli kiçi tizlik bilen hereketlenýär.

Goşmaçadaky jedwelde planetalaryň Günüň daşynda aýlanmalaryna degişli maglumatlar getirilen. Şol sanda onda planetalaryň orbital tizlikleri, Günüň daşynda aýlanma döwürleri planetalar üçin 2-nji kosmos tizlikleri we oklarynyň daşynda aýlanma döwürleri berlen. Ähli planetalar ekliptika tekizligine ýakyn ýerleşen orbitalar boýunça hereketlenýärler.

Planetalaryň Günüň daşynda hakyky aýlaw döwürlerine olaryň *siderik ýa-da ýyldyz döwri* diýilýär. Planetanyň *siderik döwri* (T_{pl}) diýip, Günden garanda onuň belli bir ýyldyza görä doly aýlaw etmegi üçin giden wagta aýdylýar. Planetanyň *sinodik döwri* (S_{pl}) diýip bolsa, Ýeriň konfigurasion ýagdaýlarynyň islendik birinden iki gezek yzygider geçmegi üçin zerur bolan wagt aralygyna aýdylýar.

Planetanyň sinodik döwri S_{pl} Ýeriň hereketi bilen bagly bolup, Ýeriň siderik döwri T_{\oplus} we planetanyň siderik döwri T_{pl} bilen aşakdaky ýaly baglanan.

Içki planetalar üçin Ýeriň we planetanyň sutkalyk süýşmeleriniň tapawudyna görä:

$$\frac{360^\circ}{S_{pl}} = \frac{360^\circ}{T_{pl}} - \frac{360^\circ}{T_{\oplus}} \quad \text{ýa-da} \quad \frac{1}{S_{pl}} = \frac{1}{T_{pl}} - \frac{1}{T_{\oplus}},$$

bu ýerden planetanyň siderik döwri:

$$T_{pl} = \frac{T_{\oplus} \cdot S_{pl}}{T_{\oplus} + S_{pl}} \quad \text{bolýar.}$$

Şu ýol bilen tapylan daşky planetalar üçin:

$$\frac{1}{S_{pl}} = \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T_{pl}},$$

bu ýerden $T_{\text{pl}} = \frac{T_{\oplus} \cdot S_{\text{pl}}}{S_{\text{pl}} - T_{\oplus}}$ bolýar.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Älemiň gurluşynyň geosentrik we geliosentrik taglymatlarynyň tapawudyny düşündiriň?
2. Planetalaryň ýyldyzlar fonundaky halkalaýyn hereketleri geliosentrik taglymat esasynda nähili düşündirilýär?
3. J.Bruno Älemiň gurluşyna degişli nähili täze pikirleri orta atdy?
4. Birunyň Älemiň gurluşy baradaky modelini çyzyp görkeziň.
5. Gün diametrine we massasyna görä Ýerden näçe esse uly?
6. Içki we daşky planetalar Günün daşynda hereketlenmek bilen, nähili konfigurasion ýagdaýlarda bolýar?
7. Planetalaryň sinodik döwürleri diýip nämä aýdylýar?
8. Planetalaryň siderik döwürleri olaryň sinodik döwürlerine görä nähili tapylýar?

8-nji TEMA. 22-§. Sutkanlyk we sutkanlyk-gorizontall paralaks. Gün sistemasynyň jisimlerine çenli bolan aralyklary kesgitlemek

1. Gün sistemasyna girýän jisimlere çenli (planetalar, Aý, maýda planetalar we başgalar) bolan aralyklar trigonometrik ýol bilen sutkanlyk paralaks diýilýän usulyň kömeginde tapylýar.

Asman jisiminden (M), gözegçi (K) dan geçen Ýeriň radiusynyň uçlaryna çekilen göni çyzyklaryň arasyndaky burç, şu asman jisiminiň (ýagtylgyjyň) *sutkanlyk paralaks burçy* (ol örän kiçi bolup, duga sekuntlarynda ölçelýär) diýilýär (29-njy surat).

Haýsy-da bolsa bir planetanyň sutkanlyk paralaks burçuny tapmak üçin bir wagtda, Ýeri mälim meridianyň iki nokadyndan (K we C) gözegçilik etmeli bolýar. Munda planeta uzakdaky ýyldyzlaryň fonunda paralaktik süýşen ýagdaýda iki (M_1 we M_2) nokatda görünýär. Eger ýagtylgyç gözegçä görä gorizontda ýerleşen (M_0 nokatda) bolsa (surata garaň), onuň paralaksyna *sutkanlyk gorizontall paralaks* (p_0) diýilýär. Planetanyň paralaktik süýşmegi esasynda onuň sutkanlyk gorizontall paralaksy – p_0'' burç tapylyp, oňa daýanmak bilen, planeta çenli bolan L aralyk

M_0OK gönüburçly üçburçlukdan aşakdaky ýaly tapylýar:

$$\sin p_0'' = \frac{R_{\oplus}}{L},$$

mundan $L = \frac{R_{\oplus}}{\sin p_0''} = \frac{206265}{p_0} \cdot R_{\oplus}$, çünki

p_0 – sekuntly dugalarda ölçelenden:

$\sin p_0'' = p_0 \cdot \sin 1''$, $\sin 1'' = \frac{1}{206265}$ diýip

ýazmak mümkin, bu ýerde R_{\oplus} – Ýeriň radiusyny aňladýar.

2. Şol bir wagtda Gün sistemasynyň jisimlerine çenli bolan aralyklary radiolokasion usulyň kömeginde hem örän uly takyklykda tapmak mümkin.

Munda Ýerden käbir planeta çenli goýberilen radiosignalyň (elektromagnit tolkun) oňa baryp gaýdyp gelmegi üçin giden wagtda t bolsa, onda onuň geçen ýoly $2L$ bolýandygyny hem-de radiotolkunyň ýaýraýyş tizligi ýagtylyk tizligi c bilen birmeňzeşligini hasaba alyp, $c = \frac{2L}{t}$ diýip ýazmak mümkin. Munda asman jisimine çenli aralyk

$$L = \frac{ct}{2}$$

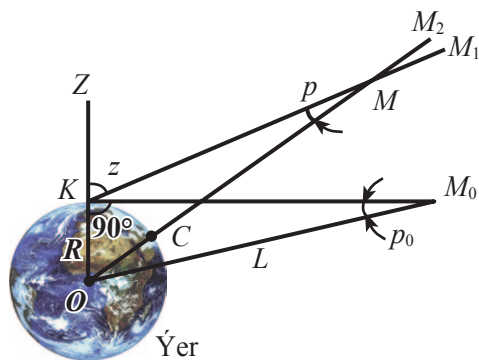
bolýandygy mälim bolýar.

Edil şu usul bilen Ýerden Gün sistemasynyň başga jisimlerine çenli bolan aralyklar, şol sanda, Güne çenli bolan aralyk (1 astronomik birlik = 149 598 500 km) örän uly takyklyk bilen tapylan.

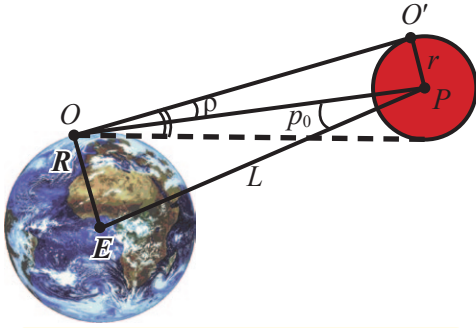
23-§. Gün sistemasynyň jisimleriniň radiuslaryny kesgitlemek **

Suratda getirilen planetanyň r radiusyny anyklamak üçin bu planetanyň sutkalyk p_0 parallaksy OEP gönüburçly üçburçlukdan (30-njy surat):

$$\sin p_0 = \frac{OE}{OP} = \frac{R_{\oplus}}{L}$$



29-njy surat. Ýagtylgyçlaryň sutkalyk (p) we sutkalyk gorizont (p_0) parallaksy



30-njy surat. Gün sistemasynyň jisimleriniň radiuslaryny hasaplamagyň usullary.

bolýar. OPO' gönüburçly üçburçlukdan planetanyň görünme radiusy ρ :

$$\sin \rho = \frac{O'P}{OP} = \frac{r}{L} \text{ bolýar, bu ýerden}$$

r -i tapsak, ol: $r = L \sin \rho$. Indi L -i öňki paragrafda tapylan bahasyny bu deňlemä goýup, planetanyň (r) radiusyny aşakdaky ýaly anyklamak mümkin:

$$r = L \sin \rho = \frac{R_{\oplus}}{\sin p_0} \sin \rho .$$

bu ýerde p_0 we ρ burçlar sekuntly dugalarda ölçelenliginden, planetanyň radiusy, Ýeriň radiusyny R_{\oplus} birliginde aşakdaky

$$r = \frac{R_{\oplus}}{p_0''} \rho''$$

aňlatmadan tapyp bileris, çünki $\sin p_0'' = p_0 \cdot \sin 1''$, $\sin \rho'' = \rho \cdot \sin 1''$.

Eger-de asman jisiminiň görünme radiusy ýeterliçe uly bolsa (meselem, Aý üçin), oňa çenli aralyk:

$$r = \frac{R_{\oplus} \cdot 206265}{p_0} \cdot \sin \rho \text{ dan tapylýar.}$$

Soraglar we ýumuşlar:

1. Gün sistemasyndaky käbir jisimiň parallaks burçy diýip nähili burça aýdylýar?
2. Gün sistemasyndaky jisimlere çenli bolan aralyklar nähili tapylýar?
3. Radiolokasion usulyň kömeginde asman jisimlerine çenli bolan aralyklar nähili tapylýar?
4. Gün sistemasyna girýän jisimleriň ölçegleri (radiuslary) nähili tapylýar? Munuň üçin ilki olaryň nähili parametrlerini anyklamaly?
5. Planetalaryň sutkalyk gorizont parallaxsy (p_0) we görünme radiuslaryna (ρ) görä olaryň radiuslaryny (r) hasaplamagyň formulasyny ýazyň.

9-njy TEMA. 24-§. Astronomiýada uzynlyk ölçeg birlikleri

Astronomiýada uzynlygy Halkara sistemada kabul edilen birlikde (metrlerde) aňlatmak elmydama amatly bolubermeyär. Şonuň üçin hem astronomiýada uzynlyk, onuň ber birliklerinden daşary, ýene aşakdaky mahsus birlikler bilen hem ölçelýär:

1. **Astronomik birlik (a.b.)** – Günden Ýere çenli bolan ortaça aralyk takmynan 149,6 million kilometre deň. Bu birlikden, esasan, Gün sistemasyndaky asman jisimlerine çenli (planetalar, kometalar, Aý we başgalar) bolan aralyklary aňlatmakda peýdalanylýar.

2. **Ýagtylyk ýyly (y.y.)** – ýagtylygyň bir ýylda geçen ýoly bilen häsiýetlenýär. Munuň üçin 1 ýyly sekuntlarda aňladyp, soňra ýagtylyk tizligine köpeltmelidiris. Onda 1 ýagtylyk ýyly (1 ý.ý.) $9,46 \cdot 10^{15}$ km-e deňligini anyklaýarys. Tapylan netijäni 149,6 mln. km-e bölsek, 1 ý.ý.-nyň astronomik birliklerdäki bahasyny tapýarys. Ol 63240 a.b.-ge deň çykýar.

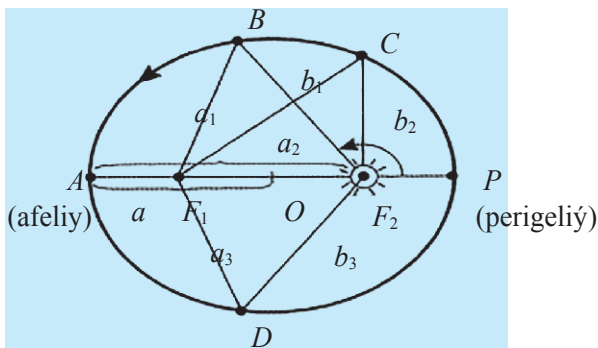
3. **Parsek (pk)** – «parallaks» we «sekunt» sözlerinden alnan bolup, ýyllyk parallaksy $1''$ -e deň bolan ýagtylygyja çenli aralygy aňladýar:

$$1 \text{ pk} = 3,26 \text{ y.y.} = 206265 \text{ a.b.} = 30,86 \cdot 10^{12} \text{ km.}$$

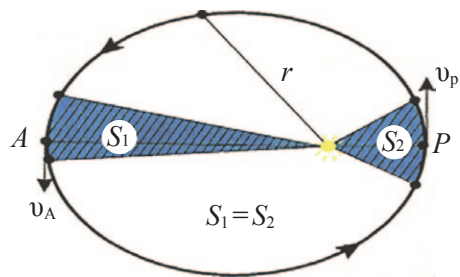
Adatda, uzynlygyň ýagtylyk ýyly, parsek, kiloparsek (1000 pk) we megaparsek ($\text{Mpk} = 10^6 \text{ pk}$) birlikleri, Gün sistemasyndan daşardaky asman jisimlerine çenli (ýyldyzlar, ýyldyz sürüleri, ümürlükler we başgalar) aralyklary, şonuň ýaly-da, daşky galaktikalar, galaktik sürüleriň ölçegleri we olaryň arasyndaky aralyklary ölçände ulanylýar.

25-§. Kepleriň kanunlary

XVI asyrdan planetalaryň hereketlerine gözegçilik edip, olaryň orunlaryny anyk kesgitlemekde daniýaly alym Tiho Brage (1546–1601) uly üstünlik gazanypdyr. Ol özüniň astronomik gözegçilik abzallarynyň kömeginde ýagtylygyçlaryň asmandaky orunlaryny örän uly takyklykda kesgitlemegi başardy. Bu takyklyk $2'$ -i düzdi. Ömrüniň ahyrky ýyllaryny Pragada geçirýän Brage şägirdlige nemes astronomy Kepleri teklipti. Kepler teklibi kabul edip, Praga göçüp gelýär. Ýöne köp geçmän halypasy Brage aradan çykýar we onuň gymmatly gözegçilik materiallary ynamly şägirdi Kepleriň elinde galýar.



31-nji surat. Planetanyň ellips boýunça hereketi.



32-nji surat. Planetanyň radius-vektorlarynyň deň wagtlarda çyzan deň meýdanlary.

Kepler köp ýyllyk hasaplamalar netijesinde Ýeriň Günden uzaklygy we Mars bilen Günüň arasyndaky aralyklary anyklap, Marsyň Günüň daşyndaky orbitasynyň ellips diýilýän ýapyk egri çyzykdygyny tapdy. Ellipsiň häsiýetli ýeri şundan ybarat, ýagny onuň islendik nokatlarynyň (B , C , D) ellips fokuslary diýilýän iki nokadyndan uzaklyklarynyň (31-nji surat) jemi hemişelik ululyk:

$$a + b_1 = a_2 + b_2 = a_3 + b_3 = 2a = \text{const}$$

bolup, ondaky F_1 we F_2 nokatlara *ellipsiň fokuslary* diýilýär. Ellipsdäki bir-birinden iň uzak nokatlaryny utgaşdyrýan we fokuslar arkaly geçýän kesimi bolsa, onuň *uly oky* ($2a$) diýlip, Gün bilen planetanyň arasyndaky ortaça aralyk şu okuň ýarysyna deň bolýar we *uly ýarym ok* (a) diýilýär. Sähel kem 24 ýyllyk gözegçilik netijelerini umumylaşdyryp, Kepler planetalaryň hereketine degişli aşakdaky üç kanuny açyş etdi:

1. Her bir planeta Günüň daşynda ellips boýunça aýlanýar we şu ellipsiň fokuslarynyň birinde Gün ýatýar.

2. Planetalaryň radius-vektorlary (planetany Gün bilen utgaşdyrýan kesim) deň wagtlar içinde deň meýdanlary çyzýar (32-nji surat).

3. Islendik iki planetanyň Günüň daşynda aýlanma siderik (hakyky) döwürleriniň kwadratlarynyň gatnaşygy, olaryň orbitalary uly ýarym oklarynyň kublaryna gatnaşygyna deň bolýar, ýagny

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

bu ýerde: a_1, T_1 – 1-nji planetanyň uly ýarym oky we döwri; a_2, T_2 – 2-nji planetanyň uly ýarym oky we döwri. Bu aňlatma gözegçilik etmekden anyklanan islendik planetanyň döwürüne (T) görä, Günden oňa çenli bolan ortaça aralygy (a) tapmakda astronomlara örän kömek etdi, ýagny (bu ýerde $T_2 = T_{\oplus} = 1$ ýyl, $a_2 = a_{\oplus} = 1$ a.b.):

$$T^2 (\text{ýyl}) = a^3 (\text{a.b.}).$$

26-§. Asman jisimleriniň massalaryny hasaplamak *

Ýeriň massasy we dykzlygy. Nýutonyň bütindünýä dartýşma kanuny ähli asman jisimleri üçin möhüm häsiýetli ululyk – massalaryny hasaplamaga mümkinçilik berýär. Hususan-da, şu kanun esasynda Ýeriň massasyny hasaplaýan bolsak, onda Ýeriň erkin gaçma tizlenmesi bilen massasynyň arasyndaky aşakdaky baglanyşykdan peýdalanylýar, şony ýazyp bileris:

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

bu ýerde: M – Ýeriň massasyny R – onuň radiusyny; G – grawitasion hemişeligi häsiýetlendirişini hasaba alyp, olaryň bahalaryna; ($g=9,8 \text{ m/s}^2$, $R=6370 \text{ km}$, $G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$) görä tapylan Ýeriň massasy $M=6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

Indi gönüden-göni asman jisimleriniň massalaryny hasaplamaga durup geçsek, ony anyklanda Kepleriň Nýuton tarapyndan umumlaşdyrylan (ýa-da anyklanan) şu III kanunyndan peýdalanylýar:

$$\frac{T_1^2 (M_{\odot} + m_1)}{T_2^2 (M_{\odot} + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

bu ýerde: T_1 we T_2 – Günüň daşynda aýlanýan islendik iki planetanyň siderik döwürlerini (ýagny Günüň daşynda hakyky aýlanma döwürlerini), M – Günüň massasyny, m_1 we m_2 – ýada salnan iki planetanyň massalaryny, a_1 we a_2 -lar bolsa degişlilikde, olaryň orbitalary uly ýarym oklaryny aňladýar.

Bu kanunyň uniwersallygyndan peýdalanylýar, şu esasyda başga käbir planetanyň massasyny anyklamak üçin hem Kepleriň anyklanan III kanunyndan peýdalanylýar. Munda massasy tapylmagy niýetlenen planetanyň hemrasy bilen Ýeriň hemrasyň hereketi (döwürleri we orbitalarynyň uly ýarym oklary) deňeşdirilýär, ýagny

$$\frac{T_{\text{pl}}^2}{T_{\oplus}^2} \cdot \frac{m_{\text{pl}} + m_1}{m_{\oplus} + m_2} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

bu ýerde: T_{pl} we T_{\oplus} – planeta we Ýer hemralarynyň aýlanma döwürlerini m_{pl} we m_{\oplus} – planeta we Ýeriň massalaryny, m_1 we m_2 – degişlilikde, olaryň hemralarynyň massalaryny; a_1 we a_2 bolsa planeta we Ýeriň hemralarynyň (tebigy ýa-da emeli) orbitalarynyň uly ýarym oklaryny aňladýar.

Adatda, planetalaryň massalaryna görä olaryň hemralarynyň massalary örän kiçi bolanyndan (Ýer we onuň tebigy hemrasy – bu Aýa degişli däl), m_2 ornuna Ýeriň emeli hemrasynyň massasyny alsak, onda $m_{\text{pl}} \gg m_1$, $m_{\oplus} \gg m_2$ diýip ýazmak mümkin. Onda ýokardaky formula (m_1 we m_2 hasaba almanda);

$$\frac{m_{\text{pl}}}{m_{\oplus}} = \left(\frac{a_1}{a_2} \right)^3 \cdot \left(\frac{T_{\oplus}}{T_{\text{pl}}} \right)^2$$

görnüşi alýar, bu ýerde T_{\oplus} we T_{pl} hem-de a_1 we a_2 parametrleri, degişlilikde, planeta we Ýeriň emeli hemrasyna degişli.

Günüň massasyny hem Ýeriň massasynyň birliklerinde şu ýol bilen aňsat hasaplamak mümkin:

$$\frac{T_{\oplus}^2}{T_{\text{e.h.}}^2} \cdot \frac{M_{\odot} + m_{\oplus}}{m_{\oplus} + m_{\text{e.h.}}} = \frac{a_{\oplus}^3}{a_{\text{e.h.}}^3} \text{ dan}$$

$$\frac{M_{\odot}}{m_{\oplus}} = \left(\frac{T_{\oplus}}{T_{\text{e.h.}}} \right) \cdot \left(\frac{a_{\oplus}}{a_{\text{e.h.}}} \right)^3 \text{ ýa-da } M_{\odot} = \left(\frac{a_{\oplus}}{a_{\text{e.h.}}} \right)^3 \cdot \left(\frac{T_{\oplus}}{T_{\text{e.h.}}} \right)^2 \cdot m_{\oplus}$$

aňlatmadan peýdalanylýar, bu ýerde: M_{\odot} we m_{\oplus} – Gün we Ýer massalaryny; T_{\oplus} we a_{\oplus} – Ýeriň Günüň daşynda aýlanma döwri we orbitasynyň uly ýarym okuny; $T_{\text{e.h.}}$ we $a_{\text{e.h.}}$ lar bolsa, Ýer emeli hemrasynyň döwrüni we orbitasynyň uly ýarym okuny aňladýar.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Ellips diýip nähili ýapyk egri çyzyga aýdylýar?
2. Kepleriň birinji we ikinji kanunlaryny kesgitläň.
3. Kepleriň üçünji kanunynda planetanyň döwri onuň orbitasynyň uly ýarym oky bilen nähili baglanan?

- Kepleriň umumlaşdyrylan III kanunynyň matematiki aňlatmasyny ýazyp düşündiriň. Gün sistemasynyň jisimleriniň massalary bu kanun esasynda nähili hasaplanýar?
- Günüň massasy Ýeriň massasynyň birliklerinde nähili tapylýar?

10-njy TEMA. 27-§. Iki jisim meselesi. Kosmos tizlikleri

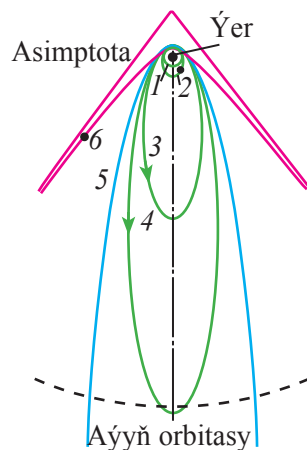
Nýuton tebigatda bütindünýä dartýşma kanuny barlygy sebäpli planetalar Kepleriň kanunlaryna görä Günüň daşynda aýlanýandygyny subut edýär. Bu kanunlar Nýuton tarapyndan ýene-de anygrak görnüşe getirildi. Anyk şertlerde käbir jisim başga jisimiň dartýşma meýdanynda Kepleriň nygtaýşy ýaly, diňe bir ellips boýunça däl, eýsem töwerek, parabola we giperbola ýaly konus kesimlerini berýän egri çyzyklar boýunça hem hereketlenýändigini subut etdi.

Hususan-da, ol massasy Ýeriňki ýaly bolan bir jynsly, ideal sferik şekildäki jisimiň üstünden mälim başlangyç tizlik bilen gorizonta ugurda zyňlan jisim (33-nji surat) Ýeriň dartýşma meýdanynda onuň daşynda Ýeriň radiusyna deň aralykdaky aýlanma orbita çykarylmany mümkinligini nygtady. Munda başlangyç tizligiň ululygy. Ýeriň radiusyna we massasyna bagly bolup,

şu

$$v_0 = \sqrt{\frac{GM_{\oplus}}{R_{\oplus}}}$$

formuladan tapylýar. Bu ýerde G – grawitasion hemişelik bolup, onuň bahasy $6,67 \cdot 10^{11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$ bilen häsiýetlenýär. Ýeriň R_{\oplus} – ortaça radiusy 6370 km, M_{\oplus} – massasy $6 \cdot 10^{24}$ kg-a deň. Bu ululyklary formula goýup hasaplanda v_0 başlangyç tizlik $7,91 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ -e deň bolup, oňa Ýer üçin *birinji kosmos tizligi* diýilýär. Bu diýeni, atmosferasy ýok, massasy Ýer ýaly bir jynsly, ideal sferik formadaky jisimiň üstünden gorizonta ugurda birinji kosmos tizligi bilen görterilen raketa, onuň daşyndaky aýlanma orbita çykyp bilýändigini aňladýar. Aslynda Ýer atmosferasynyň barlygy sebäpli ondan $h=150$ km-den kem bolmadyk beýiklige gorizonta



33-nji surat. Ýer dartýşma meýdanynda jisimleriň hereket traýektorijalary.

ugurda çykan jisimiň tizligi diňe $v = \sqrt{\frac{GM}{R_{\oplus} + h}}$ -a deň bolanda ol Ýeriň emeli hemrasy töwerek boýunça hereketlenýär (33-nji suratda 1 bilen görkezilen).

Eger-de Ýeriň üstünden göterilen emeli hemranyň başlangyç tizligi birinji kosmos tizliginden uly bolsa, emeli hemra orbitasynyň şekli ellips görnüşinde bolýar (33-nji surat – 2, 3, 4). Başgaça aýdanda, başlangyç tizligiň bahasy diňe

$v_0 = \sqrt{\frac{2GM}{R_{\oplus}}}$ gazanandan soň, emeli hemra Ýeriň daşynda oňa görä parabolik traektoriya boýunça hereketlenýär (33-nji surat 5). Şeýle tizligiň ululygy $11,2 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ ýagny $(7,91 \times 1,41) \frac{\text{km}}{\text{s}}$ bolup, oňa *ikinji kosmos tizligi* diýilýär.

Emeli hemranyň başlangyç tizligi $11,2 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ -dan geçensoň, ol Ýere görä *giperbolik traýektoriya* boýunça hereketlenip başlaýar (33-nji surat 6). Şeýle emeli hemra Ýerden çäksizlikde hereketlenmek bilen, onuň traýektoriyasy barha giperbolanyň asimptotasyna ýakynlaşyberýär. Diýmek, onuň çäksizlikdäki traýektoriyasyny göni çyzykly traýektoriya diýip garamak mümkin bolýar.

Munda gürrüň iki jisimiň (Ýer we daşynda geosentrik traýektoriya boýunça hemrasy) üstünde edilip, Gün sistemasynyň başga planetalary, hatda Günň hem, Ýeriň golaýynda hereketlenýän jisime (şol sanda, emeli hemra) täsiri sebäpli emeli hemranyň alýan daşlaşdyryjy tizlenmesi Ýeriň täsirinde alýan tizlenmesinden örän kiçi bolýar. Munda dartýşma meýdanynda hereketlenýän jisimiň traýektoriyasynyň fokusynda ýerleşen ideal sferik formadaky bir jynsly jisimiň grawitasiýa meýdany, aýratyn häsiýete eýe bolan *dartýşmanyň merkezi meýdany* ady bilen atlandyrylýar. dartýşmanyň merkezi meýdany berýän jisimiň massasy onuň merkezi nokadynda jemlenen diýip garalýar.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Dartýşma meýdanynda hereketlenýän jisimiň traýektoriyalary nähili görnüşde bolýar?
2. Dartýşma meýdanynda hereketlenýän jisimiň birinji we ikinji kosmos tizlikleri nähili formulalardan tapylýar?
3. Dartýşmanyň merkezi meýdany bolup nähili jisimiň meýdany kabul edilen?

III BAP. ASTROFIZIKA WE ONUŇ BARLAG METODLARY

11-nji TEMA. 28-ş. Asmany elektromagnit tolkunly şöhlelerde öwrenmek – giň tolkunly astronomiýanyň esasy

Asman jisimleriniň fiziki tebigatlaryna degişli alan bilimlerimiz, olardan gelyän optiki we başga diapazonlara degişli elektromagnit şöhleleriň kömeginde gazanylan. Olardan gelyän şöhleler, bir tarapdan, üznüksiz çykarylman aýratyn kwantlar, hususy energiýa eýe bölejikler görnüşinde çykarylýar. Göze görünýän şöhleleriň kwantlary 2–3 eV energiýa eýe bolup, astrofizikada ulanylýan şöhleleriň kiçi bir ugruny eýeleýär. Ikinji tarapdan, olar elektromagnit tolkun görnüşinde bellik edilýär. Wakuumda şöhlenenmäniň ähli görnüşlerine degişli bu elektromagnit tolkunlar birmeňzeş – $3 \cdot 10^8$ m/s tizlik bilen ýaýraýar. Şöhlenenmäniň tolkun hökmünde ýaýramagynda, onuň interferensiya we difraksiya hadysalarynda ýüze çykanlygy sebäpli, ony hem islendik tolkun ýaly häsiýetlendirip, ν ýygylgy we λ tolkun uzynlygy köpeltmek hasylyny tolkunlyň ýaýraýyş tizligine deň görnüşde, ýagny:

$$\nu\lambda = c$$

diýip ýazmak mümkin, bu ýerde c – ýagtylygyň tizligini häsiýetlendirýär.

Ýörite esbapyň kömeginde elektromagnit yrgyldylary dürli tolkun uzynlykly spektre bölmek mümkin. Ýagtylyk şöhlesi dury üçburçly prizma arkaly geçirilende, ol hut şeýle düzüjilere bölünip, onda tertip bilen yzygider ýerleşen şöhleler öwürýär. Şeýle ak şöhleden ybarat şöhläniň reňkleri olaryň tolkun uzynlyklary bilen anyklanýar. Adamyň normal gözi takmynan 0,4 mkm-dan (melewşe şöhle) 0,7 mkm çenli (gyzyl şöhle) gowy görýär. Optiki şöhleler diýlip atlandyrylýan bu şöhleler elektromagnit şöhlenenmäniň ýekeje görnüşi bolup, olaryň ählisiniň toplumy bilelikde elektromagnit tolkunlarynyň şkalasyny düzýär. Bu şkaladaky iň gysga tolkun uzynlykly şöhlenenmeler *gamma-şöhleler* bolup, iň uzyny bolsa *radiotolkunlar* diýilýär.

Mälim bolşy ýaly, Ýer atmosferasy, göze görünýän elektromagnit (optiki) şöhleler, şonuň ýaly-da, göze bölekleýin görünýän ultramelewşe we infragyzyly hem-de radiodiapazonyň millimetrli zolagyndan tä 10–20 metrli bölegine çenli

bolan diapazondaky şöhleler üçin dury hasaplanýar. Elektromagnit tolkunlaryň galan ähli bölekleri, Ýer atmosferasynyň dürli gatlaklarynda güýçli siňdirilip Ýeriň üstüne çenli ýetip gelip bilmeýär.

Fotografiýa oýlanyp tapylýança, diňe gözegçiniň gözi ýagtylgyçlaryň şöhlenenmesini bellik edýän ýeke-täk tebigy gurluş bolupdy. Şöhlenenmeleri bellik edýän fotografik usul işe düşensoň, mahsus fotografik we fotoelektrik gurluşlaryň kömeginde Ýeriň atmosferasynda siňdirilip galýan ultramelewşe we infragyzyz diapazona degişli bir bölek şöhlenenmeleri hem bellik etmäge mümkinçilik döredi.

Geçen asyryň 30–40-njy ýyllarynda radiotehnikanyň ösüşi sebäpli kosmiki radioşöhlenenme çeşmeleri açyldy. Netijede biziň Älem baradaky bilimlerimizi giňeldýän astronomiýanyň radioastronomiýa bölümi işe düşdi.

XX asyryň ikinji ýarymynda bolsa, kosmonawtikanyň «döremegi» emeli hemralary Ýeriň daşyndaky orbitasyna çykarylmagyna we olara ornaşdyrylan gurluşlaryň kömeginde gysga tolkunda (*rentgen we gamma*) şöhlenenýän obýektleriň tapylmagyna getirdi. Şu sebäpli ahyrky on ýyllyklarda, kosmiki stansiýalara ornaşdyrylan mahsus *rentgen we gamma teleskoplaryň* kömeginde tapylan ençeme kuwwatly çeşmeleri öwrenmäge mümkinçilik emele geldi.

Astrofizikada uzak ultramelewşe we infragyzyz diapazonlardaky ýaly, rentgen we gamma diapazonlarda hem asman obýektlerini sistemaly öwrenmek başlandy. Netijede, bu günki astronomiýa *giň tolkunly astronomiýa* öwrüldi.

29-ş. Optiki teleskoplar

Astronomlaryň iň möhüm gözegçilik guraly teleskoplardyr. Teleskoplar asman jisimleriniň görünme burçlaryny ulaldyp hem-de olary birnäçe esse aýdyňlaşdyryp görkezýär. Şonuň üçin hem teleskoplaryň kömeginde asmana garalanda, Ýere ýakyn ýerleşen asman jisimleriniň (Gün, planetalar we Aýyň) üstünde göze ilmeýän detallaryny we ölçüsiligi sebäpli göze görünmeýän ençeme ýyldyzlary görmek mümkin boldy.

Teleskoplaryň esasy bölegi *obýektiv* diýlip atlandyrylyp, ol güberçek dury linzadan ýa-da oýuk sferik aýnadan ýasalýar (*34-nji we 35-nji suratlar*). Obýektiv gözegçilik edilýän asman jisiminden gelýän şöhläni ýygyp, şu jisimiň teswirini ýasaýar. Asman jisiminiň obýektiv tarapyndan alna teswiri *okulýar* diýip atlandyrylýan linza arkaly görülýär. Häzirki zaman teleskoplarynda

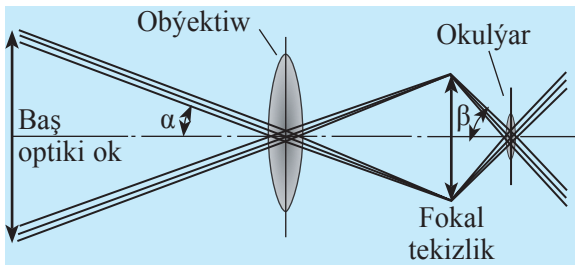
obýektiw ýasan teswir köplenç fotoplastinkalarda ýa-da sifrlí (SSD) gurluşlarda bellik edilýär.

Eger teleskopyň obýektiwi linzadan ýa-da linzalar sistemasyndan düzülen bolsa, şeýle teleskopa *refraktor* diýilýär. Refraktorda şöhläniň ýoly 34-nji suratda görkezilen. Obýektiwi oýuk sferik aýnadan ybarat bolan teleskopa bolsa *reflektor* diýilýär. Dürli hili reflektorda çeşmeden gelýän şöhläniň ýoly 35-nji suratda görkezilen.

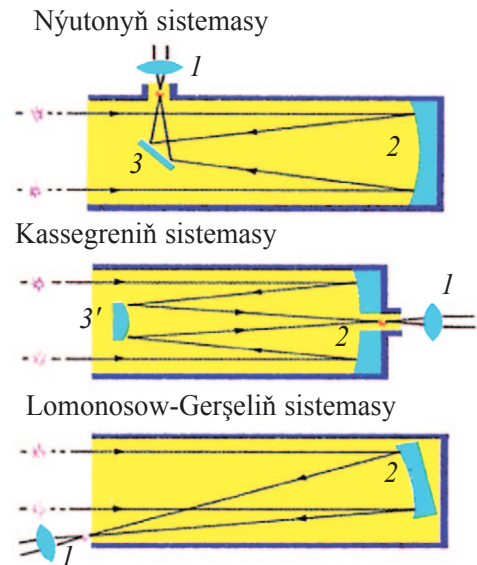
Teleskoplaryň esasy wezipelerini aşakdaky ýaly kesgitlemek mümkin:

1. Ýagtylgyçdan gelýän şöhlenenmäni bellik etmek (göz, fotografik plastinka, fotoelektrik bellik ediji, spektrograf we başgalaryň kömeginde).
2. Obýektiwiň fokal tekizliginde, gözegçilik edilýän ýagtylgyjyň ýa-da islendik asman jisiminiň aýdyňlaşdyrylan teswirini ýasamak.
3. Ýaraglanmadyk göz bilen garalanda, bölüp görüp bolmaýan, özara örän kiçi duga aralykda ýerleşen obýektleri aýry görkezmek.

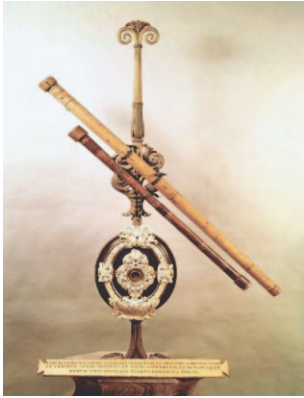
Indi ýönekeý refraktoryň işleýiş prinsipi bilen tanyşalyň. Munda teleskopyň obýektiwi ýagtylgyçdan gelýän şöhläni onuň F fokusynda ýygýar we şu nokatdan baş optiki oka dik geçýän tekizlikde (fokal tekizliginde) ýagtylgyjyň teswirini ýasaýar. Ýasalan teswire lupanyň roluny oýnaýan güberçek linzanyň (okulýar) kömeginde garap, gözegçilik edilýän asman jisiminiň (planeta, Aý ýa-da Gün) burç ölçegini ulandygyny görýäris. Diýmek, teleskop bize garalýan asman jisimi-



34-nji surat. Linza teleskopyň (refraktoryň) gurluşy (şöhläniň ýoly).



35-nji surat. Aýnaly teleskop (reflektor)laryň gurluşy: 1 – okulýar; 2 – obýektiw; 3 – ýasy aýna; 3' – güberçek aýna.



36-njy surat. Galileý ýasan birinji teleskop-refraktor.



37-nji surat. Demirgazyk Kawkazdaky aýnanyň diametri 6 metrlik teleskop-reflektor minarasynyň görnüşi.

ni hem röwşenleşdirip, hem ulaldyp berýändigine şaýat bolarys. Ýasalan **teswiriň röwşenleşiji**, teleskopyň obýektiwiň diametrine we fokus aralygyna, has takygy, olaryň $\left(\frac{D}{F}\right)^2$ gatnaşygyna bagly bolmak bilen, **onuň ulaldyşy** obýektiwiň we okulýaryň fokus aralyklarynyň $\frac{F}{f} = \frac{\beta}{\alpha}$ gatnaşygyna bagly bolýar. Teleskopyň teswiriň tapawutlandyрма aýratynlygy λ/D bilen häsiýetlenýär. Bu

ýerde λ şöhläniň tolkun uzynlygyny, D bolsa teleskop obýektiwiň diametrini häsiýetlendirýär.

Teswiri fotoplastinka ýa-da fotoelektrik ýol bilen bellik etmäge niýetlenen bolsa, onda okulýar gerek bolman, fotoplastinkanyň ýa-da elektrofotometriň giriziş difragmasy gönüden-göni teleskopyň fokal tekizliginde ýerleşdirilýär.

Birinji refraktor meşhur italyan alymy G.Galileý tarapyndan 1610-njy ýylda işe düşürildi (36-njy surat). Birinji reflektory bolsa 1648-nji ýylda görnükli iňlis alymy I.Nýuton ýasapdyr.



38-nji surat. Diametri 8 metrlik teleskopyň aýnasynyň sehde timarlanýşy.

Dünýädäki iň iri refraktoryň obýektiwiniň diametri 1 metr bolup, ol ABŞ-da gurlan. Beýlekilerden iri reflektorlardan biri – aýnasynyň diametri 6 metr bolup, Demirgazyk Kawkazda ornaşdyrylan (37-nji surat). Özbegistanda iň iri refraktor teleskopy (goşa astrograf) Kitap şäheriniň golaýyndaky öňki Halkara giňlik stansiýasynda ýerleşen. Onuň obýektiwiniň diametri 40 sm. Kaşgaderýa welaýatynyň Kamaşi tümeniniň çäginde takmynan 3000 metr beýiklikdäki Maýdanak daglarynda iri astronomik obserwatoriýa gurlan bolup, ol ýerde ornaşdyrylan reflektoryň diametri 1,5 metr.

30-§. Teleskoplaryň esasy karakteristik ululyklary **

Teleskopyň aýratynlygyny häsiýetlendirýän esasy parametrler, onuň obýektiwiniň diametri D we fokus aralygy F bolup, obýektiw ýygýan ýagtylyk akymy:

$$\Phi = ES = E\pi R^2$$

bolýar, bu ýerde: E – obýektiwiň ýagtylandyrylanlygyny; S – meýdanyny; R bolsa onuň radiusyny häsiýetlendirýär.

Teleskopy başga bir häsiýetlendirýän parametri *otnositel deşik ýa-da ýagtylyk güýji* diýlip, ol $A = \frac{D}{F}$ aňlatma bilen kesgitlenýär. Obýektiw ýasan nokatlanç bolmadyk obýektiň teswiriniň ýagtylandyrylanlygy

$$E_T = k \left(\frac{D}{F} \right)^2 = kA^2$$

bolup, *otnositel deşigiň kwadratyna proporsional* bolýar. Ýöne teleskopyň *otnositel deşigini islendikçe uly etmäge baş optiki okdan daşary aberrasiýanyň emele gelmegi päsgel berýär*. Şonuň üçin hem reflektorda *otnositel deşigi 0,33 çenli, aýnaly-linzaly teleskoplarda bolsa diňe 1-e çenli almak mümkin*.

Wizual teleskoplaryň başga bir esasy karakteristikasy teleskopyň *ulaldyşy* bolup, ol obýektiwiň F fokus aralygynyň f okulýaryň fokus aralygyna gatnaşygy bilen tapylýar:

$$k = \frac{F}{f} = \frac{\beta}{\alpha},$$

bu ýerde: α – ýagtylgyjyň ýönekeý göz bilen garalandaky görnüş burçuny β – teleskop arkaly garalanda onuň görnüş burçuny häsiýetlendirýär (34-nji surata garaň). Mälim obýektiwli teleskopda onuň ulaldyşy saýlanan okulýaryň fokus

aralygyna bagly bolup, ol aralyk näçe kiçi bolsa şonça uly ulaltma gazanylýar. Ýöne bu mälim obýektiw üçin islendikçe kiçi fokus aralykly okulýary ulanyp, teleskopda islendikçe ulaltmany gazanmak mümkin diýeni däl. Çünki ulaltma artdygy saýyn, teleskopda görün meýdany onda ýasalan teswir üçin darlyk edip galýar. Meselem, 30 esse ulaldýan teleskopda, diametriniň duga ölçegi 32' bolan Aý bütinleý görünse, 300 esse ulaldýan teleskopda onuň görünüş meýdany Aýyň üstüniň diňe bir bölegini (ep-esli maýda detallary bilen, elbetde) sygdyryp bilýär. Şu sebäpli mälim teleskopda, maksimal peýdaly ulaltmany gazanmak üçin, fokus aralyklary anyk baha bilen çäklenen okulýardan peýdalanylýar. Normal teleskoplaryň maksimal peýdaly ulaltmasy, millimetrlerde hasaplanan obýektiwiň diametrinden takmynan iki esse uly bolýar.

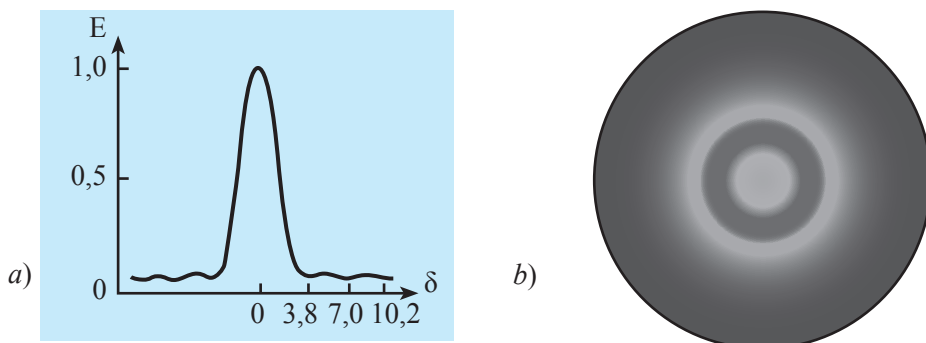
Teleskopy häsiýetlendirýän ýene bir möhüm parametr onuň burçy *tapawutlandyryp bilijilik güýji* diýlip, teswiriň hilini häsiýetlendirýär. Bir seredende, göýä teleskop näçe köp ulaltsa, teswirde gözegçilik edilýän obýektiň şonça maýda detallaryny görmek mümkin ýaly duýulsa-da, aslynda difraksiýa hadysasy sebäpli, oň oňat hilli obýektiw hem nokatlanç obýektiň teswirini nokat görnüşinde ýasap bilmeýär.

Teleskopyň fokal tekizliginde nokatlanç teswiriň ornuna difraksion halkalar bilen gurşalan togalak tegmil emele gelip (*39-njy surat: a – teswiriň kontury; b – obýektiň teswiri*), bu togalak tegmiliň burçuň diametri

$$\delta = \frac{\lambda}{D}$$

aňlatma bilen radianda ölçelýär; bu ýerde: D – obýektiwiň diametrini; λ – ýagtylygyň tolkun uzynlygyny häsiýetlendirýär.

Eger teleskopda şöhlenenmäni bellik edýän (priýomnik) wezipesini göz ýerine ýetirýän bolsa, onuň tapawutlandyryp bilijilik güýjüni tapmak üçin λ ornuna gözün spektral duýgurlygynyň maksimumyna dogry gelen şöhlenenmäniň tolkun uzynlygy ($\lambda=5500\text{Å}$) alynýar. Eger-de şöhlenenme fotografik ýa-da fotoelektrik ýol bilen bellik edilýän bolsa, λ üçin, degişlilikde, fotografik emulsiýanyň ýa-da fotogüýçlendiriji katodynyň spektral duýgurlygy maksimumyna dogry gelen şöhlenenmeleriň tolkun uzynlyklaryndan peýdalanylýar. Ýöne şony-da aýtmak gerek, ýagny ýokardaky aňlatmadan tapylan δ -niň bahasy teleskopyň *nazary tapawutlandyryp bilijilik güýji* diýlip, amalda bolsa teleskopyň tapawutlandyryp bilijilik güýjüni obýektiden gelýän şöhle ugrundaky Ýeriň atmosferasy gatlak-



39-njy surat. Teleskopyň teswirinde nokatlanç çeşme röwşenliginiň paýlanyşy.

larynyň tolkunlanyşy emele getirýän teswir yrgyldysynyň titreme derejesi kesgitleýär. Titreme derejesi ýeriň astroklimat şertleri, teleskop minarasynyň ululygyna hem-de konstruksiýasyna we başga faktorlara bagly bolýar.

Bu ululyklar (λ we D) sm-larda ölçelende δ radianlarda çykýar. 1 radian $\sim 0,2'' \cdot 10^6$ duga sekundyna deň bolandan tapylan netije bu suňa köpeldilse, netije hem duga sekuntlarynda çykýar.

31-ş. Radioteleskoplar barada düşünje

Astronomiyada radioşöhlelenmeleri bellik etmek üçin radioteleskoplardan peýdalanylýar. Adatda, radioteleskoplar örän uly antennalara (olaryň uzyn tolkunlarda işlemegi muňa mümkinçilik berýär) eýe bolup, olar örän duýgur priýomniklere çatylan bolýar. Kabul edilen radiosignallar olarda güýçlendirilip, soňra mahsus elektron hasaplaýyş maşynlary bilen baglanan signallary bellik ediji apparaturalaryna iberilýär we olarda ýazyp alynýar.

Radioteleskoplaryň antennasy ýönekeý radioaragatnaşyk antennalaryndan tapawutlanyp, ýokary yönelenlik ukybyna eýe. Şu sebäpli olar asmanyň örän kiçi bölegindäki radioşöhlelenme çeşmelerini tapawutlandyryp görüp bilijilik mümkinçiligine eýe bolýar. Radioşöhlelenme üçin möhüm parametr hasaplanan teleskopyň tapawutlandyryp bilmek ukyby radioteleskoplarda hem optiki teleskoplardaky ýaly anyklanyp, λ/D (bu ýerde λ radiotolkun uzynlygyny, D bolsa radioteleskopyň aýnasynyň diametrini häsiýetlendirýär) aňlatma bilen tapylýar. Munda radiotolkunyň uzynlygy, optiki şöhleleriň tolkun uzynlygyndan millionlarça esse uly bolýar.

Öňki Soýüzyň Demirgazyk Kawkazda ornaşdyrylan radioteleskopynyň diametri 600 metr bolan üýtgeýän profilliniň antennasy (RATAN–600) Ýewropadaky iň iri teleskop hasaplanýar. Şonuň ýaly-da, şol bir wagtda ýokary tapawutlandyryp bilmek ukybyna eýe bolan radioteleskoplar, bir-birinden örän uly aralykda ýatýan antennalar sistemasynyň kömeginde hem amala aşyrylýar. Radioantennalaryň şeýle sistemasy esasynda işleýän *radioteleskoplar* radiointerferometrler diýip atlandyrylýar. Şeýle radioantennalar sistemasy bir-birinden örän uly aralykda (käte dürli Ýer kontinentlerinde) ýatyp, olar mälim radioobýekti bir wagtda gözegçilik etmek mümkinçiligine eýedir. Radioteleskoplaryň fokuslarynda ýygylan radiotolkunlaryň interferensiýa prosesi esasynda bellik edilenden uly tapawutlandyryp bilmek aýratynlygyny gazanýar.

Şol bir wagtda planetamyzda gaty duýgur radioteleskoplar işleýär. Aýnasynyň diametri 65 m (Awstraliýa), 76 m (Angliýa), 100 m (Germaniýa), 300 m (ABŞ) we 600 m (Russiýa) gelyän radioteleskoplar Älemiň tebigy radiostansiýalaryndan astronomlara «habar» berýär. *40-njy surat*da ABŞ-nyň Puerto-Riko adasynda ornaşdyrylan dünýäniň güýçli radioteleskopy görkezilen.

Özbeğistanyň çäginde Jyzzak welaýatynyň Zomin tümeni, dag eteginiň Supa diýen ýerinde metal aýnasynyň diametri 70 metr gelyän iri radioteleskop gurulýar (*41-nji surat*). Bu teleskop Älemiň «radioýüzüni» maýda detallary bilen görmäge mümkinçilik berýär.



40-njy surat. ABŞ-nyň Puerto-Riko adasynda ornaşdyrylan dünýäniň güýçli radioteleskopy.



41-nji surat. Jyzzak welaýatynyň Zomin daglarynyň eteginde gurulýan, metal aýnalý diametri 70 metrlik radioteleskop.

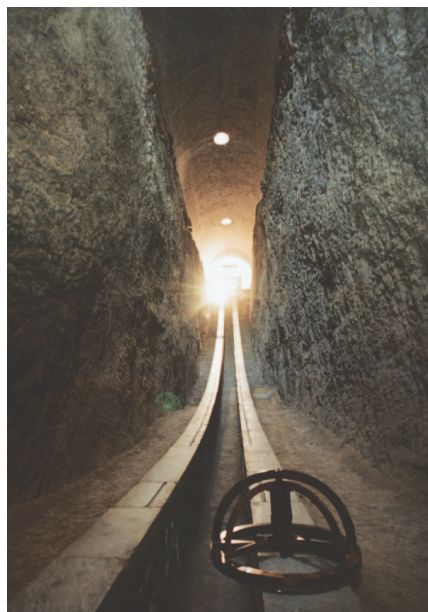
32-§. Ulugbegiň obserwatoriýasynyň «baş teleskopy»

Ulugbegiň obserwatoriýasy. Asman jisimlerini öwrenende beýik watandaşlarymyzyň hem hyzmatlary uly bolupdyr. Olardan biri – Emir Temuryň agtygy Mürze Ulugbekdir (1394–1449). XV asyryň ortalarynda Ulugbek Mawerennahryň görnükli astronomlaryndan Kazyzada Rummy, Jemşit Kaşylary Samarkanda tekliplip edip olar bilen asman jisimlerini barlaýan astronomik obserwatoriýa, şol sanda, iň iri gözegçilik esbaby – *sekstanty* gurmak boýunça maslahat edýär. Alymlar bir agyzdan bu pikiri makullanlaryndan soň, 1420-nji ýyllaryň başynda Samarkandyň Köhek diýen depeligiň üstünde radiusy 40,2 metre deň bolan astronomik gözegçilik esbabyny gurmaga başlaýarlar (*42-nji surat*). Bu esbabyň kömeginde alymlar Günüň, Aýyň we planetalaryň ýyllyzalaryň arasyndaky hereketlerini, münden artyk ýyllyzalaryň koordinatalaryny anykladylar we solar esasynda Mawerennahrdaky ýüzlerçe şäherleriň koordinatalaryny tapdylar. Şu esbabyň dugasynyň töwreginiň uzynlygynyň 1/6 bölegini, has takygy, 70°-ny tutup, sähel kem 50 metre deňdi.

Bu astronomik esbap Ýeriň üstünde 11 metre çenli çuňlukdan başlanyp, şu üstden göterilen, beýikligi bolsa 30 metre golaý. Esbabyň 1°-a deň dugasynyň uzynlygy 70,2 cm-e dogry gelip, ölçeg anyklygy 10"-li duga deňdi. Bu uly gözegçilik esbaby ýüz ýyllaryň dowamynda Samarkant «başdan geçiren» uruşlar netijesinde dargap weýran boldy we soňluk bilen yzсыз ýitdi.



Mürze Ulugbek.



42-nji surat. Ulugbegiň «teleskopy»nyň galyndy bölegi.

1908-nji ýylda arheolog W.L.Wýatkin tarapyndan onuň orny anyklanyp, toprakdan arassalanyp, onuň galyndylary hasaplanan ýerasty bölegi açyldy. Samarkantda ornashdyrylan bu iri «teleskop» minarasynyň daşky görnüşi aslynda nähili bolanlygy anyk bolman, alymlaryň arasynda çekişme heniz dowam edýär.

Ulugbegiň obserwatoriýasy orta asyrlarda dünýädäki bar obserwatoriýalaryň içinde iň irisi bolup, ölçeg takyklygy we haşamatlylygy bilen tapawutlanýar. Samarkant obserwatoriýasynda Ulugbekden daşary Jemşit Kaşy, Kazyzada Rummy, Moýiniddin Kaşy, Ali Guşçylar işläpdirdiler. Şu mekdebiň alymlarynyň mirasy mahsus «Zij»de açyp görkezilen.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Teleskoplar asman jisimini nädip ulaldýar we ýakynlaşdyrýar?
2. Teleskoplaryň nähili karakteristik ululyklaryny bilýärsiňiz?
3. Ulugbegiň obserwatoriýasynyň esasy gözegçilik esbasy nähili atlandyrylýar?
4. Ulugbegiň obserwatoriýasynda astronomlar tarapyndan ýerine ýetirilen esasy işler barada nämeleri bilýärsiňiz?

12-nji TEMA. 33-§. Şöhlenenme kanunlary we asman jisimleriniň fiziki tebigatlaryny spektral metodlaryň kömeginde öwrenmek

Köp asman ýagtylgyçlarynyň şöhlenenmeleri olar baradaky fiziki maglumatlaryň çeşmesi hasaplanýar. Olaryň şöhlenenme spektrini öwrenmek arkaly ýagtylgyjyň çeşmesiniň mukdar düzümi, temperaturasy, magnit meýdany, garaş çyzygy ugrunda hereket tizligi (şöhle tizligi) we olaryň başga fiziki häsiýetnamalaryna degişli maglumatlary almak mümkin. Şeýle usul *spektral analiz* diýlip atlandyrylyp, ol ýagtylygyň dispersiýa hadysasyna esaslanan. Hususan-da, gyzdyrylan jisimiň üstünden çykýan şöhlenenme energiýasy onuň absolýut temperaturasynyň 4-nji derejesinde proporsional. Onuň 1 m^2 boýunça çykýan energiýasy Stefan-Bolsmanyň kanunyna görä $\epsilon = \sigma T^4$ dan başlanýar, munda σ hemişelik $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ j}/(\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{s})$ -a deň.

Ýagtylyk şöhleleri elektromagnit tolkunlar ýaly ýaýraýar. Munda her bir reňkine bu tolkunlaryň mälum uzynlykdakysy dogry gelyär. Ýagtylyk şöhlesiniň spektrinde göze görünýän tolkun uzynlyklary gyzyl şöhlelerden melewşe

şöhlelere tarap takmynan 0,7 mkm-dan tä 0,4 mkm çenli barha kemelýär. Spektrde melewşe şöhlelerden soň durýan we göze görünmeýän ultramelewşe şöhleler, duýgurlygy bu şöhlelerde ýokary bolan fotoplastinkalarda bellik edilýär. Ýagtylgyçlardan gelýän ondan hem gysga tolkunly şöhleler *rentgen şöhleleri* diýlip, ýer atmosferasyndan geçip bilmezligi sebäpli olary Ýer atmosferasyndan daşarda, diňe kosmiki stansiýalara ornaşdyrylan mahsus teleskoplarda gözegçilik etmek mümkin. Häzir spektriň gyzyl zolagynda ýatýan infragyzyly we radioşöhleleri-de mahsus bellik ediji gurluşlaryň kömeginde gözegçilik etmek mümkin.

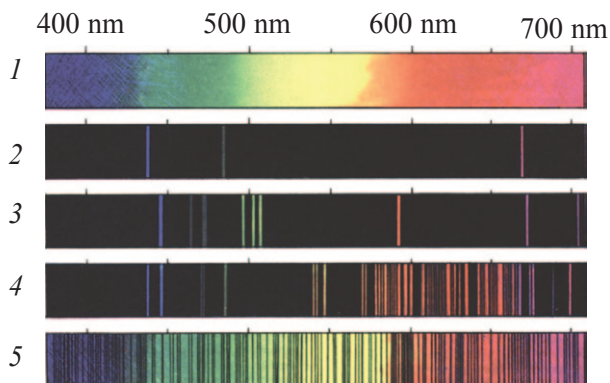
Gün we ýuduzlar atmosferasy gyzgyn gaz bilen örtülenligi sebäpli olaryň üzüksiz spektriniň şöhlelenmesi ýyldyzlaryň atmosferasyndan geçende ol ýerdäki atomlar tarapyndan siňdirilmegi sebäpli, gara çyzyklar bilen kesilen siňdirme spektri görnüşini alýar. Şu sebäpli Gün we ýyldyzlaryň spektri siňdirme spektrleridir (*43-nji surat*).

Asman jisiminiň Ýere görä garalýan çyzygy ugrundaky şöhle tizligi, onuň spektrini derňemek esasynda tapylýar. Eger ýagtylyk çeşmesi ýere ýakynlaşýan bolsa, olaryň spektrindäki çyzyklaryň tolkun uzynlygy kemelýär, ýagny spektriň gysga tolkunly tarapyna, eger ol uzaklaşýan bolsa, onda çyzyklar spektriň uzyn tolkunly tarapyna (gyzyl tarapyna) süýşýär.

Şeýle hadysany aşakdaky formula görnüşinde ýazmak mümkin:

$$\lambda = \lambda_0 \left(1 - \frac{v}{c}\right) \quad \text{ýa-da} \quad v = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} c,$$

bu ýerde çeşmäniň v – şöhle tizligini; λ_0 – gozgalmaýan çeşmeden gelýän şöhläniň tolkun uzynlygy, λ – hereketdäki çeşmäniň tolkun uzynlygy we c – ýagtylyk tizligi arkaly anyklamak mümkin.



43-nji surat. Ýagtylgyjyň utgaşyk (1), deňşdirmek (2, 3, 4) we Günüň çyzykly (5) spektrleri.

Spektre görä ýagtylgyjyň temperaturasyny hem anyklamak mümkin. Jisim gyp-gyzyl reňky girýänçe gyzdyrylsa, onuň utgaşyk spektriniň gyzyl bölegi galan böleklerine garanda röwşen görünýär. Ol ýene-de gyzdyrylsa, onuň spektrindäki ýagty zolagy tertip bilen sary, ýaşyl, soň mawy böleklere barha süýşýär. Bu hadysa ýagtylgyjyň spektrindäki şöhlenme energiýasynyň maksimumyna laýyk tolkun uzynlygynyň çeşmäniň temperaturasyna baglylygyny şu

$$\lambda_{\max} T = 0,29 \text{ cm.grad}$$

Winiň formulasynyň kömeginde anyklamaga mümkinçilik berýär.

Eger-de şöhlenlän plazmanyň atomlary Gün meneginiň magnit meýdanynda bolanda, aýratyn spektral çyzygyň böleklere bölünýändigini görünýär (aýratynam, Gün meneginiň ýadrosyna degişli böleginde). Bu hadysa *Zeeman effekti* diýilýär. Zeeman efektine görä, gözegçilik edilýän tegmil zolagynda magnit meýdanynyň güýjenme wektorynyň garalýan çyzygy ugruna görä ýerleşenligine garap, spektral çyzyk iki ýa-da üç düzjä bölünýär.

Munda magnit meýdanynyň güýjenmesiniň ululygy H , emele gelen spektral çyzyklaryň çetki komponentalar tolkun uzynlyklarynyň tapawudyna $\Delta\lambda$ proporsional bolup, aşakdaky ýaly tapylýar:

$$H = k \Delta\lambda_H,$$

bu ýerde k – proporsionallyk koeffisiýenti bolup, ol spektral çyzygyň magnit duýgurlygyna bagly bolýar.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Optiki şöhleler elektromagnit tolkunlary şkalasynda nähili interwalda ýatýar?
2. Şkalada göze görünýän we görünmeýän şöhleler nähili zolaklary eýeleýär?
3. Şol bir wagtda optiki astronomiýada ýagtylgyçlar elektromagnit tolkunlary şkalasynyň nähili tolkun uzynlyklarynda öwrenilýär?
4. Ýagtylgyjyň spektrindäki şöhlenme energiýasynyň maksimumy tolkun uzynlygy esasynda onuň temperaturasy nähili anyklanýar?
5. Spektrede çeşmäniň magnit meýdany bolsa, onuň güýjenmesi nähili tapylýar?

IV BAP. GÜN SISTEMASYNYŇ JISIMLERINIŇ FIZIKI TEBIGATY

13-nji TEMA. 34-§. Gün iň ýakyn ýyldyz. Gün barada umumy maglumat

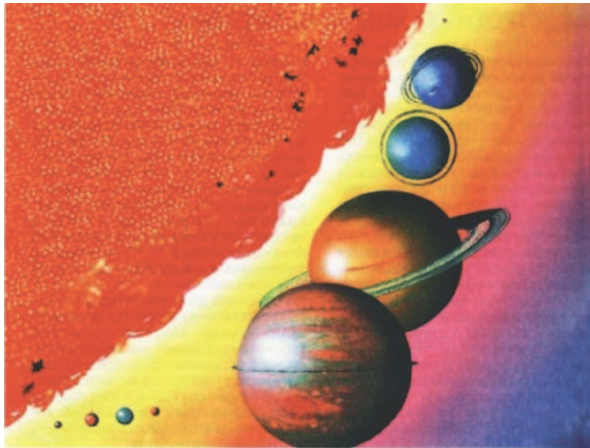
Eger Gün sönse, Ýeri garaňkylyk örterdi, çünki Günüň ýagtylygyny serpikdirmek hasabyna görünýän Aý we planetalar hem asmanda görünmän galyp, diňe ýyldyzlar öçügsi şöhleleri bilen Ýeri ýagtylandyrady. Şonuň ýaly-da, bütin Ýer ýüzüni aýazly sowuk öz «gysajyna» alýar. Bir hepdä galman tropikler gar bilen örtüler, derýalar akmagyny bes edip, deňizler we okeanlar ýuwaş-ýuwaşdan düýbüne çenli doňup, şemal hem «öwüsmegini» bes ederdi.

Şonuň üçin hem ýaşayşymyzyň çeşmesi bolan Gün her tarapdan üns bererlik asman jisimi hasaplanýar. Gün milliardlarça ýyldyzlaryň bir wekili bolup, ululygyna we temperaturasyna görä ortaça ýyldyzdyr. Ýöne planetamyz Ýer onuň hemrasy hökmünde başga ýyldyzlara görä Güne millionlarça esse ýakyn bolanyndan, ýyldyzlardan tapawutlanyp, Gün bize ep-esli uly burç (32') astynda görünýär.

Ýer hem başga planetalar ýaly Günüň daşynda aýlanma hereket edýär. Ýerden Güne çenli bolan aralyk anyk ölçelip (149,6 million kilometr), bir astronomik birlik (1 a.b.) diýilýär. Şöhle bu aralygy sähel kem 8,5 minutda geçýär. Günüň diametri 1 million 391 müň kilometr bolup, Ýeriň diametrinden takmynan 110 esse uly. Başgaça aýdanda, Günüň göwrümine 1 million 300 müňden artyk Ýeriň göwrümindäki jisim sygýar. Massasy Ýeriňkiden 330 müň esse artyk. *44-nji suratda* Günüň ölçegi onuň hemralary – planetalaryň ölçegleri bilen deňeşdirilen. Günüň üstüniň temperaturasy selsiy şkalasynda 5800 gradus töwereginde bolup, bu temperatura merkeze tarap barha artýar we onuň ýadrosynda takmynan 15 million gradusa ýetýär.

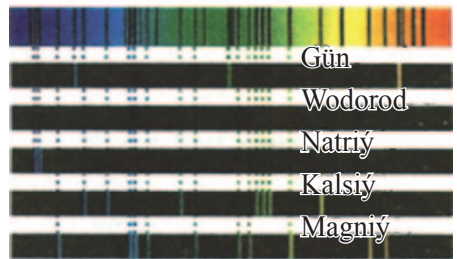
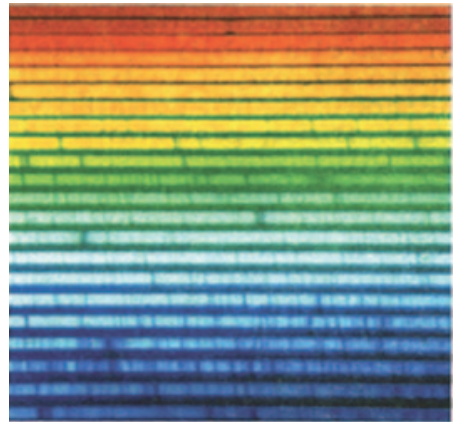
Günüň 1 sekundyň dowamynda çykarýan energiýasy $4 \cdot 10^{26}$ J bolup, 12 müň trillion tonna kömri ýakanda bölünip çykýan energiýanyň mukdaryna deňdir. Onuň Ýere düşýän energiýasynyň mukdary-da kem bolmasa-da, ýöne ol Günden bölünip çykýan bütin energiýanyň bary-ýogy 2 milliarddan bir bölegini düzýär.

Günüň merkezinde basyş 200 mlrd. atmosfera ýetýär. Onuň ortaça dykzlygy $1,410 \text{ g/cm}^3$. Gün uly temperaturaly ýalyn şardan ybarat bolup, ony düzýän gaz



44-nji surat. Günün planetalar bilen deňeşdirilen ölçegi.

45-nji surat. Gün spektri. Ýokarda: amatlylyk üçin bölekler bölünen; aşakda: onuň dürli himiki elementlere laýyklygy.



Demir

ýönekeý gazlardan tapawutlanýar we *plazma* diýilýär. Plazma ýagdaýynda madda esasan ionlaşan atomlardan we erkin elektronlardan ybarat bolýar.

Şeýle ýokary temperaturaly dykyz plazma utgaşyk spektri berýär. Ýöne munda şöhlenenme Günün atmosfera gatlalaryndan geçende, dürli atomlar tarapyndan laýyk tolkun uzynlyklaryndaky şöhleleriň siňdirilmegi sebäpli Gün spektri çyzykly siňdirilme spektrine öwrülýär (45-nji surat). Gün hem ähli başga asman jisimleri ýaly öz okunyň daşynda aýlanýar. Ýöne onuň aýlanmagy differensial bolup, ekwator zolagy ortaça 25 sutkalyk döwür bilen, polýuslary zolagy bolsa 28–29 günlük döwür bilen aýlanýar.

Gün hemişeligi we Gün ýagtylygy. Günden Ýere çenli bolan ortaça aralykda Ýer atmosferasynyň daşarsynda Günden gelýän şöhlelere perpendikulýar bolan 1 cm² meýdana 1 minudyň dowamynda düşýän energiýanyň mukdary *Gün hemişeligi* diýip atlandyrylýar. Günden emele gelýän onuň energiýasynyň mukdary alymlar tarapyndan jikme-jik öwrenilende onuň bahasy $2 \frac{\text{kal}}{\text{cm}^2 \cdot \text{min}}$ ýa-da halkara birlikde ($1,4 \cdot 10^3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$) bolýandygy mälim boldy.

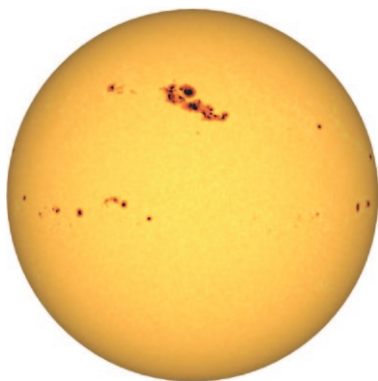
Şu esasyda tapylan Günüň doly şöhlelenme energiýasy, ýagny onuň ýagtylygyny aşakdaky ýaly tapmak mümkin bolup, ol $L_0=4 \cdot 10^{26} \text{ Wt}$ -a deň çykýar. Munuň üçin Gün hemişeligini ($1,4 \cdot 10^3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$), radiusy 1 a.b. bolan sferanyň meýdanyna köpeldilmeli bolýar. Munda Günüň energiýasy uly kuwwatly Krasnoýarsk GES-niň energiýasyndan ($6 \cdot 10^6 \text{ kW}$) $6,67 \cdot 10^{16}$ esse köpdügi mälim bolýar.

Soraqlar we ýumuşlar:

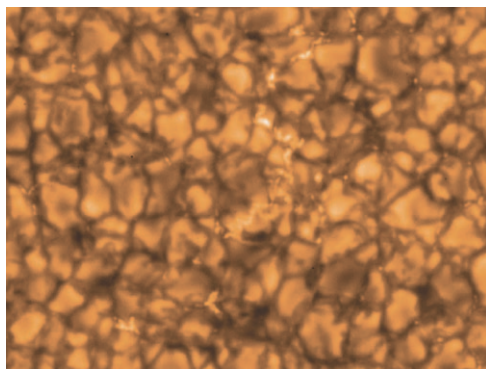
1. Gün nähili asman jisimi hasaplanýar?
2. Günüň ölçeglerini Ýeriň ölçegleri bilen deňeşdiriň.
3. Günüň fotosferasy nähili spektre eýe?
4. Ol nähili maddalardan we elementlerden ybarat?
5. Gün hemişeligi diýende näme düşünilýär?

35-§. Günüň fotosferasy we onuň gurluşlary. Günüň tegmilleri

Esasan gözüň görüş araçäginde ýatýan tolkun uzynlygyndaky şöhleleri çykarýan Gün atmosferasynyň aşaky gatlagy *fotosfera* diýip atlandyrylýar (46-njy surat). Fotosfera teleskoplaryň kömeginde gözegçilik edilende, ol ýönekeý göz bilen gözegçilik edilýän bir tekiz röwşenlige eýe halkadan uly tapawutlanýar.



46-njy surat. Günüň fotosferasy (tegmilleri bilen).

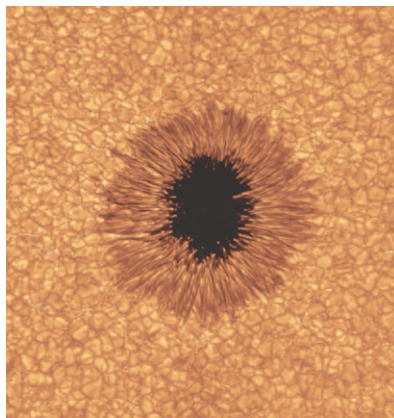


47-nji surat. Günüň üstüniň hakyky strukturasy – granulyasiýasy.

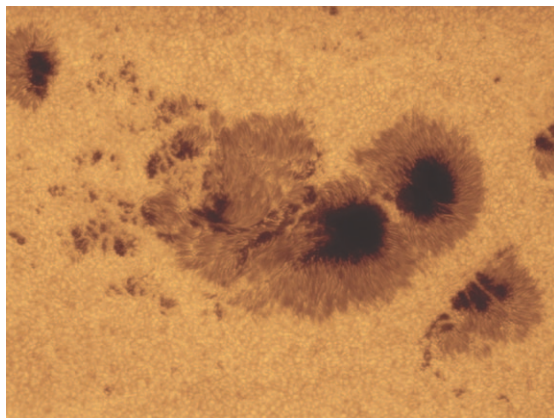
Stratosferada mahsus teleskopyň kömeginde alnan Günüň teswirinde göze aýdyň görünyän zat onuň üstündäki balarynyň hinini ýatladýan zirelikdir. Şeýle zire strukturasy ylymda *granulýasiýa* diýip atlandyrylýar («granula» – maýda däne diýmekdir). Soňky ýyllarda zireligiň anyk suratlary mahsus geliý gazy bilen doldurylan ballonlarda stratosfera uçurylan Gün teleskoplarynyň kömeginde alyndy. Bu suratlaryň kömeginde granulalaryň röwşenligi, «ýaşaýyş» döwri we olaryň fiziki tebigatyny spektral öwrenmäge degişli köp täze maglumatlar alyndy. Şol sanda, bu zire-zire struktura, fotosferada geçýän konwektiv prosesi özünde şöhlelendirýändigini mälim boldy. Granulalaryň ortaça ululygy 500 kilometre çenli bolup, aslynda 200 kilometrden 700–800 km çenli ululykdakylary giň ýaýran. (47-nji surat).

Fotosferada granulalardan daşary zynjyr şekilli şöhleli zolaklar hem teleskoplarda alnan Günüň teswirinde göze ilýär. Şeýle zolaklar *maýaklar* diýip atlandyrylýar. Maýaklar köplenç Gün tegmilleri bilen bilelikde duşýar.

Gün tegmilleri – magnit adalary *. Günüň fotosferasynda gözegçilik edilýän, fiziki tebigaty taýdan täsinliklere baý obýektler onuň *tegmilleri*dir (48-nji surat). Gün tegmilleriniň ululygy dürlüçe bolup, olaryň ölçegi birnäçe mün kilometrdan birnäçe ýüz mün kilometre çenli ýetýär. Birinji bolup 1610-njy ýylda tegmiller Günüň gönüden-göni onuň üstki gatlagyna degişlidigini Galileý onuň özi ýasan teleskopynyň kömeginde gözegçilik edip anyklady.



a)



b)

48-nji surat. Günüň tegmilleri: a) göni tegmil; b) tegmil topary.

Şondan bári geçen 4 asyr wagtyň dowamynda alymlar Günüň tegmillerine degişli köp meseleleri, şol sanda, olaryň peýda bolşuna we ösüşine hem-de fiziki tebigatyna degişli ençeme meseleleri çözdüler. Günüň tegmillerinde güýçli magnit meýdany jemlenendir. Adatda, Günde tegmiller ýeke ýagdaýda örän kem duşýar (*48-nji a surat*). Olar topar-topar ýagdaýynda köpräk bolýar (*48-nji b surat*). Mälim tegmil toparynda bir ýa-da iki iri garşylykly magnit polýusyna eýe bolan tegmilden daşary ýene birnäçe maýda tegmiller bolýar. Günüň tegmilleriniň temperaturasy fotosferanyňkydan ortaça 1500°C -a pesligi sebäpli olar fotosferada garalyp görünýär.

Günüň tegmilleriniň ýaşayyş döwri dürlüçe bolup, birnäçe günden bir-iki aýa çenli dowam edýär. Bir-iki aýyň dowamynda ýaşap bilýän tegmiller köp duşmaýar. Tegmiller Günüň üstüniň hemme böleklerinde peýda bolubermän, onuň $\pm 5^\circ$ -dan $\pm 35\text{--}40^\circ$ giňlikleriniň arasyndaky zolakda peýda bolýar.

Gün fizikasyna degişli möhüm meselelerden biri ondaky tegmilleriň sanynyň ýyllaryň dowamynda sistemaly üýtgäp durmagydyr. Günüň tegmilleri sanyna degişli baryp 100 ýyllyk materialy ýygyp we birnäçe on ýylyň dowamynda höwesjeň astronomlaryň arasynda Günüň tegmillerini sistemaly gözegçiligi ýola goýan şweýsariýaly alym Rudolf Wolf, Günüň tegmilleriniň sanynyň üýtgeýändiginiň ortaça döwrüni 11,1 ýyla deň diýip tapdy.

Günüň tegmilleri Gündäki iň aktiw proseslerdigi we Gün atmosferasy gatlaklarynda duşýan ähli başga aktiw hadysalar bilen gönüden-göni baglanyşykda bolanlygy sebäpli, Günüň tegmilleriniň sanynyň 11,1 ýyllyk döwri *Gün aktiwliginiň döwri* hökmünde kabul edilen.

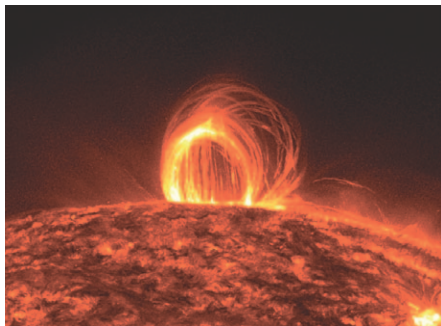
Soraglar we ýumuşlar:

1. Günüň fotosferasy diýende onuň haýsy gatlagyny düşünýärsiňiz?
2. Günüň fotosferasynda gowy gözegçilik şertinde nähili obýektler bolýar?
3. Granulýasiýa (zirelik) nähili görnüşli struktura?
4. Günüň tegmilleriniň açylyş taryhy barada aýdyp beriň.
5. Tegmiller fotosferada näme üçin garalyp görünýär?
6. Aýratyn tegmil we tegmil toparlarynyň magnit meýdany aýratynlyklary nähili?
7. Günde tegmilleriň sany ortaça nähili döwür bilen üýtgeýär?

14-nji TEMA. 36-§. Günüň hromosferasy we täji

Protuberanesler – ýalyn «dil»leri. Günüň fotosferadan ýokary gatlagy hromosfera diýlip (grekçe «xromos» – reňk diýeni), beýikligi 14000 km çenli ýetýär (49-njy surat). Bu gatlakda duşýan uly obýektlerden biri – protuberaneslerdir. Gündäki bu obýektler daşky görnüşi bilen oduň ýalnynyň «dili»ni ýatladýar. Ýalyn «dil»leriniň spektri olarda gazyň basyşy, temperaturasy we hereket tizligi ýaly fiziki ululyklaryny anyklamaga mümkinçilik berýär.

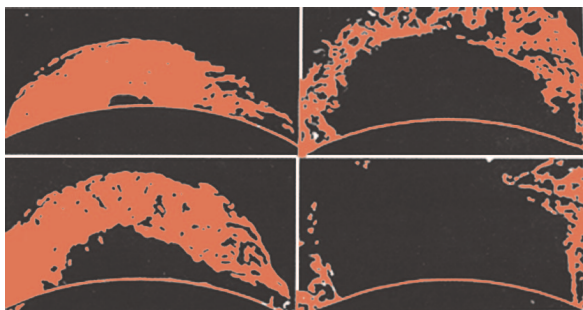
Aýratynam, 1920-nji ýylda fransuz alymy Ý.Petit teklipe eden we şol bir wagtda ulanylýan usul, hromosfera spektriniň mahsus çyzyklarynda olary uly tizlik bilen kino almaga (sekundyna 16 kadr) mümkinçilik berip, tiz üýtgeýän protuberanesleriň ewolýusiasyny öwrenmek üçin örän amatly. Protuberanesler hem hromosferanyň şöhlenenmesi ýaly kalsiýniň ionlaşan çyzyklary (H we K) we wodorodyň gyzyl ($H\alpha$ – tolkun uzynlygy 6562Å , $1\text{Å} = 10^{-8}\text{cm}$) çyzygynda güýçli şöhlenenýär. Şonuň üçin hem ol ençeme observatoriýalarda (şol sanda, Daşkent observatoriýasynda hem) şu çyzygyň tolkun uzynlygyna dogry gelen şöhläni geçirýän monohromatik filtrlere bilen ýaraglanan teleskoplarda öwrenilýär. Bu şöhläde (6562Å) alnan hromosferanyň teswirinde protuberanesler Gün diskinde proyeksiýelenip, süýri egilen gara süýümler görnüşinde bolýar. Günüň diametrini bilmek bilen bu süýümleriň (protuberanesleriň)ölçegi anyklananda, olaryň ini 6000–10000 km, uzynlygy bolsa birnäçe ýüz müň kilometre çenli barýandygy mälim boldy. Ýalyn dili görnüşinde Günüň çetinden görülen protuberanesleriň beýikligi hem birnäçe ýüz müň kilometrden kem bolmaýanlygy, olar Günde näçe uly proseslerden biridigini delillendirýär.



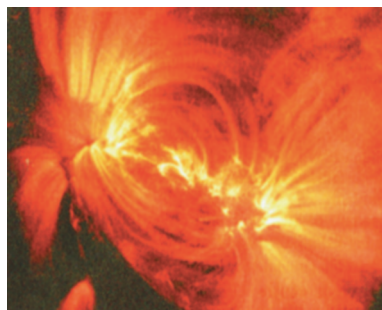
49-njy surat. Hromosferanyň uly obýektlerinden biri – protuberanesler.

Protuberanesleriň ösüşinde magnit meýdanynyň roly uly. Olara degişli magnit meýdanynyň güýjenmesini ölçemek şeýle tejribäniň biraz bolsa-da çylşyrymlydygy sebäpli diňe geçen asyryň 60-njy ýyllarynda ýola goýuldy.

Protuberanesler daşky hromosfera görä ep-esli dykyz plazma bulutdan (temperaturasy $5000\text{--}10000\text{ }^{\circ}\text{C}$, dykyzlygy – 1 kub santimetrde $10^{10}\text{--}10^{12}$ bölejige dogry gelýär) ybarat bolup, baryp ýüz esse yssyrak Gün tji



50-nji surat. Günün tegmilleri bilen bagly aktiw protuberanesiň ösüşi.



51-nji surat. Hromosferanyň iň güýçli obýekti – ýalpyldylar.

bilen gurşalan. Protuberanesler Gün halkasynyň çetinde tümmek, bede küdesi, halkalaýyn we woronka ýaly dürli görnüşlerde bolýar. Olar aktiwliklerine görä bir-birinden tapawutlanýan haýal, aktiw we eruptiw toparlara bölünip öwrenilýär. Aktiw we eruptiw protuberanesler Günün tegmilleri bilen gönüden-göni baglanyşykda bolýar (50-nji surat).

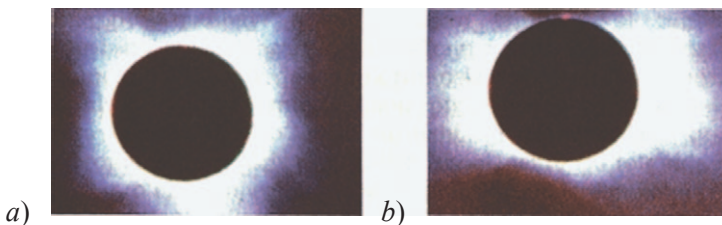
Hromosfera ýalpyldylary. Günde gözegçilik edilyän iň güýçli proseslerden başga biri *hromosfera ýalpyldylarydyr* (51-nji surat). Birnäçe minut dowam eden ýalpyldydan bölünip çykýan energiýanyň mukdary sagadyna 100 trilliondan mün kwadrillion kilowatt (10^{14} – 10^{18} kW)çenli ýetýär. Bu diýeni bir güýçli Gün ýalpyldysy dowamynda bölünip çykýan energiýa Ýerdäki ähli ýangyç gorlarynyň ýanmagyndan bölünip çykýan energiýanyň mukdaryna deň, diýmekdir.

Hromosfera ýalpyldylary Gün tegmilleri bilen aýrylmaz bagly bolup, esasan, Günün tegmilli zolaklarynyň golaýynda duşýar.

Ýalpyldy ugrundaky gaz hereketini atomlaryň spektral çyzyklarynyň ýagdaýyna görä öwrenmek, bölejikleriň akymynyň Günden daşary atylyş tizligi sekundyna 500-den 1000 kilometre çenli ýetýändigini mälüm edýär. Günden göterilen seýrek korpuskulýar bölejikleriň akymy «*Gün şemaly*» diýilýär. Şeýle «şemal» 1,5–2 günde Ýer orbitasyna çenli ýetip gelýär. Gün şemaly Ýere ýetip gelensoň, dürli geofiziki hadysalarda öz şöhlelenmesini tapýar we Ýeriň biosferasyna hem duýarly derejede täsir edýär.

Gün täji. Gün doly tutulanda, ýagny Aýyň jähegi ony bizden bütinleý ýapanda, Günün daşynda asmanyň gara fonunda, 1–2 Gün radiusy (käte ondan artyk) aralyga çenli uzap giden öçügsi kümüş şekilli ýagty bolýar (52-nji

52-nji surat. Gün täjiniň onuň aktiwliginiň derejesine baglylygy: a) aktiwliginiň maksimumynda; b) aktiwligi peselende.



surat). Gün täji diýilýän bu hadysany adamlar örän gadymdan Gün doly tutulan mahallarynda görüpdirler.

Täjiň umumy şekli Günüň aktiwlik derejesi bilen gönüden-göni bagly bolup, ol tegmilleriň sanynyň *maksimuma* ýeten döwründe Günüň daşyny, Günüň aktiw zolaklarynyň ýerleşişine görä, dürli beýiklikde gurşaýar (52-nji a surat), *minimum* döwründe bolsa kümüşreňk ýalkym diňe ekwator tekizliginde ulurak beýiklige görterilýär (52-nji b surat).

Täjdäki gözegçilik edilýän özgerişler, şol sanda, täjiň strukturasyň aýratynlyklary, Gün atmosferasynyň täjasty gatlaklarynda geçýän aktiw hadysalar bilen baglanyşykdaýgyny görkezýär. Gün täjinde gözegçilik edilýän in ýagty we radius boýunça süýnen akymlyry, esasan, fotosferadaky tegmilli zolaklaryň üstünde duşýar.

Günüň radiodiapazonda güýçli şöhlelenýän bölegi onuň atmosferasynyň täç gatlagyna dogry gelýär.

37-§. Gün energiýasynyň çeşmesi *

Tebigatyň energiýa üçin uniwersal kanunyndan mälim bolşy ýaly, energiýa saklanma aýratynlygyna eýe: ol bardan ýok bolmaýar we tersine, ýokdan emele hem gelmeýär. Diýmek, gijesine parlaýan münlerçe ýyldyzlar we Günümiziň energiýa çeşmesi nämede, diýen tebigy sorag döreyär. Günüň anyklanan «yaşy» sähel kem 4,8 milliard ýyla deň. Şeýle uly döwrüň dowamynda dyngysyz şöhlelenýän Gün, şol sanda, ýyldyzlaryň ýakýan energiýasy nähili fiziki prosesin hasabyna doldurylyp durulmagy meselesini çözmek, astronomlaryň asyrlar boýy arzuwlaryndan hasaplanýardy. 1938–1939-njy ýyllara gelip, astrofiziklerden A.Edington, K.Weýszekker we G.Býoteler ýyldyzlaryň energiýa çeşmesi bolup bilýän ýadro reaksiýalarynyň nazary hasap-hesibini işläp taýýarladylar.

Mälüm bolşy ýaly, atom ýadrosyny düzýän proton we neýtronlar özara örän uly dartyşma güýji (bu güýje ýadro güýji diýilýär) bilen baglanan bolýar we şoňa degişlilikde baglanyşyk energiýasy hem örän uly bolýar. Eger-de, şeýle baglanyşykdaky atom ýadrosyna daşardan ýene bir proton ýa-da neýtron giräýse, ol täze ýadro emele getirýär we ýadrodan duýarly energiýanyň bölünip çykmagyna sebäp bolýar. Çünki ýadro bölejiklerine goşulan täze bölejik ýadro güýçleri arkaly olar bilen baglanýar. Netijede peýda bolan artykmaç energiýa ýadrodan proton ýa-da neýtron bilen, ýa-da elektron ýa-da pozitron bilen alyp çykyp gidilýär. Şeýle hadysa *ýadro reaksiýasy* diýilýär. Ýöne täze protonyň ýa-da neýtronyň ýadro girmegi aňsatlyk bilen bolmaýar. Munuň üçin gelip goşulýan bölejik atom ýadrosyna ýadro güýçleriniň täsirine berilýän derejede ýakyn aralyga gelmegi (proton üçin bolsa ýadronyň itekleme güýjüni hem ýeňmek bilen) zerur bolýar. Diýmek, goşulýan proton ýa-da neýtron ýadro tarap örän uly tizlik bilen (ýagny energiýa bilen) ýakynlaşmaly bolýar.

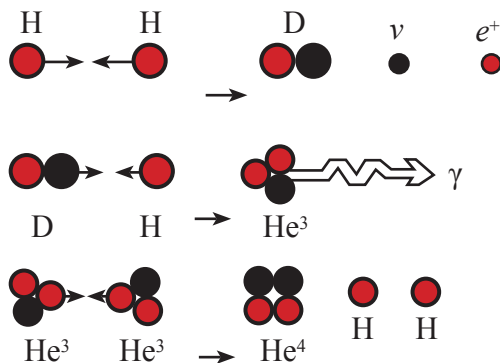
Nazary hasaplamalar, ýyldyzlaryň (şol sanda, Gün) merkezindäki birnäçe million gradusly temperatura, protonlara edil şeýle tizligi berip bilýändigini, ol ýerde *termoýadro reaksiýasy* üçin amatly şert bardygyny mälüm etdi. Neýtronlar bolsa şeýle ýokary temperaturada durnuklylygyny ýitirip, ýarym sagada ýeter-ýetmän protona, elektrona, neýtrino dargap gitmegi we ýadro reaksiýalarynda gatnaşmaýar diýen ýalydygyny görkezdi.

Ýyldyzlaryň merkezindäki reaksiýanyň (dört sany protonyň birigip bir gelip atomynyň ýadrosyny emele getirmegi) üznüksiz gaýtalanmagy, ýyldyzyň şöhlelenmesi sebäpli kosmiki giňişlige ýaýraýan energiýasyny dolduryp durýar. Her bir protonyň massasy atom birliklerinde 1,00813-i düzüp, dört sany protonyňky 4,03252 bolýar. Geliý atomynyň ýadrosynyň massasy 4,00389 bolýandygyny hasaba alsak, onda şu ýadrony emele getirýän protonlar atomyň agyrlygynyň 0,02863 birligine ($4,03252 - 4,00389 = 0,02863$) deň bu massasy bölünip çykýan baglanyşyk energiýasyna ekwiwalent massa bolup, oňa *massa defekti* diýilýär. Bir geliý ýadrosynyň emele gelmeginde bölünip çykan energiýa meşhur Eýnşteýniň formulasyna görä:

$$E = mc^2 = 1,67 \cdot 10^{-24} \cdot 0,02863 \cdot (3 \cdot 10^{10})^2 = 4,3 \cdot 10^{-5} \text{ erg}$$

-a deň bolýar. Bu ýerde: $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/s – ýagtylyk tizligi, m – massa defekti. Hasaplamalar: Günün merkezinde şeýle ýol bilen, her sekuntda bölünip çykýan energiýa $4 \cdot 10^{26}$ W-ni, ýagny onuň her sekuntda ýitirýän energiýasyna deň

53-nji surat. Günüň ýadrosynda geçýän proton-proton sikilli ýadro reaksiýasynyň ýüze çykyş prosesi (H – wodorod, D – deýteriý, ν – neýtrino, e^+ – pozitron, He^3 – geliý izotopy, He^4 – geliý, γ – gamma kwant).



energiýany düzýändigini mälim edýär. Häzirki wagtda dört protondan geliý ýadrosy emele gelşi barada iki yzygiderlik reaksiýasy mälim bolup, olardan birinjisi *proton-proton sikilli* (53-nji surat) (hut Günüň merkezinde bolup geçýäni), ikinjisi bolsa *uglerod-azot sikilli* (köplenç ýokary üst temperaturaly ýyldyzlaryň merkezinde geçýäni) diýilýär.

38-§. Günüň aktiwligi we onuň Ýere täsiri *

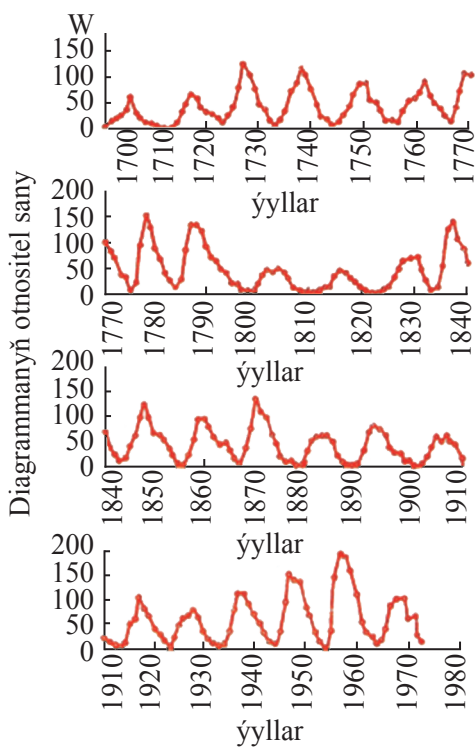
Ýerde gözegçilik edilýän ençeme fiziki we biologik hadysalaryň geçmegi, hususan-da, klimatyň üýtgemegi, dürli-dürli keselleriň döwürleýin ýagdaýda gaýtalanmagy, ionosferadaky hadysalar, Ýeriň magnit meýdany «tupanlary» we kosmonawtlar üçin radiasiýa howpunyň döremegi – bularyň hemmesine Günde bolup geçýän dürli aktiw prosesler sebäpçidigi ylma köpden bári mälim. Bu mesele doly çözülmek bolsa-da, Günüň aktiwliginiň Ýerde gözegçilik edilýän, ýada salnan hadysalar bilen aragatnaşygyny öwrenmek boýunça köp üstünlikler gazanylan.

Bir-birinden 150 million kilometr diýen ýaly uzaklykda ýerleşen bu iki asman jisiminiň (has takygy, Gün we onuň hemrasy Ýer) arasyndaky geçýän üznüksiz şeýle baglanyşyk nähili düşündirilýär? Bu uly aralykda araçy roluny näme oýnaýar?

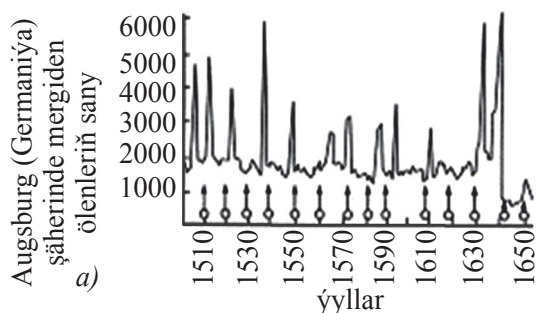
Ýerde ýaşayşyň çeşmesi Günligi we munda Gün şöhleleri ыşyklandyryjy we ýylylyk bagyşlaýan esasy serişdedigi gadymdan mälim. Ýöne şunuň bilen birlikde, Günüň elektromagnit tolkunlarynyň göze görünmeýän gysga tolkunly diapazonlarynda hem ýeterliçe intensiw şöhlelenmesi anyklanan. Bu şöhleler

ultramelewşe, rentgen we gamma-şöhleleri bolup, Gündäki aktiw hadysalar bu şöhleleriň intensiwliginiň artmagynda esasy çeşme bolup hyzmat edýär. Gün ýalpydylary we eruptiw protuberaneslerdäki partlamalar sebäpli bu şöhleler akymyna uly energiýaly elementar bölejikleriň akymy hem goşulýar. «Gün şemaly» diýilýän bu akymyň intensiwligi Günüň aktiwliginiň fazasyna degişlilikde barha üýtgeýär.

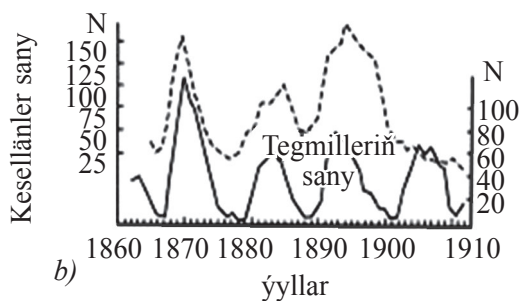
Günden gelýän korpuskulýar bölejikler, radiasion şöhleleriň intensiwliginiň bumeňzeş üýtgäp durmagy, Gündäki tegmiller sanynyň üýtgäp durmagy bilen birmeňzeş geçýär. 54-nji suratda Günüň aktiwliginiň ahyrky birnäçe on ýyldaky üýtgeýşi görkezilen. Şübhesiz, Gün şemaly Ýere ýetip gelensoň, dürli geofiziki hadysalaryň, şol sanda, *magnit tupanlarynyň* gelip çykmagyna sebäp bolýar.



54-nji surat. Günüň aktiwliginiň (tegmiller sanynyň ýyllar boýunça) üýtgeýşiniň grafigi.



Daniýada difteriýa bilen kesellänler sanynyň üýtgemegi



55-nji surat. Günüň aktiwligi fazalary bilen mergi (a) tegelejekler we aktiwliginiň maksimum ýyllary); difteriýa (b) keseliniň birden ýaýraýyş fazalarynyň arasynda baglanyşyk.

Günüň aktiwligi, birinji nobatda, Ýer atmosferasynyň ýokary gatlaklarynda «ýaň» berip, owadan polýus şapaklaryny emele getirýär. Gün radiasiýasy şonuň ýaly-da, ionosferanyň ionlaşma derejesi ýiti artdyrýar. Bu bolsa, öz gezeginde, atmosferanyň bu gatlaklarynyň elektrik geçirijiligini, elektromagnit şöhlelerini serpikdirip bilmek ukybyna erbet täsir edýär.

Käte Günden gelýän güýçli korpuskulýar akym, ýokary konsentrasiýaly ionosferada gysga tolkunly radioşöhleleriň siňdirilme derejesini gaty artdyryp, netijede uzak aralyga gysga tolkunly radiosignallaryň iberilmeginde birnäçe minutlyk üzülme bolup geçýär.

Günüň aktiwligi we Ýerde bolup geçýän epidemik keselleriň arasyndaky baglanyşygy öwrenende rus alymy professor A.L. Çižewskiniň goşandy uly. Ol giň ýaýraýan gyrgyn, mergi, difteriýa, gaýtarma tif, bogma ýaly epidemik keselleri öwrenip, olaryň başlanyşy, ösüşi we gutaryşy Günüň aktiwliginiň dürli fazalaryna gabat gelýändigini anyklady (55-nji surat).

R.P. Bogaçewa we W.M. Boýko ýaly alymlar bolsa ahyrky birnäçe on ýyllyk döwürde poliomiýelit (wirusly beýni sowuklamasy) keselleriniň dinamikasyny Rigada we Özbegistanda öwrenip, bu keselleriň güýjemegi Günüň aktiwliginiň döwürleýin geçmegine gabat gelýändigini anykladylar. Alymlar Gün ýalpyldysynyň nerw we ýürek-damar kesellerine täsirini öwrenip, onuň nerw we ýürek agyry keselleri bilen Günüň ýalpyldysynyň arasynda güýçli baglanyşyk bardygyny tapdylar. Biz Günüň aktiwliginiň Ýeriň klimatik şerti, ösümlükler biologiýasy we başga proseslere täsiri meselelerine garadyk. Ýöne barlaglar köp Gün aktiwligi bu proseslerde-de öz täsirini görkezýär.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Gün atmosferasynyň haýsy gatlagyna hromosfera diýilýär?
2. Protuberanesleriň Günüň tegmilleri bilen baglylygy barmy?
3. Hromosfera ýalpyldylarynyň güýjüni nähili göz önüne getirýärsiňiz?
4. Günüň radioşöhlenenmesi, esasan, atmosferasynyň haýsy gatlagynda bolup geçýär?
5. Gün energiýasynyň çeşmesi nämede?
6. Günüň aktiwligi ondaky haýsy obýektleriň sanyna görä kesgitlenýär?
7. Günüň aktiwligi Ýeriň atmosferasyndaky nähili hadysalarda we nähili kesel bilen agyran näsaglara erbet täsir edýär?

15-nji TEMA. 39-§. Ýer tipli planetalar. Merkuriý we Wenera

Merkuriý. Gün sistemasyndaky sekiz planetanyň içinde Güne iň ýakyny Merkuriý bolup, gadymda ony araplar Utorud diýip atlandyrypdyrlar. Utorudyň orbitasy başga planetalaryňkydan tapawutlanyp, süýri ellips şeklindedir. Şonuň üçin hem bu planetanyň Günden uzaklygy 0,31-den tä 0,47 astronomik birlige çenli üýtgäp durýar. Planetanyň Günden ortaça uzaklygy 58 million kilometri düzýär. Merkuriýniň diametri 4880 kilometr bolup, onuň üstünde dartýşma güýji Ýeriňkiden 2,6 esse kem. Başgaça áydanda, agyrlыgy Ýerde 80 kg bolan adam Merkuriýde bary-ýogy 30 kg çykýar. Bu planeta öz orbitasy boýunça sekundyna ortaça 48 kilometr tizlik bilen hereketlenip, Günüň daşyny 87,97 günde doly aýlanyp çykýar.

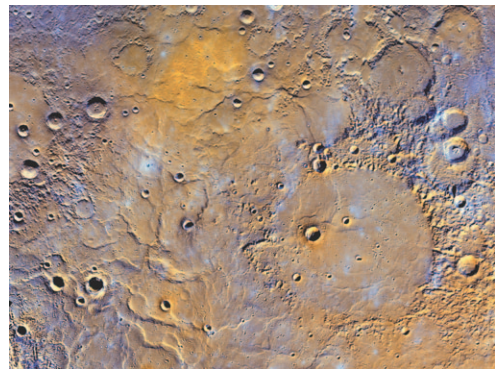
Merkuriýniň üstüniň gündizki ortaça temperaturasy $+345^{\circ}$ çenli (Gün dik gelen ýerlerinde $+480^{\circ}$ çenli – Selsiý şkalasynda) görterilmek bilen, gijesine -180 gradusa çenli peselýär.

Planetalarara awtomatik stansiýa 1974-nji ýylda Merkuriýden 47 müň 981 kilometrlik aralykdan geçmek bilen, planetanyň üstüniň 500-e ýakyn oňat hilli suratlaryny aldy. Bu suratlar planetanyň «üstki gurluşy» taýdan Aýa örän meňzeşligini görkezdi. Aýyň üstündäki ýaly Merkuriýniň üsti-da meteoritleriň zarbasyndan «gök» bolup, dürli ululyklardaky kraterler bilen örtülendigi, «Mariner-10» alan planeta suratlaryndan şeýle görnüp dur (56-njy we 57-nji suratlar).

Merkuriýniň üstki jynslarynyň dykzlygy Aýyň ýaly, ýagny $3,0-3,3 \text{ g/cm}^3$ bolup, ortaça dykzlygy $5,44 \text{ g/cm}^3$ ekenligi onuň merkezi böleginde demir



56-njy surat. Merkuriýniň üsti («Mariner-10»den alan surat).



57-nji surat. Merkuriýniň üstüniň relýefi.

ýadrosy ýa-da iň bolmanda silikat jynslar uly basyş astynda metallyk halyna geçýändigini delilendirýär. Planeta örän seýrek atmosfera eýe.

Merkuriýniň hemrasy ýok.

Wenera. Gadym rim rowaýatynda «söýgi hudaýynyň»ady bilen tutulýan bu planetanyň Günden ortaça uzaklygy 108,81 million kilometrdir. Wenera (türkmençe ady Zöhre) orbitasy boýunça sekundyna 35 kilometr tizlik bilen hereketlenip, 225 günde Günüň daşynda bir gezek doly aýlanyp ýetişýär.

Röwşenligi taýdan Günden we Aýdan soň durýan bu planeta örän gadymdan adamlaryň ünsüni özüne çekip, gozgalmaýan ýyldyzlar fonunda hereketlenişi birinji bolup duýlan «azaşan» ýagtylgyçdyr. Ol tiz-tiz daňdan Gün çykmazyndan oň gündogardan ýaldyrap görünýändigini sebäpli oňa «Daň ýyldyzy» hem diýýärler.

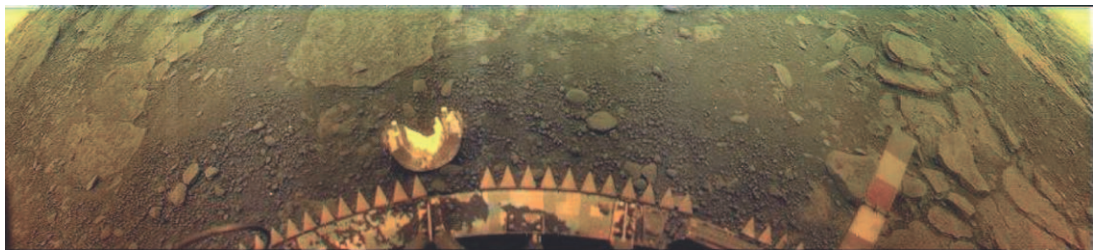
Baryp 1610-njy ýylda G. Galileý özi ýasan teleskopynda ony synlap, Weneranyň *Aý ýaly dürlü fazalarda bolýandygyna şaýat bolupdyr.* Bu hadysa, Wenera hem Aý ýaly şar şeklidäki asman jisimidiginiň ilkinji subutydy. Weneranyň ululygy sähel kem Ýeriňki ýaly bolup, diametri 12 müň 100 kilometri düzýär.

1761-nji ýylyň 6-njy iýunynda planetanyň hereketi Gün diskinde proýesirlenip geçdi. Şeýle täsin hadysa gözegçilik eden rus alymy M.W. Lomonosow Weneranyň galyň atmosfera bilen örtülendigini anyklady.

Planetany kosmiki apparatlaryň kömeginde barlamagyň XX asyryň 60-njy ýyllaryndan başlanan, bu Wenera degişli köp meseleleri çözmäge mümkinçilik berdi. Netijede Weneranyň öz okunyň we Günüň daşynda hakyky aýlanma döwürleri anyklandy.

Mälim bolşy ýaly, planetanyň aýlanma oky onuň orbita tekizligine dik diýen ýaly ýerleşip (has takygy 93°), onda Ýerdäki ýaly ýylyň pasyllary bolmaýar. Şonuň ýaly-da, planetany radiotolkunlarda gözegçilik etmek, Weneranyň öz okunyň daşynda ýyldyzlara görä aýlanma döwri 243,16 güne deňligini hem-de ol Gün sistemasynyň (öz okunyň daşynda) gündogardan günbatara tarap aýlanýan ýeke-täk planetasydygyny mälim etdi. «Daş ýyldyzy»nyň bir günü, ýagny Güne görä öz okunyň daşynda aýlanmagy döwri 117 Ýer gününe deň bolup, bir ýyly onuň iki gününden sähel kemräk çykýar.

Aýratynam, Wenera syňahata ýol alan «Wenera-14» we «Wenera-15» KA (kosmiki apparatlar) planetany öwreniş taryhynda möhüm orun tutýar. «Wenera-14», planeta üstüniň gondurylýan apparaty tarapyndan gönüden-göni alnan birinji teswirlerini Ýere iberdi (58-nji surat).



58-nji surat. Weneranyň «Wenera-14» kosmiki arraraty tarapyndan alnan suraty.

Soňrak ýola çykan ABŞ-nyň «Pioner-Wenera-1 we-2» stansiýalaryň gonduryjy apparatlaryna ornaşdyrylan ylmy apparatlar, Weneranyň atmosferasyna we üstüne degişli aşakdaky täze maglumatlary aldy: planetanyň atmosferasynyň basyşy örän ýokary bolup, alymlar hiç garaşmadyk mukdary – 90 atmosferany görkezdi. Onuň 97%-ini kömürturşy gazy, 1%-ini suw buglary eýeläp, kislorod bolsa baryýogy 1,5%-i düzýändigini mälim boldy. Planetanyň üstüniň golaýynda ölçelen temperatura +470 °C çykdy. Şeýle ýokary temperatura planeta atmosferasynda kömürturşy gazynyň bollygy bilen düşündirilýär.

Planetanyň bulutlarynda şöhläniň ýaýraýşyny öwrenmek, olary düzýän damjalar, esasan, kükürt kislotasynyň 75–85%-li suwdaky ergini diýen netijä getirdi. Planetanyň üstünden 40 kilometr ýaly beýiklikde şemalyň tizligi sekundyna 100–140 metr bolmak bilen, 10 kilometre ýakyn beýiklikde ol ýiti kemelip, 3–4 m/s-a düşüp galýar.

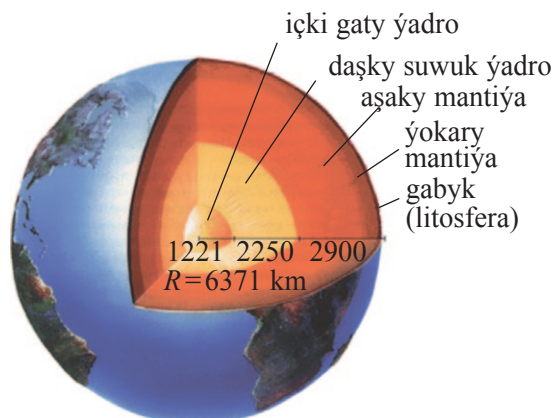
1991-nji ýylda Halkara Astronomik Bileleşigiň (HAB) Baş Assambleýasy Weneranyň 116 sany relýefli elementine dünýä tanalan aýallaryň adyny berdi. Buýsançly ýeri şunda, ýagny bu sanawda watandaşymyz şahyr Nadirabegimiň hem ady bar. Weneradaky kraterlerden biri onuň ady bilen atlandyrylýan boldy.

40-§. Ýer we onuň tebigy hemrasy Aý. Mars

Ýer Günden uzaklygy boýunça üçünji orunda durýan planeta bolup, Ýer tipli planetalaryň içinde iň irisi hasaplanýar. Ýer, asmanda örän owadan görünüş almagyny onuň Aýyň üstünden alnan suraty doly tassyklaýar (59-njy surat). Planetamyzyň ekwatorial radiusy 6378 kilometr. Ýer Günüň daşynda sekundyna 30 kilometr tizlik bilen hereketlenip, 365,24 günde onuň daşynda bir gezek doly



59-njy surat. Ýeriň Aýyň üstünde durup alnan suraty.



60-njy surat. Ýeriň içki gurluşy.

aýlanyp çykýar. Planetamyzda bir ýylda dört paslyň bolmagynyň sebäbi, Ýeriň okunyň orbita tekizligine $66,5^\circ$ gyşarmasy bilen düşündirilýär.

Ýer öz okunyň daşynda 23 sagat 56 minut 4 sekuntda doly aýlanyp çykýar. Bu onuň hakyky aýlanma döwrüdür. Ýöne onuň Güne görä ortaça aýlanma döwri 24 sagat diýlip kabul edilen.

Ýeriň ortaça dykzlygy her kub santimetrde 5,5 grama deň bolup, massasy takmynan $6 \cdot 10^{24}$ kilogram. Planetamyzyň atmosferasy müňlerçe kilometr beýiklige çenli zap, agyrlygy 5 müň 160 trillion tonna gelýär. Şeýle galyň atmosfera Ýerde ýaşayşyň peýda bolşunda we ösüşinde möhüm rol oýnapdyr. Hususan-da, 20–30 kilometr çemesi beýiklikde ýerleşen ozon gatlagy, Günüň gysga tolkunly ultramelewşe şöhlelerini güýçli siňdirip, ähli janly jandarlary, şol sanda, adamzady şeýle şöhleleriň howply täsirinden saklaýar. Atmosferanyň 21%-e ýakynyny kislorod, takmynan 78 %-ini azot, galan bölegini bolsa başga gazlar: argon, kömürturşy gazy we suw buglary düzýär.

Ýeriň *gidrosferasy* onuň üstüniň 71%-ini düzýär. Gury ýeriň ortaça beýikligi deňiz derejesinden 875 metr bolmak bilen, Dünýä okeanynyň ortaça çuňlugy 3800 metre çenli ýetýär.

Buzluklar planetamyzyň esli bölegini eýeläp, esasy bölegi Antarktida we Grenlandiýa gury ýerlerini örtýär.

Ýeriň 3450 km uňlugyndan içki böleginde suwuk halyndaky *ýadrosy* anyklanan. Bu ýadro esasan iki – radiusy 1221 kilometre çenli ýetýän içki – gaty we

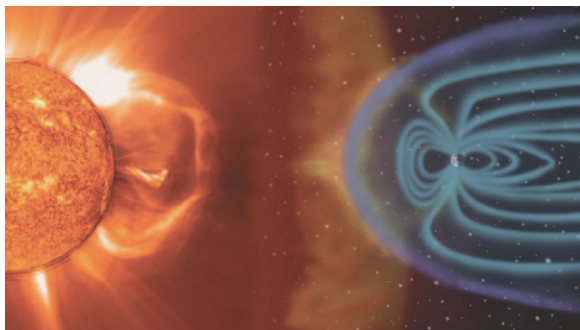
onuň üstünde 2250 kilometr galyňlykdaky suwuk böleklerden ybaratdygy mälim boldy (60-njy surat).

Litosferanyň gaty aşaky gatlagy hem bir jynsly bolman, takmynan 40 kilometr çuňlukda ýiti araçäk bardygy anyklandy. Bu üstden ýokary gatlak *litosfera gabygy*, astyna bolsa *mantiýa* diýilýär. Temperatura Ýeriň merkezine tarap barha artyp, mantiýanyň aşaky astynda 5000°C , merkezde bolsa 10000° çenli ýetýär.

Ýer äpet magnit bolup, 61-nji suratda Gün «şemaly» täsirinde onuň güýç çyzyklarynyň strukturasynyň üýtgeýşi görkezilen.

Ýeriň geomagnit polýuslary geografik Ýer polýuslary bilen üstme-üst düşmeýär. Demirgazyk geomagnit polýusynyň geografik giňligi $78^{\circ}5'$, uzynlygy bolsa 290° gündogar uzynlygy düzýär. Başgaça aýdanda, geomagnit ok Ýeriň okuna $11,5^{\circ}$ -ly burç astynda ýatýar. Geomagnit meýdanynyň güýjenmesi ekwatoran polýusa tarap 0,25–0,35-den 0,6–0,7 Erstede çenli artýar.

Aý – Ýeriň tebigy hemrasy. Ýere iň ýakyn asman jisimi Aý bolup, ol planetamyzyň tebigy hemrasydyr (62-nji surat). Aýyň Ýeriň daşyndaky orbitasy ähli planetalaryň Günüň daşynda aýlanma orbitasy ýaly ellips görnüşde. Şu sebäpli ol Ýere iň ýakyn gelende 363400 kilometr, iň uzaklaşanda (apogeýde) bolsa 405 400 kilometr aralykda bolýar. Aýyň diametri 3476 kilometr bolup, onuň göwrümi Ýeriň göwrüminiň ýüzden iki bölegini düzýär. Aýyň massasy Ýeriň massasyndan 81 esse kemdir. Aýyň üstünde dartyş güýji Ýerdäkiden 6 esse kem. Onuň üstünde erkin gaçma tizlenmesi $1,63\text{ m/s}^2$. Aýyň ortaça dykyzlygy $3,3\text{ g/cm}^3$, ýagny Ýeriňkiden 1,5 esse kem. Gündizi günortan wagtynda Aýyň ekwatorynyň daşynda temperatura $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$, ýarygije bolsa $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ -y düzýär.



61-nji surat. Ýeriň magnitosferasynyň strukturasy.



62-nji surat. Aý – Ýeriň tebigy hemrasy.

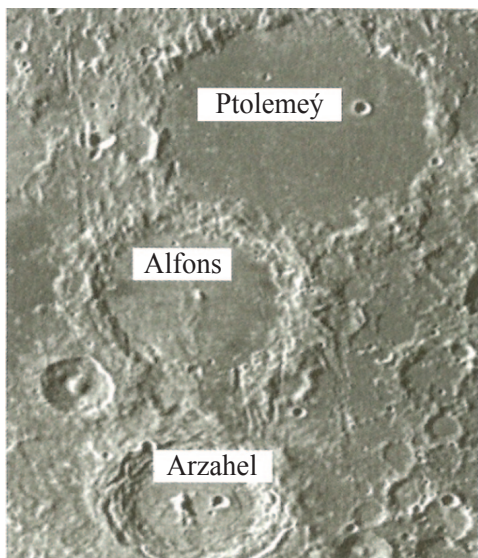
Aýyň asmanynda ýyldyzlaryň, Gün täjiniň görnüşi we şapagyň görünmeýänliginiň sebäbi Aýyň üstünde atmosferanyň ýoklugyndandyr, çünki Gün çykandan soň tä günortana çenli 7 gün 9 sagat wagt gidýär.

Aýyň asmanynyň ajaýyp hadysalaryndan ýene biri planetamyz Ýeriň görünmegidir (59-njy surata garaň). Ýer owadan, gögümtil şar şeklinde, Aýyň asmandaky görnüşinden dört essä çenli uly görünýär. Ýer hem asmanda Aý ýaly dürli fazalarda görünýär. Bu ýagdaý onuň Güne görä Aýyň haýsy tarapynda durandygyna bagly bolýar. Ýer özüniň «doly ýer» fazasynda bolanynda, Aýyň üstüni doly aý Ýeri ýagtylandyranýndan 40 essä çenli röwşenräk ýagtylandyrylar. Aýyň asmanynda «doly ýer» gözegçilik edilýän wagt – Ýerden garanda Aýyň täze aý fazasy wagtyna dogry gelýär.

Aýda-da peslikler (deňizler diýip atlandyrylýar), tümmekler, daglar bar (63-nji surat). Bu obýektleri birinji gezek G.Galileý 1610-njy ýylda özi ýasan teleskopdan Aýa gözegçilik edende tapypdyr.

Aýdaky daglardan iň irileri Alp, Apennin we Kawkaz daglardyr. Daglaryň beýikligi käte 9 kilometre çenli ýetýär. Şonuň ýaly-da, Aýda halkaly daglar köp duşýar.

1969-njy ýylyň iýul aýynda ABŞ-nyň «Apollon-11» kosmos gämisinde iki astronawt – Armstrong we Oldrin Aýa ilkinji gezek gadam basdylar (64-nji surat). Olar



63-nji surat. Aýyň kraterleri we «deňizleri».

Aýyň üstünde uzak seýil edip, Ýere Aýyň üstüniň daşlary, topragy, kristallaryndan ybarat gymmatbaha «sowgatlar» bilen gaýtýdylar. XX asyryň 60–70-nji ýyllarynda «Apollon»lar jemi bolup Aýa 12 astronawty üstünlikli gonduryp, Ýeriň hemrasynyň relýefi, fiziki tebigatyna degişli gymmatly maglumatlary aldylar.

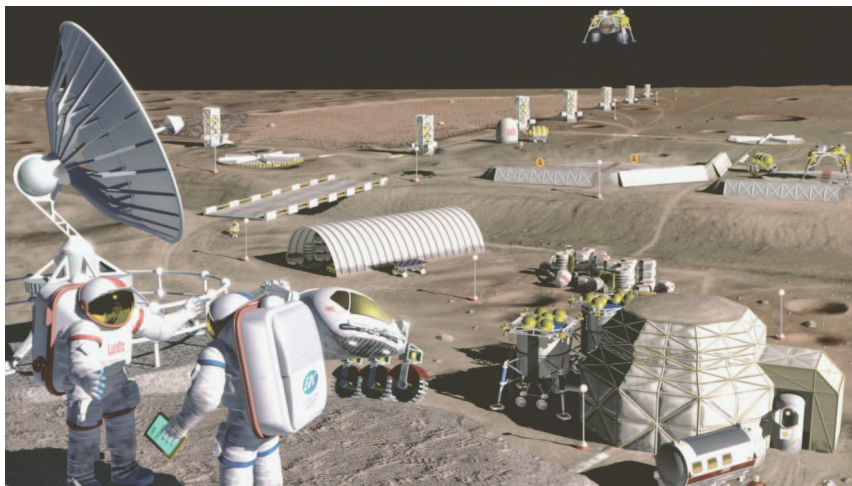
Aýy öwrenmegiň ylym üçin möhümliگی atmosferasy ýoklugydyr. Aýa ornaşdyrylan kiçi bir teleskop Ýerdäki uly teleskoplaryň kömeginde alnan asman jisimleriniň suratlaryndan birnäçe esse oňat hilli fotomateriallary almak mümkinçiligine eýe. Aýda atmosferanyň ýoklugy



64-nji surat. «Apollon» kosmos gämisiniň ekipažynyň Aýyň üstündäk seýil wagty.

sebäpli ol ýere ornaşdyrylan mahsus teleskoplarda ultramelewşe, rentgen we gamma-tolkunlara şöhlelenýän güýçli çeşmeleriň fizikasyny öwrenmegiň mümkinçiligi bar. 65-nji suratda gelejekde Aýda gurulmagy niýetlenilýän ylmy stansiýalardan biriniň taslamasy getirilen.

Mars. Uruş hudaýy Marsyň ady bilen atlandyrylýan Ýer tipindäki dördünji planetanyň orbitasy Ýeriň orbitasyndan daşarda ýatýar. Onuň Günden ortaça uzaklygy 227,94 million kilometr.



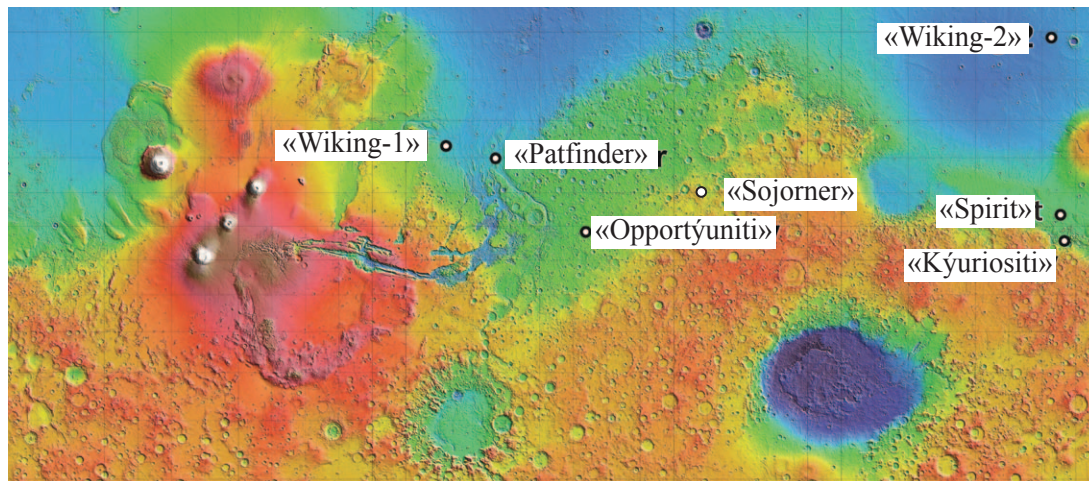
65-nji surat. Gelejekde Aýda guruljak ylmy stansiýa.

Mars beýlekilerden kiçi planeta, onuň diametri 6775 kilometr, massasy bolsa $6,39 \cdot 10^{23}$ kg (Ýer massasynyň 0,107 bölegini düzýär). Ortaça dykyzlygy hem Ýeriňkiden ep-esli kem – $3,94 \text{ g/cm}^3$. Erkin gaçma tizlenmesi – $3,72 \text{ m/s}^2$.

Mars özünüň fiziki tebigaty taýdan Gün sistemasynyň planetalarynyň içinde Ýere «garyndaşlygy bilen tapawutlanýar. Marsyň sutkasy 24 sagat 39,5 minuda deň. Onuň aýlanma okunyň orbita tekizligine gyşarmasy hem Ýeriňkiden kem tapawutlanyp, $65^{\circ}12'$ -a deň. Ýöne Marsyň ýylynyň uzynlygy 686,98 Ýeriň sutkasyna (ýa-da 669 Marsyň sutkasyna) deň. Planetanyň 35° giňliginde güýz paslynda, günortan wagtyna ýakyn temperatura -20°C , aňsamara -40°C , gijesine bolsa -70°C -a ýetýär. Gyş wagtynda 40° -ly giňlikde temperatura -50°C dan, 60° -ly giňlikde bolsa -80°C – 90°C -dan geçmeýär. Marsyň üstüniň minimal temperaturasy onuň polýuslarynda bolup, ol gyşda -125°C -dan pese düşmeýär.

Marsyň atmosferasy örän seýrek bolup, üstünde ortaça basyş 6,1 millibar (1 bar takmynan 1 atmosfera). Marsyň atmosferasynyň 95 %-i kömürturşy gazy, 2,5 %-i azot, 1,52 %-i argondan örän kem mukdardaky kislorod (0,2%) we suw bugundan (0,1%) ybarat.

Marsyň 20° -dan 55° çenli demirgazyk giňlikleriniň arasyndan orun alan we 2000 kilometre çenli uzap giden Ellada pesliginde kraterler ýok. Günorta ýarymşardaky başga bir iri meýdanly peslige Argir diýilýär (66-njy surat). Argirden demirgazyk-günbatar tarapda äpet wulkanly daglar ýerleşen peslik –



66-njy surat. Marsyň Ellada, Tarsis we Argir pesliklerindäki oazisiniň kartasy (suratda şu pasliklere gonan kosmiki apparatlaryü atlary görkezilen)

Tarsis ýassanýar. Onuň aňyrsynda, demirgazyk ýarymşarda, meşhur Amazoniýa we Utopiýa peslikleri ýerleşen. 50° parallelden tä 70° parallele çenli Uly Sähra ýassanyp, ol Demirgazyk polýusy gurşaýan dag halkasy bilen çäklenýär.

Marsyň relýefiniň esasy täsinliklerinden biri – planetanyň daglarydyr. Planetanyň Tarsis raýonynda dört sany konus şeklindäki dag göge direlýär. Bu daglar wulkanly proses täsirinde emele gelen bolup, olardan iň günortada ýerleşen *Arsiýa* dagynyň depesindäki krateriň diametri 130 kilometri düzýär. Bu daglaryň içinde iň irisi Olimp dagy bolup, ol Ýerdäki wulkanly daglardan birnäçe esse üstündir. Olimp dagynyň konusynyň esasyň diametri 600 kilometre, beýikligi bolsa 27 kilometre ýetýär.

Marsyň relýefiniň iň täsin obýektlerinden biri uzynlygy birnäçe ýüz kilometre çenli uzap gidýän jarlyklardyr. Arsiýa dagyndan 20° gündogarda şeýle jarlyklardan biri ýerleşip, onuň uzynlygy 400 kilometre çenli, giňligi käbir ýerlerinde 30 kilometre çenli, çuňlugy bolsa 2 kilometre çenli ýetýär.

«Gyzyl planetanyň» üstünde görünýän başga bir «tilsim» derýa hanalarydyr. Bularyň içinde 30 graduslar çemesi günorta giňlikde ýerleşen Nirgal diýlip atlandyrylýan derýanyň hanasy 400 kilometre çenli uzap giden (*67-nji surat*). Şonuň ýaly-da, uzynlygy 700 kilometre çenli ýetýän başga bir derýanyň hanasy Maadimiň käbir ýerlerinde giňligi 80 kilometre çenli ýetýär. Bu derýa hanalarynde häzir hiç hili suwuklyk akmaýandygy anyk. 1976-njy ýylda Utopiýa



67-nji surat. Marsyň Nirgal atly derýasynyň hanasy.



68-nji surat. Marsyň üstüniň «Wiking-1» (ABS) tarapyndan alnan suraty.



69-njy surat. Marsyň Fobos diýilýän hemrasy (ölçegi 18×22 km).

tekizligine gonan «Wiking-1», daş-töweregiň teswirini Ýere iberdi. Teswirlerde her hili ululykdaky harsaň daşlar we toprak alaňlary aýdyň göze ilýär. Şeýle alaňlaryň peýda bolmagynda tupanyň eli barlygy şeýle görnüp dur (68-nji surat). Şonuň ýaly-da, teswirdäki käbir kraterler tipinde bolan we suw buglaryndan ybarat ümür, Marsyň jümmüşinde suw gurlary (buz halynyda) bardygyna delil bolup biler. Marsdaky anyklanan şert onda ýaşaýşyň (mikroorganizmler) bolmagy mümkin diýen netijäni berýär.

Marsyň iki tebigy hemrasy bar. Olardan biri Fobos (Gorky), ikinjisi bolsa Deýmos (Elhenç) diýip atlandyrylýar. Fobosyň iki özara perpendikulýar ölçegleri, deňişlilikde, 18 we 22 kilometr bolup (69-njy surat), Deýmosyň şeýle ölçegleri 10 we 16 kilometri düzýär. Fobos Marsyň üstünden ortaça 6000 km aňyrdan – onuň daşynda 7 sagat 3 minutda aýlanyp çykmak bilen, Deýmos planetadan 20000 km aňyrdan 30 sagat 18 minutda aýlanyp çykyar.

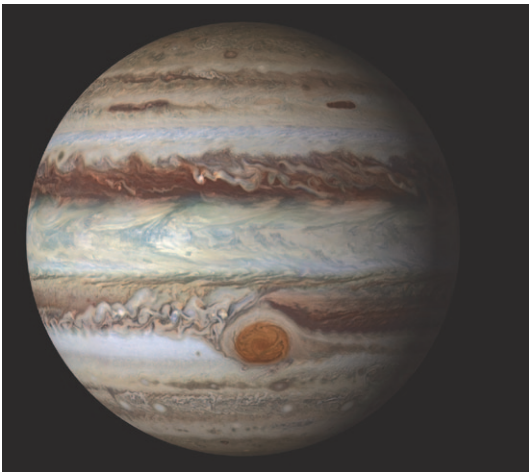
Soraglar we ýumuşlar:

1. Merkuriýniň ölçegleri barada nähili maglumatlara eýesiniňiz?
2. Wenera atmosferasy, ondaky fiziki şert (temperaturasy, basyşy) we düzümi barada nämeleri bilýärsiniňiz?
3. Planetamyz Ýer barada umumy maglumat beriň. Ýer nähili içki gatlaklardan düzülen?
4. Aýyň relýefi barada nämeleri bilýärsiniňiz?
5. Mars haýsy aýratynlyklary bilen Ýere ýakyn hasaplanýar?
6. Marsda gözegçilik edilen derýa hanalary hakyky derýalarymy?

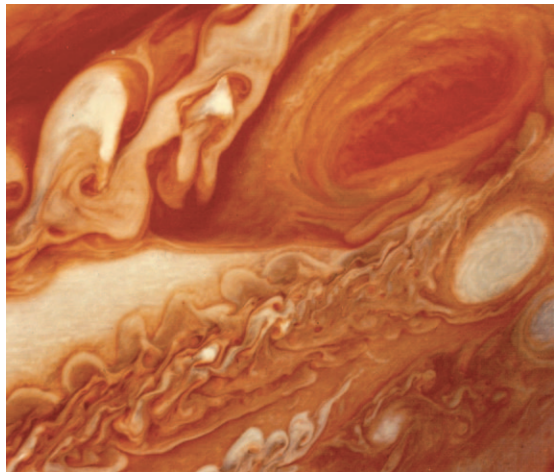
16-njy TEMA. 41-§. Äpet planetalar, olaryň hemralary we halkalary

Ýupiter. Gün sistemasynyň planetalarynyň içinde iň irisi hasaplanan Ýupiter tebigatyna we gurluşyna görä täsinliklere baýlygy bilen astronomlaryň ünsüni özüne çekýär. Ýupiteriň ortaça radiusy Ýer radiusyndan 11 esse uly. 69 müň 911 kilometre deň. Bu äpet planeta Günüň daşynda ortaça 778,5 million kilometrlik aralykda aýlanýar. Planetanyň Günüň daşynda aýlanma tizligi sekundynda 13 kilometr bolup, 12 ýylda bir gezek aýlanyp çykýar.

Ýupiteriň täsin tarapy öz okunyň daşynda aýlanmagy Ýer tipindäki planetalaryňkydan tapawutlanyp, ekwator bölegi çaltrak – 9 sagat 56 minutly döwür bilen dürli giňlikleri bolsa dürlüçe burç tizlik bilen aýlanmagydyr. Onuň massasy Ýeriň massasyndan 318 esse artykdyr. Şonuň üçin hem Ýupiteriň dartýşma güýji Ýerdäkiden iki ýarym esse artyk. Bu uly planetanyň tebigaty hazire çenli täsinligini saklaýan obýektler – ini birnäçe müň kilometre çenli ýetýän onuň ekwatora parallel gara-gyzgylt lentalary mahsusdyr (*70-nji surat*) we 1878-nji ýylda tapylan uzynlygy 30 müň, ini 13 müň kilometre uzap giden Uly Gyzyl tegmili (*71-nji surat*) planetanyň sutkalyk aýlanmagynda gatnaşmagy bilen birlikde, eýläk-beýläk birnäçe gradusa çenli süýşüp durýar.



70-nji surat. Ýupiteriň umumy görnüşi.



71-nji surat. Ýupiteriň üstünde bolýan Uly Gyzyl Tegmil.

Ýupiter atmosferasy wodorod, geliý, bölekleýin metan we ammiak gazlaryndan ybarat. Alnan maglumatlar onda geliýniň mukdary planetanyň atmosferasynyň 9 göterimine deňdigini görkezdi. Planetanyň atmosferasynyň esasy bölegini wodorod (90%) düzýär.

Äpet planetanyň atmosferasynda suw buglarynyň tapylmagy-da uly waka boldy, çünki alymlar onuň bulutly gatlaklarynyň anyklanan temperaturasy $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$ -dan pes bolup, şeýle temperaturada suw buglary hemişe diňe buz halynda bolmagy mümkin diýip takmyn edýärdiler.

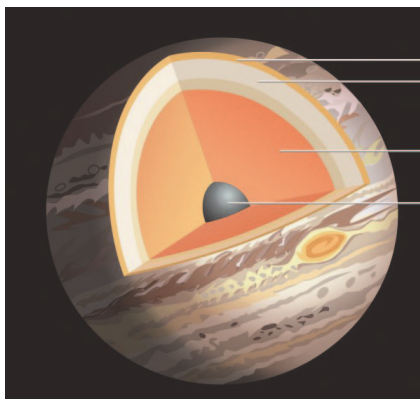
Äpet planetanyň magnit meýdany bolup, ol Günden gelýän položitel we otrisatel zaryadlanan kosmiki bölejikler bilen täsirleşip, olary öz sferasynda «kapasa» düşüren netijede şeýle ýagdaý planetanyň daşynda Ýeriňkä meňzeş güýçli radiasiýa kemerleriniň peýda bolmagyna getiripdir.

Ýupiter Günden Ýere görä 5 esse artyk aralykda bolanyndan, bu planeta meýdan birliginiň Günden alýan energiýasy Ýeriňkiden 27 esse kem. Ýöne, şoňa seretmezden, planetanyň doly üsti, esasan, radio we infragyzyly diapazonlarda, onuň Günden alýan energiýasyndan 2,5 esse diýen ýaly köp energiýa bilen söhlelenýär.

Planeta barada alnan iň soňky maglumatlar esasynda bu äpet planetanyň içki gurluşy matematiki modelleşdirildi. Şu modele görä, Ýupiteriň atmosferasynyň çuňlugy $\approx 10^4$ km bolup, bu araçäkden pesde suwuk faza görnüşindäki massasy ýerleşen, Planetanyň merkezinde agyz elementlerden ybarat gaty halyndaky ýadro bar diýlip takmyn edilýär. Ol ýerde basyş birnäçe on mln. atm bolup, temperatura $15\text{--}25$ müň $^{\circ}\text{C}$ çenli ýetýär (72-nji surat).

Ýupiter öz hemralary bilen uly bir «maşgalany» düzýär, onuň tapylan hemralarynyň sany maýdalary bilen hasaplanda 60-dan geçýär. Planetanyň bu «aý»laryndan dört sany iň irisi 1610-njy ýylda G.Galileý tarapyndan tapylan (73-nji surat).

1979-njy ýylyň mart aýynda Ýupiterden 278 müň kilometr aňyrdan geçen AŞŞ-nyň «Woýajer-1» we soňrak «Woýajer-2» awtomatik stansiýalarynyň Ýupiter we onuň hemralaryny öwrenende hyzmatlary örän uly boldy (74-nji surat). «Woýajer» alan suratlarda planetanyň 30 müň kilometre uzap giden polýus şapagy we atmosferasynda ýyldyrymy ýatladýan ýalpyldy anyklandy. Şonuň ýaly-da, planetanyň üstünden 57 müň kilometr beýiklikde, giňligi 8 müň 700 kilometr we galyňlygy 30 kilometrden uly bolmadyk, Saturnyňka meňzeş halkasy bardygy hem mälim boldy.



Atmosfera
Suwuk wodorod
Suwuk metally wodorod
Ýadro



Yewropa

Io

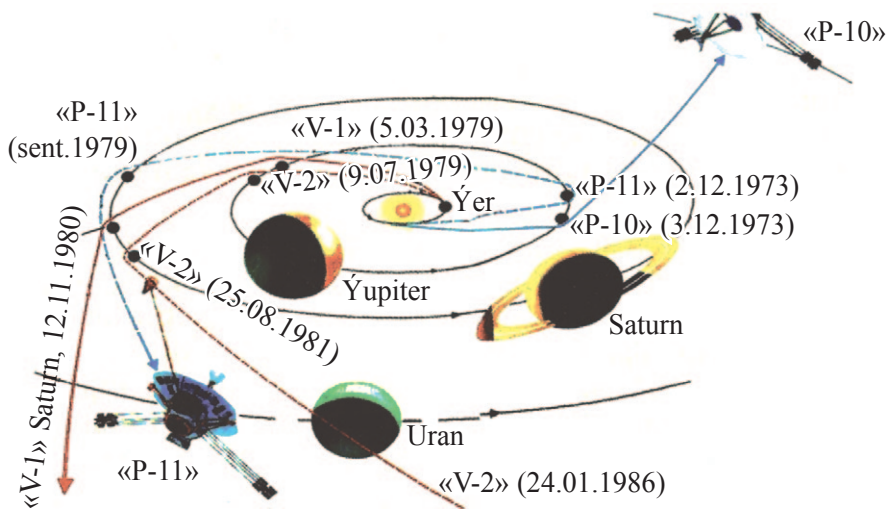
Kallisto

Ganimed

72-nji surat. Ýupiteriň içki gurluşy.

73-nji surat. Ýupiteriň Galileý hemralarynyň deňeşdirme ölçegleri.

Awtomatik stansiýa planetanyň hemrasy Iodan iň ýakyn (19 müň km) aralykdan geçmek bilen, onuň üstünde şol bir wagtda «işleýän» *wulkany* (beýikligi 160 km), birnäçe ýüz kilometre uzap giden dag ulgamy we jarlyklar anyklady. Kallistodaky kraterlerden biri birnäçe konsentrik dag halkalary bilen gurşalan bolup, kä ýerlerde bu ulgamlaryň aralygy 1600 kilometre çenli ýetýär.



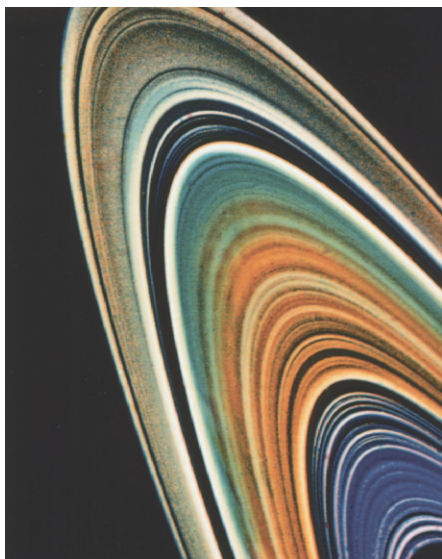
74- nji surat. «Pioner-10», «Pioner-11» («P-10», «P-11») we «Woýajer-1», «Woýajer-2» («V-1», «V-2»)leriň traýektoriyalary.

Saturn. Saturn ululygy taýdan diňe Ýupiterden soň durýar, onuň diametri 120 müň 800 kilometr. Günden ortaça uzaklygy 9,5 astronomik birlik, ýagny Günden 1 milliard 427 million kilometr aňyrdan ýatýar. Halkaly bu planeta orbitasy boýunça sekundyna 9,6 kilometr tizlik bilen uçup, 29 ýyl 5 aý 16 gün diýende Günüň daşyny bir gezek aýlanyp çykýar. Saturnyň öz okunyň daşynda aýlanmagy Ýupiteriňki ýaly dürli giňliklerinde dürlüçedir.

Planetanyň ekwator tekizligi onuň orbita tekizligi bilen $26^{\circ}45'$ burç emele getirýär. Daşynda ini 60 müň km. çenli, galyňlygy 10–15 kilometre çenli ýetýän halkasy bardygy bilen başga planetalardan ýiti tapawutlanýar (*75-nji surat*).

Saturny öwrenende uly ädim 1979-njy ýylyň 1-nji sentýabrynda 6 ýyllyk planetalarara «seýil»den soň Saturndan 21 müň 400 kilometr aňyrdan geçen Amerikanyň «Pioner-11» awtomatik stansiýasy tarapyndan goýuldy. Ol öz «gözegçilikleri» esasynda planetanyň üstüniň golaýynda magnit meýdany 10 E çenlidigi anyklady.

1980-nji ýylyň güýzünde Saturnyň golaýyndan ABŞ-nyň başga bir stansiýasy – «Woýajer-1» geçdi. Stansiýanyň planetanyň golaýyndan durup alan suratlary halka onlarça, hatda ýüzlerçe özbaşdak halkajyklardan düzülendigini we onuň tekizliginde ululygy 80 kilometre çenli bolan maýda – körpe hemralar aýlanýandygyny mälim etdi.

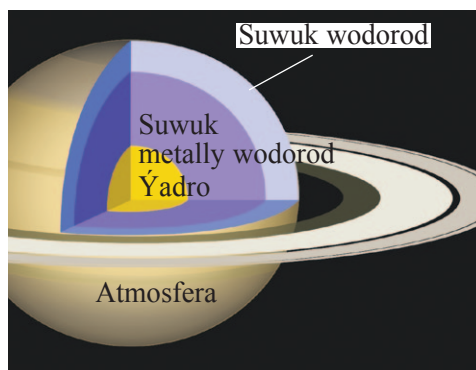


75-nji surat. Saturn we onuň halkasy.

Gözegçilikler planetanyň üstünde temperatura -180°C töwereginde anykladylar. Planetanyň atmosferasynda hem Ýupiteriňki ýaly metan gazy (CH_4) bilen bilelikde ammiak (NH_3) hem duşýar. 1974-nji ýylda planetanyň atmosferasynda etan (C_2H_6) tapyldy.

Saturnyň elementli düzümi Ýupiteriňkiden tapawutlanman, wodorod (93%) we geliýden (6%) ybarat. Saturn atmosferasynyň galyňlygy 1000 km töwereginde bolup, ondan aşakda wodorodyň geliýli garyndyly gatlagy ýerleşen. Planetanyň radiusynyň ýarysynyň golaýynda temperatura 1000°C , basyş bolsa 3 mln. atm ýakyn. Ondan pesräkde, 0,7–0,8 planetanyň radiusynyň beýikliginde wodorod metally fazada duşýar. Bu gatlagyň astynda

erän halynda Ýeriň massasyndan 9 essä çenli uly bolan silikat-metally ýadro ýerleşen (76-njy surat). Saturnyň hemralaryndan iň irisi Titan bolup, (atmosferasy esasan azot we metandan) Gün sistemasyndaky planetalaryň «Aý»larynyň içinde ululygy taýdan ikinji orunda, ýagny Ganimedden soň durýar (77-nji surat). Onuň diametri 4850 kilometr. Soňluk bilen Titan atmosferasynda ýeterliçe köp mukdarda wodorod bardygy anyklandy. 1980-nji ýylda «Woýajer-1» Saturn golaýyndan geçip, onuň 6 sany täze hemrasyny tapdy. Şol bir wagtda onuň tapylan hemralarynyň sany 60-dan artyk.



76-njy surat. Saturnyň içki gurluşy.

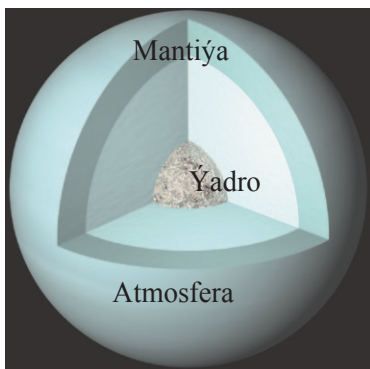
Uran planetasy aslynda sazanda, soňluk bilen meşhur astronom derejesine göterilen W.Gerşel tarapyndan 1781-nji ýylda tötänden tapyldy. Uranyň diametri 50 müň 300 kilometr, massasy Ýeriňkiden 14,59 esse uly, ortaça dykzlygy bolsa $1,2 \text{ g/cm}^3$. Bu planeta Günden ortaça 19,2 astronomik birlik aralykda onuň daşynda aýlanýar. Uranyň orbital tizligi sekundyna 6,8 kilometri düzýär we Günüň daşynda 84 ýylda bir gezek doly aýlanyp çykýar. Urany radioşöhlelerde gözegçilik etmek, onuň sutkasynyň uzynlygy 17 sagat 14 minutlygyny anyklady.

Uranyň asmanynda Gün 2' ýakyn burç astynda görünýär. Uranyň üstüni radioşöhleler esasynda ölçemek, onuň ortaça temperaturasynyň $-200 \text{ }^\circ\text{C}$ ekenligini mälim etdi.

Uran, esasan, wodoroddan we geliýden ybarat bolup, onda bölekleýin metan hem bardygy anyklanan. Uranyň içki gurluşyny alymlar alnan maglumatlar esasynda 78-nji suratdaky ýaly göz önüne getirýärler. Bu planetanyň tapylan



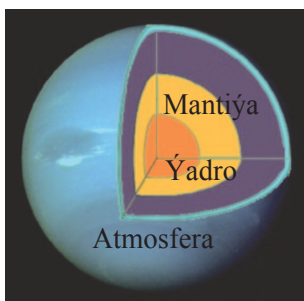
77-nji surat. Saturnyň hemralary (iň irisi – Titan).



78-nji surat. Urannuň içki gurluşy.

Uranyň hereketindäki bu süýşme onuň orbitasyndan daşardaky başga bir planetanyň täsiri sebäpli diýen karara geldiler.

Şeýle çylşyrymly matematiki meseläni çözmek üçin bir wagtda bir-birlerinden bihabar ýagdaýda iki astronom «bil baglady». Bulardan biri fransuz matematigi U.Lewerýe, ikinjisi bolsa ýaş inlis astronomy J.Adamsdy. 1846-njy ýylda matematiki hasaplamalar esasynda planetanyň orny gaýtadan anyklanansoň, U.Lewerýe teleskopik ýyldyzlaryň doly kartasy bar bolan Berlin observatoriýasynyň işgärlerinden gözlenýän planetanyň takmyny ornuny aýdyp, ony kartadan garap bermegi haýyş edýär. 1846-njy ýylyň 23-nji sentýabrynda bu observatoriýanyň astronomy Galle planetany Lewerýe aýdan ýerden bary-yogy



79-njy surat. Neptunyň içki gurluşy häzire çenli şeýle göz öňüne getirilýär.



80-nji surat. Neptunyň hemralary (iň iri hemrasy – Triton).

bir gradus aňyrdan tapdy. Tapylan planeta deňiz we okeanlaryň hudaýy Neptunyň ady bilen atlandyryldy.

Neptun Urandan birneme uly bolup, onuň diametri 50 müň 100 kilometrdir. Dykzlygy her kub santimetrinde 1,6 gram. Günden ortaça uzaklygy 30,1 astronomik birlik. Massasy Ýeriňkiden 17,25 esse uly. Planetanyň Günüň daşynda aýlanma döwri 164 ýyl 280 gün. Neptun öz okunyň daşynda 15,57 sagatda bir gezek aýlanyp çykýar.

«Woýajer»leriň kömeginde spektroskopik gözegçilikler Neptunda wodorod we metan bardygyny mälim etdi. Planetanyň dykzlygynyň Ýupiteriň we Saturnyň dykzlygyndan artyklygy, onuň düzümünde agyrrak elementler bar, diýen netijä getirdi (79-njy surat).

1846-njy ýylda astronom Lassel Neptunyň uly bir hemrasyny tapdy we oňa Triton diýip at berdi (80-nji surat). Triton örän massiw bolup, diametri 2707 kilometre çenli ýetýär. Triton Neptundan ortaça 383 müň kilometr aralykda, planetanyň *aýlanma ugruna ters* orbital hereket bilen aýlanýar. Şonuň ýaly-da, planetanyň bu iri hemrasy ep-esli galyň atmosfera bilen hem örtülen. 1949-njy ýylda Koýper planetanyň başga bir hemrasyny tapdy we oňa gadymky grekleriň söýgi hudaýy Nereý gyzy Nereida ady berildi. Onuň diametri bary-ýogy 300 kilometr, planetanyň tapylan jemi hemralary 10-dan artyk.

Ekzoplanetalar. Adamzat Älemiň syrlaryny çuňrak aňmak bilen, özüne özi «biz Älemde ýalňyzmy?» diýen soragy köp gezek beripdir. Ýöne bu soraga henize çenli doly jogap tapylanok. Gün sistemasynyň planetalaryny öwrenmek, bu çäkde Ýeriňkä meňzeş ýaşaýşyň yzlaryny tapmady. Şonuň üçin hem biz Gün sistemasynda ýekediris, diýip anyk aýdyp bileris.

Ýöne astronomlar Günüň Älemde seýrek ýyllyz dälligi, oňa meňzeş ýyllyzlar san-sajaksyzdygyny bireýýäm anyklapdyrlar. Şoňa görä, milliardlarça bu ýyllyzlaryň käbirleriniň daşynda-da Ýere meňzeş planetalar hereketlenip, olarda aňly ýaşaýşyň ösmegi üçin Ýerdäki ýaly şertleriň bolmagy mümkindigi anyk. Başga ýyllyzlaryň hemralary hasaplanýan şeýle planetalara *ekzoplanetalar* («ekzo», latynça daşary diýeni) diýilýär.

Birinji ekzoplaneta 1995-nji ýylda açyldy. Ženewa (Şweýsariýa) obserwatoriýasynyň astronomlary M.Maýor we D.Kweloslar tarapyndan spektr çyzyklary ýokary takyklykda süýşmegini (13 m/sek) ölçäp bilýän dördedilen spektrometrleri muňa mümkinçilik berýär. Olar 1994-nji ýyldan başlap galaktikamyzda Güne ýakyn ýerleşen 142 sany gün şekilli ýyllyzlaryň şöhle tizliklerini üznüksiz

ölçemäge girişdiler we tiz arada 51–Pegas ýyldyzy, onuň daşyndaky massasy Ýupiteriňkine ýakyn hemrasynyň täsirinde 4,23 sutkalyk döwür bilen «yrgyl-daýandygyny» tapdylar.

Şeýle gözlegler netijesinde XX asyryň ahyryna çenli 20-ä golaý ekzoplaneta açyş edildi. 2009-njy ýylyň mart aýynda orbita çykarylan «Kepler» kosmiki aparatyna ornaşdyrylan teleskopyň kömeginde 1000-den artyk ekzoplaneta tapyldy.

Häzirgi güne çenli açylan ekzoplanetalar, temperaturasyna we himiki düzümlerine görä dürli-dürlüdür. Ýupiter planetasyna meňzeş (massasy 0,19 dan 13 Ýupiter massasyna çenli) iň uly ekzoplanetalara «Ýupiterler» diýip at berlen. «Ýupiterler» esasan wodoroddan we geliýden ybaratdygy sebäpli olary Gün sistemasyndaky Ýupiter we Saturn planetalary toparyna girizmek mümkin. «Ýupiterler»den ep-esli kiçi bolan ekzoplanetalara «Neptunlar» diýilýär. Olaryň massalary 7-den 60 Ýeriň massasyna çenli ýetýär. Şeýle planetalar suw, ammiak, kömürturşy gazy buzларыndan we gaýa daşlardan ybarat bolup, Günüň daşynda hereketlenýän planetalardan Uran we Neptunlaryň toparyna goşmak mümkin. Iň kiçi ekzoplanetalar «Ýerler» (massalary 7 Ýeriň massasyndan kiçi) diýip atlandyrylýar. Bu planetalar silikatlar, metal we başga gaty jynslardan ybarat bolup, olary Gün sistemasyndaky Ýer, Mars, Wenera we Merkuriý planetalarynyň topar wekilleri diýmek mümkin.

2018-nji ýylyň apreline çenli astronomlar tapan ekzoplanetalaryň sany 3767-ä ýetdi.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Ýupiteriň atmosferasy nähili gazlardan ybarat?
2. Ýupiter nähili awtomatik stansiýalaryň kömeginde öwrenilen?
3. Saturnyň halkasy nämelerden düzülen?
4. Saturn nähili awtomatik stansiýalar kömeginde öwrenilipdir? Planetanyň daşynda onuň näçe tebigy hemrasy aýlanýar?
5. Saturnyň iň iri hemrasy Titan barada nämeleri bilýärsiňiz? Uranyň içki gurluşy barada nämeleri bilýärsiňiz?
6. Nähili awtomatik stansiýanyň «aýagy» Neptuna çenli ýetdi?

17-nji TEMA. 42-§. Asteroidler we kiçi planetalar

1596-njy ýylda çap edilen «Kosmografiýanyň syrlyry» eserinde Iogann Kepler Mars bilen Ýupiteriň arasynda ýene bir planeta bolmaly diýen güman bilen çykyppy. Kepleriň bu gipotezasy iki asyrdan soň planetalaryň Günden ortaça uzaklyklaryny aňladýan ajaýyp empirik (gönüden-göni gözegçiliklerden anyklanan) kanunalaýyklygyň açylmagy bilen tassyklandy. 1772-nji ýylda wittenbergli astronom Iogann Tisius planetalaryň astronomik birliklerde aňladylan uly ýarym oklary aşakdaky gatnaşykdan tapylýandygyny anyklady:

$$a = (0,4 + 0,3 \cdot 2^n) \text{ a.b.},$$

bu ýerde n : $-\infty, 0, 1, 2, 3, 4, \dots$ bahalary alýar.

Aşakdaky jedwelde planetalaryň orbitalarynyň uly ýarym oklarynyň ýokardaky formulanyň kömeginde tapylan bahalary olaryň Günden hakyky uzaklyklary bilen deňeşdirilen (2-jedwel).

2-nji jedwel

№	Planeta	n	Planetanyň Tisius formula-synyň kömeginde hasaplanan uly ýarym oky (a.b.)	Planetanyň Günden ortaça uzaklygy (a.b.)
1	Merkuriý	$-\infty$	0,4	0,4
2	Wenera	0	0,7	0,7
3	Ýer	1	1,0	1,0
4	Mars	2	1,6	1,52
5	?	3	2,8	–
6	Ýupiter	4	5,2	5,2
7	Saturn	5	10,0	9,5

Tisiusyň açyşyndan habar tapan berlinli astronom Iogann Bode bu empirik gatnaşygy täzedan görüp, onuň dogrudygyna göz ýetirdi we ony giň wagyz

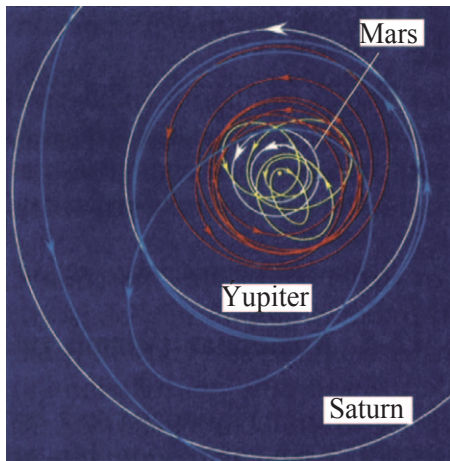
etmekte uly hyzmat etdi. Şondan soň bu kanun Tisius-Bode ady bilen dünýä tanaldy. Bu kanuna görä gadymda Mars bilen Ýupiteriň aralygynda Günden ortaça 2,8 astronomik birlik aralykda ýene bir planeta bolanlygyna indi köp astronomlar şübhelenmeýän boldular.

Italiýaly astronom Piassi bu ugurda 1801-nji ýylyň başynda Sowur ýyldyz toparyndan bir asman jisimini tapdy. Oňa Serera diýip at berdiler. Şondan soň 1807-nji ýyla çenli alymlar tarapyndan Günden şeýle aralykda ýene 3 sany – Pallada, Greka we Westa atly maýda planetalar tapyldy. Olara asteroidler (grekçede «ýyldyz şekilli») diýen at berildi. 1890-njy ýylda olaryň sany 36-a ýetdi.

Tapylan maýda planetalar Gadymky Rim rowaýatlarynyň gahrymanlary, hudaýlaryň atlary bilen atlandyrylýan boldy. Soňra olaryň sany örän köpeligidensoň, 45-sinden başlap, ýönekeý aýallaryň ady, soňrak bolsa asteroidlere Filosofiýa, Geometriýa, Ýustisiýa ýaly ylmylaryň atlary hem-de geografik atlar berilýän boldy.

Uruş ýyllarynda Kitap halkara giňlik stansiýasynda işlän astronom G.Neuýmin tapan asteroidlerden birine (1351-nji belgilerine) «Özbekistaniýa» diýip at berildi.

Asteroidleriň massalary $2,38 \cdot 10^{19}$ kg-dan (Westa), ýagny Ýeriň massasyndan 25 mün esse kiçi, tä 10^{12} kg (Germes) çenli baryp, ortaça dykzlygy 2 g/cm^3 dan (daşly asteroid) tä $7-8 \text{ g/cm}^3$ çenli (demir-nikelli asteroid) ýetýär. *81-nji surat*da bir topar asteroidleriň Günüň daşyndaky orbitalarynyň özara ýerleşişleri görkezilen.



81-nji surat. Bir topar maýda planetalaryň orbitalary.

Asteroidlerden Ikar, Germes, Eros we Adonisler Ýere döwürleýin ýagdaýda ýakynlaşyp durýar. Hasaplamalar olar Ýere 1 mln km-dan 23 mln. km çenli ýakynlaşmaklary mümkin.

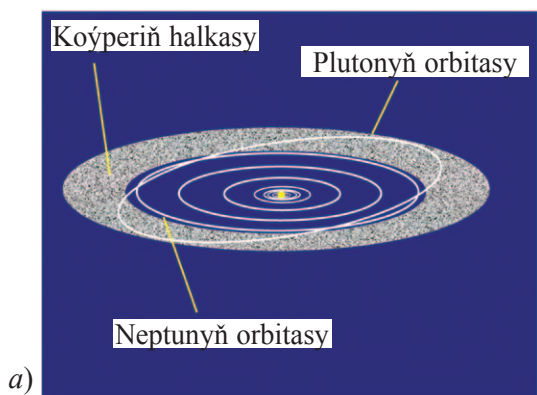
Ýöne asteroidleriň Ýere döwürleýin ýagdaýda ýakynlaşyp durmagyndan howatyr-lanmaly däldir. Çünki şeýle asteroidler orbitalarynyň hasap-hesibi bilen Halkara Astronomik Bileleşigiň bir topar alymlary hemişelik meşgullanýarlar. Diýmek, planeta-myz bilen käbir asteroidiň çaknyşmak ähtimalynyň ýüze çykmagyny olar birnäçe ýyl

öňünden duýduryp bilýärler. Şeýle duýduruş esasynda, alymlarymyz Ýeri asteroid bilen heläkçilikli duşuşmagyndan saklap galmagyň dürli ýollaryny bireýýäm tapyp goýupdyrlar.

Pluton we kiçi planetalar. 1880-nji ýylda iňlis astronomy Forbs Neptunyň hereketini uzak ýyllar öwrenip, ondan daşarda-da haýsy-da bolsa bir asman jisimi bolmaly diýen pikiri berdi. XX asyryň başynda astronom Lowell näbelli planetany agtarmak bilen meşgullandy. Bu asman jisimi Pluton planetasy bolup çykdy. Ony 1930-njy ýylda K.Tombo tapdy.

XX asyryň ahyryna gelip, Neptun planetasynyň orbitasyndan daşarsynda-da asteroidler halkasy tapyldy we oňa «Koýperiň halkasy» diýip at berildi. Munuň sebäbi, 1951-nji ýylyň özünde onuň barlygyny amerikaly astronom J.Koýper öňünden aýdypdy. Alymlar bu halka äpet planetalardan 35–50 a. b. uzaklykda ýerleşen bolup, asteroidlerden we kometalardan ybarat diýen pikiri berdiler.

1992-nji ýylda Koýperiň halkasyndaky diametri 280 km bolan I992QB1 Albion – birinji obýekt tapyldy. 2000-nji ýylyň maý aýyna gelip tapylan transneptun (neptunaňyrsy) obýektleriniň sany 300-e ýakynlaşdy. Bu jisimleriň ählisi planetalar ýaly Günüň daşynda onuň planetalary ýaly göni ugurda aýlanýar (82-nji a surat). Olary asteroid ýa-da kometa diýip atlandyrmak örän kyn, çünki täze açylýan bu jisimleriň diametri ep-esli uly bolup, 100–800 km-i düzýär. Iň ahyrky barlaglaryň netijesine görä, bu halkada diametri 100 km-dan artyk bolan 70 000 -den artyk obýekt bolmagy mümkin.



a)



b)

82-nji surat. a) Koýperiň halkasy, b) neptunaňyrsylaryň iri wekilleri.

2003-nji ýylda Kaliforniýa tehnologiýa institutynyň astronomy Maýk Braun 2003 UB313 «Hena» (Ksena ýa-da Zena) transneptun obýektini açdy. Bu asman jisiminiň ölçegi Plutonyňkydan hem uludy. Şondan soň dünýä astronomlarynyň arasynda «bu obýekt hem planetalar hataryna goşulýarmy?» diýen sorag döredi. Bu soraga jogap tapmak maksadynda Halkara astronomiýa bileleşigi (HAB) professor O.Jingerih ýolbaşçylygynda mahsus işçi topary düzdi. Şol toparyň hödürlemegine görä, HAB-niň 26-njy assambleýasynda planetalary we kiçi planetalary bir-birlerinden tapawutlandyrmak üçin aýratyn kesgitleme berildi:

1. *Planeta* – Günün daşynda aýlanýan asman jisimi. Şar şekilli bolup, ýeterli derejede uly we massiw bolmaly. Şeýle planetalar 8 sany: Merkuriý, Wenera, Ýer, Mars, Ýupiter, Saturn, Uran we Neptun. Bu topara «klassyky planetalar» diýen at berlen.

2. *Kiçi planetalar* – Günün daşynda aýlanýan asman jisimleri bolup, daşky jisim güýçlerinden üstün bolan öz-özünden grawitasiýalanma täsirinde şar şekilli bolmagy üçin ýeterli derejede uly – saldamly bolmaly we başga planetalaryň hemrasy bolmaly däl. Kiçi planetalar Plutona meňzeş bolup, olaryň iň irisi Ksena (2003 UB313). Pluton, Haron, Sedna hem-de iň uly asteroid Serera hem hut şu kiçi planetalaryň arasyndan ýer alan (82-nji b surat).

Soraglar we ýumuşlar:

1. Tisiusiň kanuny planetalaryň orbitasyna degişli nähili parametri hasaplaýar?
2. Maýda planetalaryň orbitalary bar bolan haýsy planetalaryň aralygynda ýatýar?
3. Haýsy maýda planetalar döwürleýin ýagdaýda Ýere ýakynlaşyp durýar?
4. Kiçi planetalar HAB tarapyndan nähili kesgitleme bilen kesgитlendi?

18-nji TEMA. 43-§. Kometalar («guýrukly ýyldyzlar»)

«Kometa» grekçe söz bolup, «saçly» diýen manyny aňladýar. Kometalara «saçly» ýa-da «guýrukly ýyldyzlar» diýen at olaryň Günün golaýyndan geçendäki görnüşlerine görä berlen (83-nji surat). Hususan-da, kometa Güne tarap gelmek bilen, äpet planetalaryň orbitalaryna ýakynlaşanda, onuň massasy jemlenen *ýadrosy* öçüsi ýyldyz şeklinde göze ilýär.

Kometanyň asman jisimlerindenligini 1577-nji ýylda astronom T.Brage anyklyadyr. Oňa çenli adamlar kometany Ýeriň atmosferasynyň hadysasy diýip düşünişdirler.

XVII asyryň başlarynda I.Kepler we G.Galileý «guýrukly ýyldyzlar» Gün sistemasyny göni çyzyk boýunça kesip geçýär we soň oňa bütinleý gaýtmaýar diýip takmyn edipdirler.

Nýutonyň şägirdi Edmund Galleý 1337-nji ýyldan 1698-nji ýyla çenli bolan döwürde gözegçilik edilen 24 kometany öwrenip, olaryň orbita elementlerini anyklady. Bu kometalardan üçüsiniň, has takygy 1531, 1607, 1682-nji ýyllarda gözegçilik edilenleriniň orbita elementleri birmeňzeş diýen ýaly bolup çykanlygy täsindir. Bu ýagdaý tātänleýin dälidigine berk ynanan E.Galleý 1705-nji ýylda şeýle ýazýar: «1531-nji ýylda Apian tarapyndan, 1607-nji ýylda Kepler we Longomontan tarapyndan gözegçilik edilen kometa, 1682-nji ýylda men özümgözegçilik eden kometanyň hut özi bolmaly diýen pikir maňa dynçlyk bermeýär. Bu üç kometanyň elementleri bir-birine anyk gabat gelýär. Şonuň üçin hem men bu kometanyň 1758-nji ýylda gaýdyp geljekdigini ynam bilen aýdyp bilerin. Eger ol gaýdyp gelse, onda başga kometalaryň hem Günüň golaýyna gaýdyp geljekdiklerine (ýagny döwürleýinligine) şübhe galmaýar».

Alym ýaňlyşmandy. Galleý öňünden aýdan «guýrukly ýyldyz» 1759-njy ýylyň 12-nji martynda perigeliýden geçdi we Galleýiň öndengörüjiligi tassyklandy. Bu, Nýutonyň dartyşma kanunynyň haklygyny subut etdi. Gün sistemasynyň agzasydygyny tassyklanan kometa, ony açyş edeniň hormatyna Galleý diýip atlandyrylýan boldy.

Kometalaryň ýadrosy buzlan(doňan) gazlar we olara ýapyşan dürli ölçegdäki tozan, daş we metal bölejiklerden ybarat. Buzlan gazyň aglabasy ammiak, metan, kömürturşy gazy, sian we azotdan ybarat bolup, kometa Güne ýakynlaşanda ýadro onuň yssysyndan intensiw bugaryp başlaýar we ýadronyň daşynda galyň gaz gatlagy – kometany emele getirýär.

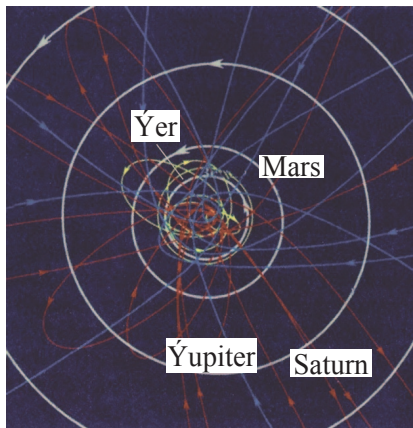


83-nji surat. «Guýrukly ýyldyz» (kometa)nyň görnüşi.

Munda kometalaryň guýruklary Gün şöhleleriniň basyşy we Gün «şemaly» (korpuskulýar bölejikleriniň akymy) täsirinde peýda bolýar. Kometa Güne ýakynlaşdygy saýyn, kometa gazyň we tozanyň intensiw bölünip çykmagy netijesinde oňa täsir edýän basyş güýji-de artyp, kometanyň guýrugy Günden ters tarapa garap günsaýyn süýnýär we millionlarça kilometri düzýär.

Kometanyň guýrugyny düzýän gaz we tozan, adatda örän seýrek bolup, onuň spektrinde ionlaşan azot, kömürturşy gazy we ys gazynyň emission (şöhlelenme) çyzyklary peýda bolýar. Tozanly kometa guýruklarynyň spektri Gün şöhlelerini serpikdirýändig sebäpli Günüň spektri bilen birmeňzeş bolýar.

Kometanyň massasynyň esasy bölegi onuň ýadrosynda jemlenen bolup, iň iri kometalarda-da ol Ýeriň massasynyň ýüz milliondan bir böleginden geçmeýär. Kometnyň dykzlygy bolsa bary-ýogy 10^{-12} – 10^{-13} g/cm³-y düzýär. Kometanyň baş böleginiň diametri, onuň massasyna we Günden uzaklygyna görä müň km-dan (öçügsi kometalarda) 2 mln. km çenli (röwşen kometalarda), guýruk bölegi bolsa 150 mln. km çenli ýetýär. Kometalara degişli täze maglumatlaryň köpüsi, Galley kometasynyň 1986-njy ýylda Günüň golaýyndan nobatdaky geçende «Jotto» (Beýik Britaniýa), «Planeta» (Ýaponiýa) we «Wega» (öňki Soýuz) awtomatik stansiýalarynyň kömeginde alyndy.



84-nji surat. «Guýrukly ýyldyz»lardan bir toparynyň Günüň daşyndaky orbitalary.

1950-nji ýyly çenli 1500-den artyk kometa bellik edildi, şolardan 400-e golaýyny teleskoplar oýlanyp tapylýança, galanlary bolsa teleskoplaryň kömeginde açylan. Bir topar kometalaryň Günüň daşyndaky orbitalary 84-nji suratda getirilen. Kometalar nirede «döreýär»? Golland astronomy Ý. Oort, öz barlaglary esasynda, Güne ýakynlaşyp görünýän kometalaryň çeşmesi – Gün sistemasyny gurşaýan we Günden örän uzak aralykda ýatýan kometalaryň ýadrolarynyň äpet buludy, ýada salşy ýaly Oort buludy diýlip atlandyrylýan boldy. Şeýle bulut 1 parsek diýen ýaly aralyga uzap giden bolup, şeýle uly uzaklykda hereketlenýän kometa ýadrolary orbitalarynyň

käbirleri ýyldyzlaryň daşlaşdyryjy tizlenmesi täsirinde öz ýoluny üýtgedip, ahyrky netijede Günüň hemrasyna öwrülip galmagy mümkinligi hasaplamalardan anyklandy.

Şeýle gaty uzyn döwürli kometalar hemişe doňan halatda bolýandyklary üçin öz gazlaryny planetalarara boşluga onçakly sarplamaýar we şonuň üçin hem milliardlarça ýyllaryň dowamynda, üýtgezsiz diýen ýaly ýaşaýar. Şu sebäpli olary öwrenip, Gün sistemasynyň ewolýusiýasynyň ilkinji basgançagy baradaky maglumatlary almak mümkin. Käte Günüň we planetalaryň täsirinde kometalaryň orbitalarynyň perigeliýi barha peselip, Güne ýakyn aralykdan geçýän orbitalarda hereketlenýän bolup galmaklary mümkin. Hasaplamalar «guýrukly ýyldyz»laryň käbirleri şeýle täsir netijesinde örän uly tizlige ýetip, Gün sistemasyny bütinleý taşlap gidýän parabolik orbitalara (Güne görä) geçip gitmegi-de mümkinligini görkezýär.

44-§. Meteorlar («uçar ýyldyzlar») we meteoritler

Gijesine owadan yz galdyryp «uçan ýyldyz»lary hemmäňiz görensiňiz. Ýöne bu «uçar ýyldyz»laryň hakyky ýyldyzlara hiç aragatnaşygy ýokdugyny her kim hem bilmeýe gerek. Aslynda olar – asmanyň «ykmanda» maýda daş bölejikleridir. Olaryň ululyklary millimetriň ülüşlerinde, massalary bolsa milligramlara çenli ölçelýär. Olar Ýere ýakynlaşansoň, planetamyzyň atmosferasyna sekundyna 10 kilometrdan 70–80 kilometre çenli tizlik bilen girýär. Şübhesiz, şeýle uly tizlikdäki daş bölejigi atmosferanyň molekullary bilen sürtülip gaty gyzýar, şol bir wagtda ol göze gowy görünýär we uçuş dowamynda örän tiz dargaýar. Ylymda *meteorlar* diýlip atlandyrylýan «uçar ýyldyz»lar ýolunyň uzynlygy bu asman jisimleriniň ululyklaryna baglylygyny düşünmek kyn däl.

Meteor bölejikler nähili emele gelýär, olaryň çeşmeleri nirede, – diýen tebigy sorag döreyär. Gap şundaki, käbir kometalar her gezek Günüň golaýyndan geçende, ýadrosyna degişli bir bölek gazy we tozanyny ýitirýär. Mälim kometa näçe wagtdan soň öz ýadrosyndaky gazy sarp edip gutarýandygyny rus alymy S.W. Orlow Galley kometasy üçin ýerine ýetirdi. Onuň hasaplamalary, bu kometa Günüň daşynda 330 gezek aýlanandan soň, ýagny 25 müň ýyldan soň gaz gorundan aýrylýandygyny mälim etdi.

Kometanyň bütinleý gözden ýitmegi başga bir proses – mehaniki dargama netijesinde bolýar. Mehaniki dargama, Günün golaýyndan geçýän örän köp kometalarda anyklyan. Hususan-da, 1846-njy ýylda gözegçilik edilen Biela kometasy Günün golaýyndan geçende iki bölege bölünipdir. Nobatdaky, 1857-nji ýylda görnende bu bölekleriň biri ikinjisinden iki million kilometre uzaklaşan we şundan soň tä şu wagta çenli, her näçe synanyşmalara seretmezden, ol hiç kim tarapyndan synlanmandyr. 1872-nji ýylda şu kometanyň öňünden hasaplanan – Ýere örän ýakyn aralykdan geçen wagtynda kometanyň ornunda güýçli «meteor ýagyşy» bolupdyr (85-nji surat).

1950-nji ýylda alym D.D. Dubýago parçаланан kometa ýadrolarynyň meteor akymларыnyň emele gelmegindäki roluny çuňňur öwrenip çykdy. Onuň hasap-hesibiniň görkezmeğine görä, kometanyň ýadrosyny «taşlap gaçan» meteor böljejikleriniň buludy Gün berýän göterilme güýjüň täsirinde-de barha süýnüp, hem giňelýär we birnäçe müň ýyllardan soň kometanyň orbitasy boýunça bir tekiz paýlanýar. Kometanyň orbitasy boýunça paýlanan «deşik külçe»siniň Ýer bilen tutulmagy (ýakynlaşmagy) Ýerde «meteor ýagyşyny» emele getirýändigini ylymda tassyklandy. Gözegçilik edilen «meteor ýagyşlaryn»dan biri – Perseid, «1862 III» diýip atlandyrylan parçаланан kometa ýadrosynyň böljejikleri golaýyndan geçende emele gelmeği bilen tassyklandy. Meşhur Galley kometasy hem – Orionid diýip



85-nji surat. «Meteor ýagyşy».



86-njy surat. Aždarha ýyldyz toparyna proýesirlenýän Drakonid «meteor ýagyşy».

at alan Orion ýyldyz toparynda proýesirlenýän nokatda (meteorlaryň hereketleri dowamlaryny utgaşdyrýan bu nokat *radiant* diýip atlandyrylýar) gözegçilik edilenligi bilen tassyklanar. 86-njy suratda her ýylda 8–12-nji oktýabr günleri gijesine Aždarha ýyldyz toparynda proýesirlenip görünýän owadan Drakonid «meteor ýagyşy» görkezilen.

Meteoritler. Käte asmanyň «ykmanda» daşlary ep-esli uly bolup, Ýeriň atmosferasy gatlagyndan geçende ýanyp ýetişmeýär we *bolid* görnüşinde Ýeriň üstüne düşýär (87-nji surat). Olara *meteoritler* diýilýär. Meteoritler esasan daşdan, demirden, daş-demirden we käte buzdan ybarat bolýar.

1908-nji ýylda Sibir taýgasyna «myhman» bolan başga bir asman jisiminiň nämeden ybarat bolandygyny anyklamak alymlaryň arasynda on ýyllap uzap giden çekişmä sebäp bolup, häzire çenli hem syr bolmagynda galýar.

Sibir «myhmany» Podkamennaýa Tunguska derýasynyň sag kenarynda ýerleşen Wanoware obasyndan ýüz kilometr ýaly demirgazyk-günbatara ir bilen, Gün biraz göterilende düşdi. Ýeri güýçli lertzana getiren bu asman jisimi soňluk bilen *Tungus meteoriti* ady bilen ylymda tanaldy.

Hasaplamalaryň görkezmeğine görä, planetamyza ýylyna 500-den artyk şeýle daşlar uçup geldi. Ýöne Ýer ýüzüniň 70 göterimi diýen ýaly suw bilen örtülendigini hasaba alsak, bu daşlardan 350-ä ýakyny deňiz we okean düýbünden ýer alyp, yzsyz ýitýär. Gury ýere düşýän galan daşyň hemmesi hem ilat ýaşaýan ýerleriň töweregine düşübermeýär elbetde, şonuň üçin olary görmek her kime-de nesip etmeýär.

Asman daşlarynyň Ýere gaçmagy örän gadyndan gözegçilik edilen bolup, bu daşlar mukaddes hasaplanypdyr. Şeýle asman jisimlerinden biri – 1514-nji ýylda Germaniýa düşen daş meteorit bolup, ol düşen meýdanyň golaýynda ýerleşen buthana ornaşdyrylan we gaýtadan «asmana uçup gitmezligi üçin» demir zynjyrlar bilen daňlyp goýlan. Bu buthana dine uýýanlar üçin mukaddes zyýaratgähe öwrülipdir.



87-nji surat. Ýeriň üstüne düşýän meteoritiň asmanda galdyran yzy – bolid.



88-nji surat. Arizona ştatyndaky sähra düşen meteoritiň emele getiren basseýni.

Meteoritler Ýeriň atmosferasyna sekundyna onlarça kilometr tizlikde girselerde, howanyň uly garşylygy derrew olary «howuryndan düşürýär». Hasaplamalaryň görkezmegine görä, Ýere urlan wagtynda olaryň ortaça tizligi sekundyna 200–300 metri düzýär.

Tizligi sekundyna 4 kilometrden artyk bolan käbir daşlarynyň Ýere urulmagyndan bölünip çykan energiýa islendik şeýle massaly partlaýjy maddadan (partlama wagtynda) bölünip çykan energiýasyndan birnäçe esse artyk bolýar. Şeýle uly tizlik bilen urulýan meteoritiň energiýasynyň

bir bölegi ony doly bugardyp goýbermäge sarp bolsa, galan bölegi krater emele getirmek we topragy gyzdymaga gidýär. Şeýle uly tizlige eýe meteoritiň massasy örän uly (takmynan 100 tonna) bolmagy hasaplamalardan mälim. Şonuň üçin hem massasy 100 tonnadan artyk meteoritleri Ýerde tapyp bolmaýar, olar Ýerde diňe ullakan kraterleri galdyrýarlar. Meteorit emele getiren şeýle iri kraterlerden biri Arizona ştatynda (ABŞ) tapylan bolup, onuň diametri 1300 metre, çuňlugy bolsa 175 metre ýetýär (88-nji surat).

Soraglar we ýumuşlar:

1. «Guýrukly ýyldyz»lar hakykatdan hem ýyldyzmy?
2. Birinji döwürleýin kometa kim tarapyndan we nähili anyklanan?
3. Kometanyň guýrugynyň Günden ters tarapa süýnmeginiň sebäbi nämede?
4. Kometalaryň ýadrosy nämeden düzülen? Guýrugu nämeden?
5. Galleýiň kometasy barada nämeleri bilýärsiňiz?
6. «Uçar ýyldyz»lar bilen dargap gutaran kometalaryň arasynda nähili baglanyşyk bar?
7. Bolidler nähili hadysa we ol nämeden habar berýär?
8. Meteoritler nähili jynslardan ybarat?

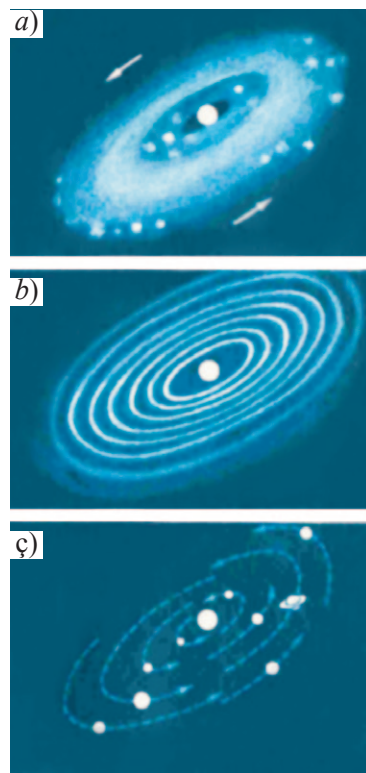
9. ABŞ-nyň Arizona ştatyndaky meteorit krateri barada nämeleri bilýärsiňiz? Tungus meteoriti barada bilenleriňizi beýan ediň.

19-njy TEMA. 45-ş. Gün sistemasynyň gelip çykyşy barada häzirki zaman garaýyşlary

XVIII asyrdan ilki I.Kant Gün sistemasy sowuk ýagdaýdaky maýda gaty bölejiklerden emele gelenligi baradaky, Laplas bolsa ol uly massaly we aýlanýana ümürligiň süýşmeginden emele gelenligini ykrar etdiler.

Ahyrky ýyllarda alnan maglumatlar, Gün sistemasy ençeme sebäplere görä Kant we Laplas aýdan ýol bilen şekillenip bilmeýändigini mälim etdi. Ýöne soňa seretmezden, Kantiň we Laplasyň Gün sistemasynyň emele gelmegi, Gün sistemasy materiýanyň başga (gaz-tozan) formasyndan şekillenmegi baradaky bu nazaryýeti, Älemiň ösüş prosesini düşündirende bildiren materialistik taglymlary ulanmagy bilen möhüm faktorlar hasaplanýar.

Geçen asyryň 40-njy ýyllarynda bu kosmogonik gipotezanyň üstünde görnükli rus alymy O.Ý.Şmidt meşgullandy. Onuň pikiriçe, protoplanetalar buludy, Gün tarapyndan tozan ümürligini saklap galmakdan şekillenen. Egersaklap galmak merkezi bolmasa, onda bu ümürlük aýlanyp başlaýar we onuň hereket mukdarynyň momenti örän uly bolýar. Alymyň şeýle pikire gelmegine, protoplanetalaryň üstüne hereket mukdarynyň momentiniň uly böleginiň gabat gelmegi geçýän prosesde, esas bolupdy (89-njy a surat).



89-njy surat. Gün sistemasynyň peýda bolşy.

Onuň gipotezasyna görä, gaz-tozan gurşawynda bölejikleriň hereketi we çaknyşmagy netijesinde Günüň daşynda aýlanýan we ýada salnan gaz-tozandan ybarat iri bulut, ekwator tekizligine çenli gysylan ýagdaýdaky şeklini emele getiripdir. Diňe bu meselede haçanlardyr Günüň daşyny gurşaýan gaz-tozan bulutlarynyň özi nähili peýda bolanlygy mesele hasaplanýar. O.Ý.Şmidt we hut şu hakda birmeňzeş pikir berýän alymlar, gadynda özi-de şeýle gurşawda peýda bolan Gün, iri gaz-tozan ümürlükden bir bölegini dartýş güýjüniň täsirinde öz daşynda saklap galanlygy baradaky pikiri goldaýarlar.

Gün şöhlenenmesiniň ony gurşaýan gaz we tozan massasyny gyzdymagy netijesinde, Ýer tipinde şekillenýän protoplanetalaryň himiki düzümi differensirlenmegi netijesinde, agyr elementleri merkezde dykzlaşyp ýadrony, ýeňilleri göterilip, olaryň mantiýa we gabyklaryny emele getiren diýip garaýar. Munda wodoroddan we geliýden ybarat ýeňil elementler bolsa, Günden uly uzaklyga zyňlyp, olardan äpet protoplanetalar emele gelen diýip düşündirýär. Bu, Günden uzakda ýerleşen äpet planetalar özüne kyn ereýän maddalardan daşary suwuň, metanyň we ammiagyň «buzlaryndan» şekillenendiklerinden görünýär. Ýer tipli planetalar diňe kyn ereýän uçmaýan (bugarmaýan) maddalardan kondensirlenmegi mümkin bolup, olar gaz-tozan bulut düzüminde «buzlara» görä kem mukdary düzýär. Şonuň üçin hem Ýer tipli planetalar diňe Günüň golaýynda emele gelen diýen pikir öňe sürülýär (*89-njy b surat*).

Şonuň ýaly-da, çaknyşmalar netijesinde bölejikler özara birleşip, bu zolakda uly-kiçi goýylyklary emele getiripdir. Emele gelen bu goýalmalaryň orbitalary Günüň daşynda görünüş alyp, ählisi takmynan bir orbita tekizligine ýakyn ýatmagy bilen tassyklanany we ahyrky netijede ýada salnan goýalmalar orbitalaryň arasyndaky tutuş maddany özlerinde jemläp, planetalaryň görünüşini alanlygy baradaky alymyň pikiri-de täze nazaryýetde öz tassyklamasyny tapanlygy bilen ähmiýetlidir (*89-njy ç surat*).

Grawitasion dartýşma täsirinde şeýle täze maddanyň planeta derejesine çenli gelmegi üçin örän uly wagt talap edilýär. Hususan-da, Ýer özüniň häzirki ölçeginiň ululygyna çenli gysylmagy üçin giden wagt, hasap-hesibiň görkezmeğine görä, 100 mln ýyldan kem bolmandyr.

Bu gipoteza dartýşma kanunynyň hasap-hesibine görä emele gelen planetalaryň arasyndaky aralyklar hem, Gün sistemasynyň gurluşynda bolşy ýaly,

Günden uzaklaşdygy saýyn bir tekiz barha artýandygyny görkezmeği bilen kosmogoniýada öz tassyklamasyny tapdy.

Iri massaly we ölçegli jisimler beýlekilerden sowuk planeta, şol sanda Ýere düşüp ony gyzdyrypdyr. Ýeriň mantiýasynyň eremeginde başga bir fiziki proses – radioaktiw elementleriň dargamagy sebäpli bölünip çykan goşmaça ýylylyk hem kem rol oýnamandyr. Şeýle gyзма wulkanik hadysalar, okeanlary we birlenji atmosfera gatlagyny emele getirip, ýer gabygynyň şekillenmegine getiripdir. Ýeriň we Weneranyň birlenji atmosferalary ilki bir-birine örän meňzeş bolup, soň – olaryň ewolýusiýalary netijesinde ýiti özgeripdir. Meselem, alymlaryň barlag netijeleri, Ýeriň okeany suw gollary we ösümlük dünýäsi bilen kömürturşy gazyny siňdirip, atmosferany kislorod bilen baýlaşdyrmagy sebäpli Ýerde ýaşayşy başlap beripdir, diýip nygtaýar. Akademik W.G. Fesenkow bolsa soňrak Güni emele getiren merkezi goýalma hem hut şu aýlanýan iri gaz-tozan gurşawdan peýda bolanlygynyň ähtimalynyň uludygyna ýşarat edip, şeýle goýalma şekillenmeginiň başlangyç basgançagynda, beýlekilerden seýrek maddalary özüniň ekwator tekizligine zyňandygy hakykata ýakyn diýen pikiri berýär. Onuň pikiriçe, merkezi goýalmadan zyňlan bu maddalar bilen baýlaşdyrylan Güni gurşaýan bulutdan planetalar emele gelen diýilýär. Bu nazaryýete esaslanan ahyrky hasap-hesipler Gün, wagt geçdigi saýyn kiçelip we sowap bu günki ýagdaýyna gelipdir diýen netijäni berýär.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Kantyň we Laplasyň ilkinji gipotezalarynda Gün sistemasynyň peýda bolşuna degişli nähili oňyn garaýyşlar bolupdyr?
2. O. Şmidtň Gün sistemasynyň peýda bolşuna degişli gipotezasy nähili hasap-hesibe daýananlygy bilen ylymda öz ornuny tapdy?
3. Akademik W. Fesenkowyň gipotezasyna görä, Günün daşyndaky planetalaryň şekillenşi nähili düşündirilýär?

V BAP. ÝYLDYZLAR

20-nji TEMA. 46-§. Ýyllyk parallaks, ýyldyzlaryň aralyklaryny kesgitlemek

Ýyldyzlara çenli aralygy kesgitlemek olaryň ýyllyk parallaktik süýşmelerine esaslanýar. Günüň daşynda radiusy 150 milliona golaý kilometrli töwerek boýunça hereketlenýän Ýerdäki gözegçi ýakyndaky ýyldyzlaryň uzakdaky ýyldyzlar fonunda süýşüp, bir ýylda töwerek (ýyldyz Ýer orbita tekizligine dik ugurda ýerleşende), ellips (ýyldyz Ýer orbita tekizligine burç astynda ýerleşende) çyzýandygyny görýär.

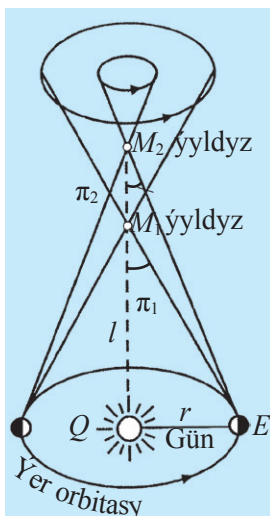
Ýagtylgyjyň parallaktik süýşmegi diýilýän şeýle çyzgylaryň (töwerek ýa-da ellips) duga ölçegi ýyldyzyň uzaklygyna görä dürlüçe ululykda bolup, ol şu ýagtylgyçdan garalanda, garaýyş çyzygyna dik bolan Ýeriň orbitasynyň radiusynyň görnüş burçy π -ni ölçemäge mümkinçilik berýär (90-njy suratda iki M_1 we M_2 üçin π_1 we π_2 -ler görkezilen). Ýagtylgyjyň ýyllyk parallaksy diýilýän bu π burç, öz gezeginde, şu ýagtylgyjyň Gün sistemasyndan (diýmek, Ýerden) uzaklygyny ölçemäge mümkinçilik berýär. Hakykatdan hem, gönüburçly QEM_1 üçburçlukdan

$$\sin \pi = \frac{r}{l} \quad \text{ýa-da} \quad l = \frac{r}{\sin \pi}$$

bu ýerde: r – Ýeriň orbitasynyň radiusyny; l – ýagtylgyja çenli aralygy häsiýetlendirýär. Ýyllyk parallaks burçy π örän kiçi bolup, duga sekundlarynda ýa-da onuň ülüşlerinde ölçelenden, Güne çenli aralyk ($r = \text{la.b.} = \frac{1}{206265}$ pk bolanyndan): $l = \frac{r}{\pi \cdot \sin 1''} = \frac{1 \cdot 206265}{\pi}$ formulanyň kömeginde hasaplanýar. Eger aralyk *parseklerde* (pk) ölçense, formula aşakdaky görnüşde bolýar:

$$l = \frac{1}{\pi}.$$

Birinji gezek 1886-njy ýylda şeýle usul bilen Weganyň (Lira ýyldyz toparynyň alfasy) ýyllyk parallaksy ölçelip,



90-njy surat.
Ýyldyzlaryň ýyllyk
parallaksy.

bu ýyldyza çenli aralygy meşhur Pulkowo (Russiýa) obserwatoriýasyny esaslandyran W.Ý. Struwe anyklady. Şeýle usul bilen beýlekilerden ýakyn ($\pi \geq 0,01''$) ýyldyzlara çenli aralyklar anyklanyp, örän uzakdaky ýyldyzlara çenli aralyk parseklerde, olaryň görünme we absolýut ululyklary (m , M) esasynda şu formulanyň kömeginde tapylýar we oňa *spektral parallaks* diýilýär:

$$\lg r = \frac{m-M}{5} + 1(\text{pk}).$$

47-§. Ýyldyzlaryň ölçeglerini we fiziki parametrlerini kesgitlemek *

1. Ýyldyklar örän uzak aralykda bolandyklary üçin, iň iri teleskoplar arkaly garalanda-da, olar esasan nokat şeklinde görünýär. Diňe käbir ýyldyzlaryň burç ölçeglerini ýörite teleskoplar – ýyldyz interferometrleriniň kömeginde ölçemegiň alajy bar.

Ýyldyzyň bu usul bilen anyklanan görünme diametri (d'') oňa çenli aralyk l mälim bolanda, ýyldyzyň çyzykly ölçegi (diametri) D şu aňlatmadan tapylýar:

$$D = l \cdot \sin d''.$$

2. Ýöne, aglaba ýyldyklar nokat görnüşinde bolany üçin, olaryň ölçeglerini tapmak üçin başga usuldan peýdalanylýar. Mälim bolşy ýaly, ýyldyzlary absolýut gara jisim diýip garap, olaryň doly şöhlelenme kuwwatyny, ýagny ýagtylygyny Stefan-Bolsmanyň kanunyna görä $L_* = S_* \cdot \sigma \cdot T^4$ diýip ýazmak mümkin, çünki onuň üst birligindan çykýan şöhlelenme energiýasy $\sigma \cdot T^4$ arkaly tapylýar. Bu ýerde: σ – Stefan-Bolsmanyň hemişeligi $5,7 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$; S_* – ýyldyzyň üsti (şaryň üsti), T – üst temperaturasyny aňladýar. Şaryň üsti $S = 4\pi \cdot R^2$ bolany üçin ýyldyzlaryň ýagtylygy $L_* = 4\pi R_*^2 \cdot \sigma T_*^4$ bolýar. Eger bu aňlatmany Gün üçin ýazsak:

$L_{\odot} = 4\pi R_{\odot}^2 \cdot \sigma T_{\odot}^4$ bolýar. Bu aňlatmalaryň degişli taraplarynyň gatnaşyklaryny alsak, onda

$$\frac{L_*}{L_{\odot}} = \left(\frac{T_*}{T_{\odot}} \right)^4 \cdot \left(\frac{R_*}{R_{\odot}} \right)^2$$

aňlatmany alarys.

Indi aňlatmanyň iki tarapyny hem kök aşagyna alyp, soň logarifmlesek ýyldyzyň radiusyny Gün radiusy birliklerinde ($R_{\odot}=1$) şu deňlikden tapýarys:

$$\lg R_* = \frac{1}{2} \lg \frac{L_*}{L_{\odot}} - 2 \lg \frac{T_{\odot}}{T_*}.$$

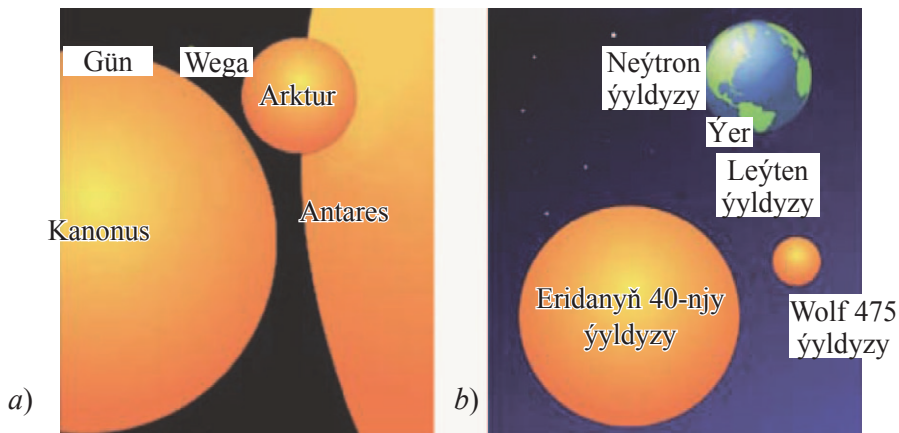
Mysal üçin Günüň radiusyny (R_{\odot}) onuň görünme radiusyna ($\rho_{\odot}=16'$) görä tapalyň, onda:

$$\operatorname{tg} \rho = \frac{R_{\odot}}{\Delta}$$

bolýar, bu ýerde $\Delta=1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$ – Günden Ýere çenli ortaça aralyk. Onda Günüň radiusy:

$R_{\odot}=1,5 \cdot 10^{11} \cdot \operatorname{tg} 6' \approx 7 \cdot 10^8 \text{ m}$ ýa-da takmynan 700 000 kilometre deň çykýar.

Äpet we has äpes ýyldyzlaryň içinde radiusy Günüňkiden münň essä çenli ululary duşýar. Sefeý ýyldyz toparyndaky VV diýilýän ýyldyzynyň radiusy Günüňkiden 6000 esse uly. Uly It ýyldyz toparynyň iň ýagty ýyldyzy Siriusyň radiusy Günüňkiden 2 essä çenli iri, ýagny 1 400 000 km. Käbir ýyldyzlar bolsa, tersine, Günden birnäçe onlarça esse kiçi we diametrleri planetalaryňky ýaly, bary-ýogy birnäçe münň kilometri düzýär. Şeýle ýyldyzlaryň aglabasy ak reňkde bolup, *ak kiçiler* diýilýär. 91-nji suratda gyzyl äpetleriň we ak kiçileriň ölçegleri Günüň we Ýeriň ölçegleri bilen deňeşdirilen.



91-nji surat. Günüň ölçegi äpet ýyldyzlar (a) Ýeriň ölçegi ululygyndaky kiçi ýyldyzlar (b) bilen deňeşdirilen.

48-ş. Ýyldyzlaryň reňki we temperaturasy

1. Ýyldyzly asmana üns bilen sereden adam ýyldyzlar bir-birlerinden reňklerine görä tapawutlanýandygyny aňsat aňýar. Hususan-da, Günümüz sary reňkdäki ýyldyz hasaplanýar, üstünde temperaturasy 6000°K töwereginde. Täk gyzyl reňkde görünýän Ýyldyzlaryň temperaturasy $2500^{\circ}\text{--}3000^{\circ}\text{K}$, açyk sary reňkdäkileriňki $3500^{\circ}\text{--}4000^{\circ}\text{K}$, ak reňkdäki ýyldyzlaryň temperaturasy bolsa $17000\text{--}18000^{\circ}\text{K}$ töwereginde bolýar. Asmanda görünýän ýyldyzlaryň içinde iň «gyzgyňy» gök-mawy öwüşginli bolup, olaryň temperaturalary $25000^{\circ}\text{--}50000^{\circ}\text{K}$ arasynda bolýar.

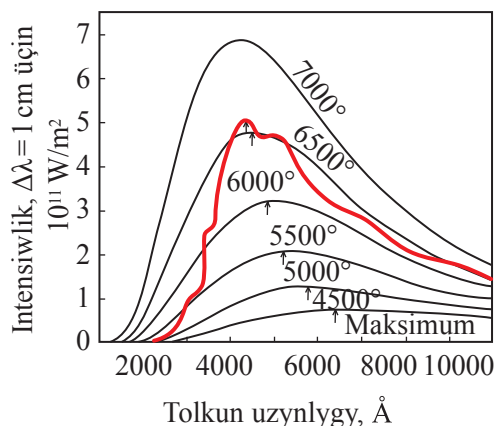
Ýyldyzlaryň temperaturasyny anyklamagyň birnäçe usuly bar bolup, olardan birine görä, ol ýyldyzlaryň spektrinde energiýanyň paýlanyşyndan tapylýar. Munda şöhlelenme energiýasynyň maksimumy dogry gelen tolkun uzynlygyna daýanmak bilen Winiň şu süýşme kanunyndan peýdalanylýar (92-nji surat):

$$\lambda_{\max} \cdot T = 0,29 \text{ grad} \cdot \text{cm}.$$

2. Şonuň ýaly-da, ýyldyzyň mahsus reňk filtrlinde fotografik ýa-da fotowizual ýol bilen alnan ýyldyz ululyklarynyň tapawudy ($m_{\text{pg}} - m_{\text{pv}} = CJ$) esasynda anyklanan reňk görkezijisine (CJ) görä-de onuň temperaturasyny anyklaýarlar. Ýyldyzlaryň reňki gök reňke ýakynlaşdygy saýyn olaryň temperaturalary barha artýar.

Şeýle usullar bilen tapylan ýyldyzyň temperaturasy diňe onuň üstüne degişli bolup, olaryň içki bölegine degişli temperaturalary ýyldyzlaryň spektrine, massasyna, dykzlygyna we anyklanan içki basyşyna görä nazary hasaplamaalaryň kömeginde tapylýar. Şeýle ýol bilen tapylan ýyldyzlaryň içki bölegine degişli temperaturalar birnäçe milliondan onlarça million gradusa çenli (merkezinde) ýetýär. Günün merkezinde temperatura 15 million gradusy düzýär. Gyzgyn ýyldyzlarda bolsa ol 50–100 million gradusa çenli ýetýär.

92-nji surat. Ýyldyzlar spektrinde energiýanyň paýlanyşy (goýy çyzyk – Gün üçin).



Soraglar we ýumuşlar:

1. Mälim bir ýyldyz üçin ýyllyk parallaks burçuny çyzgyda görkezň.
2. Ýyldyzyň berlen ýyllyk parallaks burçuna görä onuň uzaklygy parseklerde nähili tapylýar?
3. Spektral parallaks esasynda ýyldyzlara çenli aralyk nähili tapylýar?
4. Ýyldyzlaryň röwşenlikleri bilen radiuslarynyň arasynda nähili baglanyşyk bar?
5. Ýyldyzlaryň temperaturasy nähili usullar esasynda tapylýar?

21-nji TEMA. 49-§. Ýyldyzyň absolýut ululygy we onuň ýagtylygy bilen baglylygy *

Ýyldyzlaryň görünme ýyldyz ululyklary olaryň ýagtylyklaryny deňeşdirmäge mümkinçilik bermeýär. Çünki birmeňzeş ýagtylyga eýe bolan dürli aralykda ýatýan iki ýyldyzyň görünme ýyldyz ululyklary birmeňzeş bolmaýandygy mälim. Bu meseläni çözmek üçin astronomlar ähli ýyldyzlary bizden birmeňzeş aralyga getirip, ýyldyz ululyklaryny anyklamagy we soň şu esasyda olaryň hakyky ýagtylyklaryny deňeşdirmegi maksat edindiler. Şeýle birlik hökmünde astronomlar 10 parsekli aralygy aldylar. Ýyldyzlaryň bizden 10 parsek aralyga getirilende anyklanan görünme ýyldyz ululyklary olaryň *absolýut ýyldyz ululyklary* diýip atlandyrylýar we M harpy bilen belgilendi. 10 parsekli standart bu aralyk takmynan $2 \cdot 10^6$ astronomik birlige deň bolany üçin, Güni 10 parsek aralyga eltenden soňky intensiwligi onuň 1 a.b. aralykda durandaky intensiwliginden $\frac{1}{(2 \cdot 10^6)^2}$ esse (ýagny $4 \cdot 10^{12}$) kemelýär. Intensiwligiň her 100 esse kemelmeği görünme ýyldyz ululygynyň 5 ýyldyz ululygyna artmagyna dogry gelmeği hasaba alynsa, onda intensiwligiň $4 \cdot 10^{12}$ esse kemelmeği ýyldyz ululygynyň 31,5 esse artmagyna getirýär. Diýmek, 10 pk aralyga «eltelen» Günüň görünme ýyldyz ululygy $-26,7 + 31,5 = 4,8$ -i düzýän eken. Başgaça aýdanda, Günüň absolýut ýyldyz ululygy $M_{\odot} = +4,8$ -e deň bolýan eken diýip netije çykarmak mümkin.

Sentawr ýyldyz toparyndaky bize iň ýakyn ýerleşen röwşen ýyldyzynyň (Proksima) görünme ýyldyz ululygy $m = 0$ bolup, Günden uzaklygy 1,3 pk. Ol 10

pk aralyga eltilende, onuň intensiwligi $\left(\frac{10}{1,3}\right)^2 = 8^2 = 64$ esse kemelýär. Bu ýyldyz ululygynyň 4,5 esse artmagyna getirýär. Diýmek, onuň absolýut ýyldyz ululygy $M_r = 0 + 4,5 = +4,5$ bolýar. Mundan görnüşi ýaly, käbir ýyldyzyň görünme ýyldyz ululygy we oňa çenli bolan aralyk parseklerde mälim bolsa, onuň absolýut ýyldyz ululygyny aňsat anyklamak mümkin eken. Munuň üçin astronomlar şu mahsus hasaplama formulasyny hem anyklapdyrlar:

$$M = m + 5 - 5 \lg r;$$

bu ýerde r – ýyldyzjyk parseklerde aňladylan aralyk.

Eger Gün we islendik ýyldyz absolýut ýyldyz ululyklarynda (M_{\odot} we M_*) berlen bolsa, onda olaryň ýagtylyklarynyň gatnaşygynyň logarifmi şu aňlatmadan tapylýar:

$$\lg\left(\frac{L_*}{L_{\odot}}\right) = 0,4(M_{\odot} - M_*).$$

Ýyldyzlaryň ýagtylyklaryny öwrenenden mälim bolşy ýaly, olaryň ýagtylyklary 0,0001 Günüň ýagtylygyndan tä birnäçe on müň Gün ýagtylygyna çenli araçäkde üýtgeýän eken.

Örän uly ýagtylyga eýe bolan ýyldyzlaryň içinde äpetler we has äpetler diýlip atlandyrylýan ýyldyzlar aýratyn orun tutýar. Äpetleriň esasy bölegi beýlekilerden pes üst temperaturasyna ($3,4 \cdot 10^3$ K) eýe bolup, gyzyl reňkde bolany üçin olara *gyzyl äpetler* diý at berlen. Aldebaran (Sowur ýyldyz toparynyň iň ýagty ýyldyzy), Arktur (Öküzbakar ýyldyz toparynyň iň rowşen ýyldyzy) ýaly ýyldyzlar äpetleriň görnükli wekillerinden hasaplanýar.

Has äpesler bolsa ýagtylyklary Gününkiden on müň esse artyk bolan ýyldyzlar bolup, olaryň reňki dürlüçedir. Gök reňkdäki has äpeslere mysal edip Rigeli (arapça «Rijal-Jöwza»nyň bozulan aýdylyşy – «Pälwanyň aýagy» – Orion ýyldyz toparynyň betasy); gyzyl has äpeslere – Antaresi (Akrap ýyldyz toparyndaky iň rowşen ýyldyz), Betelgeýzeni (arapça «Ibtal-Jöwza»nyň bozulan aýdylyşy – «Pälwanyň sag egni» – Orionyň iň rowşen ýyldyzy) getirmek mümkin.

Dürli ýagtylykdaky ýyldyzlaryň spektrleri hem bir-birlerinden biraz tapawutlanýar. Şu sebäpli, käte spektrdäki dürli atamlaryň çyzyklaryna görä ýyldyzyň ýagtylygyny bahalamak mümkin. Şu ýol bilen ýagtylyklary anyklanan ýyldyzlaryň görünme ýyldyz ululyklarynyň kömeginde olara çenli aralyklary hem

anyklamak mümkin bolýar. Ýyldyzlara çenli aralyklary anyklamagyň bu metody, ýokarda ýatladylyşy ýaly, *spektral parallaks* usuly diýilýär.

Spektral parallaks usulynyň trigonometrik usullardan artykmaçlygy şundan ybarat, ýagny spektral parallaks örän uly aralykda ýatýan we spektrlerini almak mümkin bolan ähli ýagtylgýçlaryň hem aralyklaryny anyklamak mümkinligidir.

50-§. Ýyldyzlaryň spektri we spektral synlary

Astronomlar ýyldyzlara degişli möhüm maglumatlary olaryň spektrlerini derňemek bilen alýarlar. Ýyldyzlaryň spektri, hususan-da, Günüň spektri hem çyzykly siňdirme spektri bolup, ýagty utgaşyk spektriniň fonunda atomlara, ionlara we molekulalara degişli siňme (Fraunhofer) çyzyklaryndan düzülýär.

Ýyldyzlaryň spektrleri bir-birinden, olarda tolkun uzynlygy boýunça şöhlelenme energiýasynyň dürlüçe baha bilen paýlanyşyna görä tapawutlanýar. Şonuň ýaly-da, bu spektrler olarda atmosferanyň himiki düzümini görkezip dürli elementlere degişli çyzyklary we şu çyzyklaryň intensiwlikleri bilen hem bir-birinden tapawutlanýar.

Temperaturalary bir-birine ýakyn ýyldyzlaryň himiki düzümi bir-birinden ýiti tapawutlanmaýar. Ýyldyzlar spektrinde iň köp ýaýran elementler wodorod bilen geliýdir. Bu elementleriň ýyldyz spektrinde gözegçilik edilen intensiwlik derejesi şu ýyldyzyň atmosferasynyň fiziki halatyny kesgitläp, köp tarapdan onuň temperaturasyna bagly bolýar. Ýyldyzlaryň spektrleri ýedi esasy spektral synlara bölünen. Olar latyn elipbiýinde aňladylyp, aşakdaky tertipde ýerleşýär:

O–B–A–F–G–K–M. Mälim synpa toparlanan spektrler, öz gezeginde, ýene on sanydan kiçi synplara bölünen. Meselem, A synp ýyldyzlary A0, A1, A2, ..., A9 kiçi synplara bölünen (Gün öz spektrine görä G2 synpa girýär).

Synlaryň yzygiderligi, ilki bilen, ýyldyzlaryň temperaturasynyň we reňkleriniň yzygiderliginde öz şöhlelenmesini tapýar. Beýlekilerden sowuk – gyzyň ýyldyzlaryň spektrinde neýtral atomlaryň we hatda molekulýar birleşmeleriniň çyzyklary köp duşmak bilen, gyzgyn mawy ýyldyzlaryň spektrinde ionlaşan atomlaryň çyzyklary köp duşýar.

O synpa girýän ýyldyzlaryň spektrinde ionlaşan geliý, uglerod, azot we kislorodyň intensiw siňdirilme çyzyklary, şonuň ýaly-da, spektriň ultramelewşe böleginde käbir himiki element atomlarynyň köp gezek ionlaşan çyzyklary-da duşýar. Mawy ýyldyzlaryň temperaturasy 25000–50000 çenli ýetýär.

B synpa girýän ýyldyzlaryň spektrinde neýtral geliý çyzyklary örän intensiw bolýar. *Ak-gögümtil reňkdäki* şeýle ýyldyzlaryň temperaturasy ~17000°C töwereginde.

A synpa girýän ýyldyzlaryň spektrinde *wodorodyň siňme çyzyklary, ionlaşan Ca çyzyklary intensiw bolup*, temperaturasy ~11000°C bolýar. Reňki ak.

F synpa girýän ýyldyzlaryň spektrinde wodorod çyzyklary güýçsüzlenip, *kalsiýniň ionlaşan çyzyklary intensiw bolýar. Açyk sargylyt reňkli. Demir, titan ýaly elementlere baý*, temperaturasy ~7000°C.

G synpa girýän ýyldyzlaryň spektrinde (şol sanda, Gününkide) metallara degişli *neýtral we bölekleyin ionlaşan kalsiý atomlarynyň çyzyklary intensiw* we giň ýaýran. Wodorodyň çyzyklary ep-esli güýçsüzlenen (intensiwligi peselen) bolýar. Temperaturasy ~6000°C. Reňki sary.

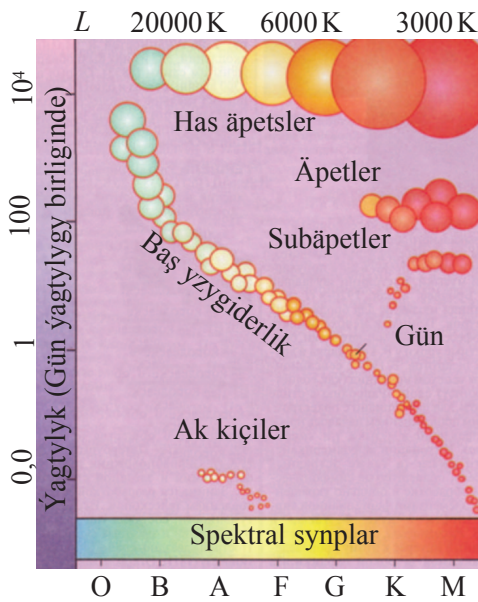
K synpa girýänleriň spektrinde metallaryň siňme çyzyklary bilen bile *molekulýar birleşmeleriň hem çyzyklary bolýar*. Reňki gyzgylyt, temperaturasy ~3500°C.

M synpa girýän ýyldyzlar spektrinde bolsa *metal çyzyklary güýçsüzlenip, molekulalaryň spektral lentalary* (aýratynam, titan oksidine degişli) *intensiw* öwürýär. *Gyzyl reňkli*, temperaturasy 2500°C.

Ýyldyzlaryň spektriniň dürlüçe bolmagy olaryň atmosferasyndaky fiziki şerte himiki düzüminiň dürli-dürlüligine we iň möhümi, dürli hili temperatura eýeligi bilen düşündirilýär. Ýyldyzyň temperaturasy artdygy saýyn onuň atmosferasyndaky molekulalar atomlara dargaýar. Ýene-de ýokary temperaturada atomlar hem dargap, elektronlaryny ýitirýär we ionlara öwrülýär. Bu zat ýyldyzlaryň spektral synplarynyň derňewinden aňsat görünýär.

51-§. Spektr-ýagtylyk diagrammasy

Ýyldyzlaryň spektral synplary bilen olaryň temperaturalarynyň arasynda baglanyşyk bardygy gözegçiliklerden mälum bolupdyr. Olaryň ýagtylyklary absolýut ýyldyz ululyklaryna baglylygy anyk bolansoň, alymlar bu iki jübüt baglanyşyklaryň arasynda-da baglanyşyk bolmaly diýen güman bilen ony gözlemäge girişýärler. Şeýle baglanyşygy XX asyryň başlarynda daniýaly astronom Gerssprung we amerikaly astrofizik Russell anykladylar. Mälum bolşy ýaly, eger koordinata oklaryndan biri boýunça ýyldyzlaryň spektral synplary, ikinjisi boýunça bolsa olaryň absolýut ýyldyz ululyklary goýulsa, ýyldyzlaryň bu parametrleriniň arasyndaky baglanyşyklary birnäçe topara bölünip çykan ýagdaýdaky



93-nji surat. Spektr-ýagtylyk diagrammasy.

diagramma görnüşde ýüze çyýarýar. Şeýle baglanyşyklary aňladýan diagramma soňluk bilen spektr-ýagtylyk ýa-da Gersşprung-Rasselliň diagrammasy diýip atlandyrylýan boldy. Spektr-ýagtylyk diagrammasynda ýyldyzlaryň absolýut ýyldyz ululyklaryna parallel ýagdaýda, ýyldyzlaryň ýagtylyklaryny (Gün ýagtylygy birliginde, $L_{\odot}=1$), spektral synplarynyň okuna parallel ýagdaýda bolsa, olaryň reňk görkezijileri ýa-da effektiv temperaturalary ýerleşýär (93-nji surat). Gersşprung-Rasselliň diagrammasy umumy fiziki tebigata eýe bolan ýyldyzlary dürli toparlara bölüp, olaryň temperaturasy, ýagtylygy, spektral synpy we absolýut ululyklary ýaly parametrleri arasyndaky baglanyşyklary anyklamaga mümkinçilik berýär.

Bu diagrammada ýyldyzlaryň esasy bölegi *baş zygiderlik* diýilýän egrilik boýunça ýerleşip, onuň depe böleginde ýagtylyklary ýokary bolan başlangyç spektral synplara degişli ýyldyzlar ýerleşýär we sag tarapa bardygy saýyn ýyldyzlaryň ýagtylyklary (diýmek, temperaturalary) barha peselip, soňky synplara degişli ýyldyzlar ýer alýar. Baş zygiderlik egriliginden sag tarapynda, ýokarda beýlekilerden pes temperaturaly, ýöne diametri örän uly we şonuň üçin hem *ýokary ýagtylyga eýe bolan*, absolýut ýyldyz ululyklary -4^m , -5^m -li *has äpes we äpet* (absolýut ýyldyz ululyklary 0^m töwereginde) ýyldyzlar ýerleşýär. Diagrammanyň aşaky böleginde çepde, esasan A spektral synpyna we beýlekilerden kem ýagtylyga eýe bolan aýratyn topar – *kiçi ýyldyzlar* ýerleşýär.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Ýyldyzlaryň absolýut ýyldyz ululygy diýip nähili görünme ululygyna aýdylýar?
2. Ýyldyzlaryň görünme bilen absolýut ululyklarynyň arasyndaky gatnaşygy aňladýan formulany ýazyň.
3. Ýyldyzlaryň spektral synplary barada näme bilýärsiňiz?

4. Ýyldyzlaryň spektral synplary olaryň temperaturasyna we reňklerine nähili baglanan?
5. Spektr-ýagtylyk diagrammasy ýyldyzlara degişli nähili fiziki parametrleri özara baglaýar?
6. Baş yzygiderlikde ýatýan ýyldyzlar nähili aýratynlyklary bilen äpetlerden we kiçilerden tapawutlanýar?
7. Ýyldyzlaryň absolýut ýyldyz ululyklary bilen ýagtylyklarynyň arasynda nähili baglanyşyk bar?

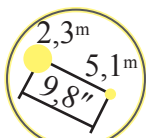
22-nji TEMA. 52-Ş. Fiziki goşa ýyldyzlar we olaryň görnüşleri

Bir seredende asmanda ýyldyzlar ýeke-ýeke duşýan ýaly duýulsa-da, aslynda olaryň köpüsi iki-ikiden, üçden we ondan hem köpräk ýagdaýda özara dinamiki baglanan ýagdaýda bolýar. Adatda, umumy massa merkeziniň daşynda aýlanýan goşa ýyldyzlaryň orbitalary bir tekizlikde ýatyp, aýlanma döwürleri birmeňzeş bolýar. Bularyň içinde aýratynam goşalary (ýagny jübüt ýagdaýdakylary) köpräk duşýar. Ýöne goşa görnen ýyldyzlaryň hemmesi-de aslynda goşa bolubermeyär. Olaryň içinde dürli aralyklarda ýatyp, özara hiçem dinamiki baglanmadyk we mälim bir garaýyş çyzygynyň golaýynda ýatýandyklary üçin asmanda bir-birine ýakyn ýaly duýulýanlary-da köp bolýar. Şeýle ýyldyzlara *optiki goşalar* diýilýär.

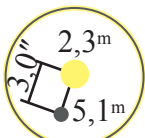
Wizual goşalaryň görnüşleri. Eger fiziki goşa ýyldyzlaryň düzüjileri güýçli teleskop bilen garalanda, bir-birinden gönüden-göni aýry görmek mümkin bolan duga aralykda ýerleşen bolsa, olara *wizual goş ýyldyzlar* diýilýär.

Özara örän dykyz we örän kiçi duga aralykda ýerleşen goşa ýyldyzlary gönüden-göni aýry görmegiň hiç alajy ýok bolup, olaryň goşalygy fotometrik ýa-da spektral usulyň kömeginde anyklanýar. Şoňa görä olara, degişlilikde, *tutulýan* we *spektral goşalar* diýilýär.

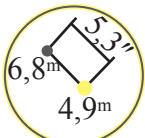
Wizual goşa ýyldyza mysal edip Uly Ýedigen ýyldyz toparyndaky «susagyň sapynyň» ahryryndan ikinji ýyldyzy almak mümkin. Gadynda araplar ol ýyldyza Alkor (Çapyksuwar) diýip at beripdirler. Onuň golaýyndaky göze zordan ilýän ýyldyzjyk Misar diýlip atlandyrylýar. Bu iki ýyldyz özara dinamiki baglanyşykdaky wizual goşalardyr. Olaryň arasy bary-ýogy 11'. Ýönekeý meýdan dürbüsi arkaly wizual goşalardan köpüsini görmek mümkin (*94-nji surat*). 95-



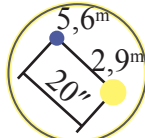
Andromedanyň γ -sy



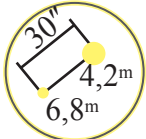
Öküzba-karyň ε -sy



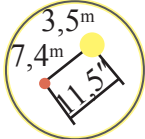
Öküzba-karyň ξ -sy



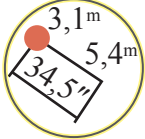
Ylgaýan tazelaryň α -sy



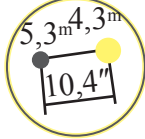
Seretanyň ι -sy



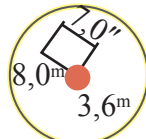
Kassiopeýanyň η -sy



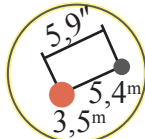
Akguşun β -sy



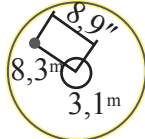
Delfiniň γ -sy



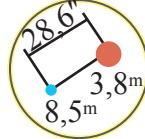
Jöwzanyň κ -sy



Gerkulesiň α -sy

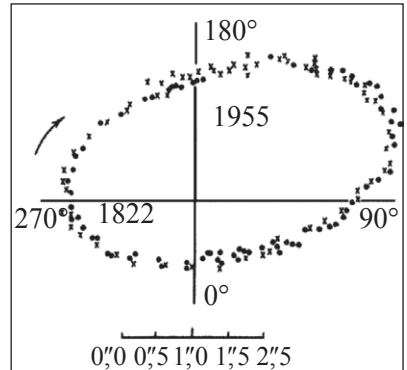


Gerkulesiň δ -sy



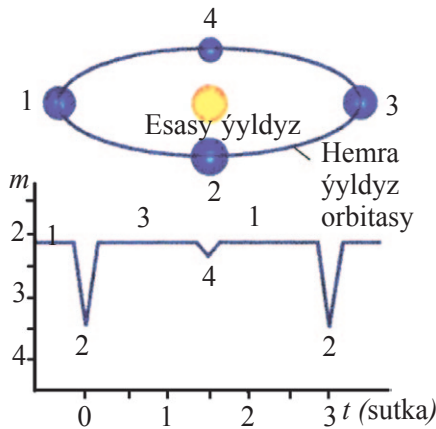
Perseyiň η -sy

94-nji surat. Tanyş ýyldyz toparlarynda gözegçilik edilýän goşalar (Ýyldyz ululyklary we özara duga aralyklary berlen.)



95-nji surat. Wizual goşa ýyldyzyň (Uly Ýedigeniň ξ ýyldyzy) orbitasy.

nji suratda wizual goşalaryň wekili Uly Ýedigeniň ξ -siniň esasy ýyldyza görä gözegçilik edilen hemrasynyň orbitasy getirilen.



96-njy surat. Tutulýan goşa ýyldyz (Algul – Perseyiň β sy).

Tutulýan goşa ýyldyzlaryň tipik wekili gadymda araplar anyklan we Algul («Döwün gözi» manysyny berýär) diýip atlandyrylan Persey ýyldyz toparynyň β ýyldyzydyr. Bu goşa ýyldyzlaryň orbita tekizlikleri garaýyş çyzygy boýunça ýatýandygy üçin, umumy massa merkeziniň daşynda aýlananda, olar bir-birini bekläp geçýär we netijede bu ýagdaý ýyldyz röwşenligini döwürleýin ýagdaýda (~3 sutkalyk) üýtgedip, onuň, goşalygyndan habar berýär (96-njy surat).

We, ahrynda, spektral goşa ýyldyzlaryň goşalygy olaryň üstme-üst düşen spektrlerindäki umumy çyzyklarynyň (iki ýyldyz

spektrinde-de bar bolan çyzyklaryň) bir-birine görä döwürleýin süýşýändiklerinden (esasy ýyldyzyň daşynda hemra ýyldyzyň aýlanýanlygy sebäpli) bilinýär.

53-§. Ýyldyzlaryň massalaryny hasaplamak **

Ýyldyzlary häsiýetlendirýän in möhüm ululyklardan biri olaryň massalarydyr. Ýyldyzlara degişli ençeme parametrler ol ýa-da bu derejede massalaryna bagly bolýar. Başga parametrlerinden tapawutlylykda, ýyldyzlaryň massalaryny anyklamak in çylşyrymly meselelerden hasaplanýar. Eger ýyldyzyň daşynda hemrasy bolsa, ýyldyzyň oňa grawitasion täsiri esasynda ýyldyzyň massasyny Kepleriň anyklaşdyrylan 3-nji kanuny esasynda bahalamak mümkin.

Goşa ýyldyzlaryň umumy massa merkeziniň *daşynda aýlanma döwürleri* we esasy ýyldyza görä tapylan *hemra ýyldyzyň orbitasynyň uly ýarym oky* A -nyň bahasyna görä massalarynyň jemini aşakdaky aňlatmadan tapýarys:

$$\frac{T^2(M_e + m_y)}{A^3} = \frac{4\pi^2}{G} = 5,9 \cdot 10^{11} \frac{\text{kg} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^3},$$

onda massalaryň jemi:

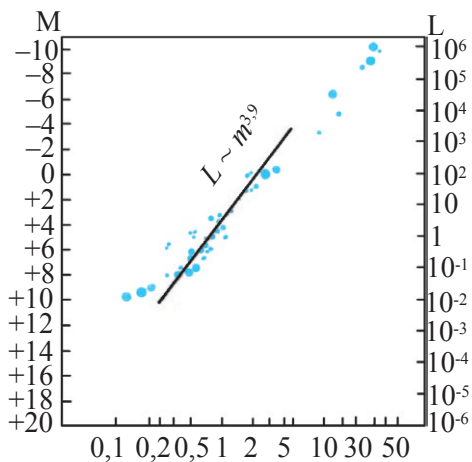
$$M_e + m_y = 5,9 \cdot 10^{11} \frac{\text{kg} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^3} \cdot \frac{A^3}{T^2},$$

bu ýerde: M_e , m_y – degişlilikde, esasy we hemra ýyldyzlaryň massalaryny; A – hemra ýyldyzyň esasy ýyldyza görä tapylan orbitasy uly ýarym okuny; T – goşa ýyldyzlaryň döwrüni G – grawitasion hemişeligi häsiýetlendirýär (bu ýerde T sekuntlarda, A bolsa metrlerde aňladylanda M massa kg-larda çykýar).

Eger goşa sistema girýän ýyldyzlaryň massa merkezine görä ýagdaýyny aýratyn kesgitlemek we netijede olaryň uly ýarym oklarynyň burç ölçeglerini duga sekundlarynda aýratyn kesgitlemegiň mümkinçiligi bolsa, onda olaryň massalarynyň gatnaşyklaryny şu aňlatmanyň kömeginde kesgitlemek mümkin bolýar:

$$\frac{M_e}{m_y} = \frac{a_y}{a_e},$$

bu ýerde – M_e we m_y lar, degişlilikde, esasy we hemra ýyldyzlaryň massalaryny; a_e we a_y lar bolsa, orbitalarynyň uly ýarym oklaryny aňladýar.



97-nji surat. Ýyldyzlaryň ýagtylyklarynyň we massalarynyň arasyndaky baglanyşyk.

Goşa ýyldyzlaryň bu usul bilen anyk-lanan massalary, hasaplamalaryň görkezişi ýaly 0,1 Günüň massasyndan 100 Gün massasyna çenli bolýar. Massalary 10–50 M_{\odot} araçäginde bolan ýyldyzlar beýlekilerden kem duşýar.

Aýratyn alnan ýyldyzlaryň massalaryny anyklamak mümkin bolmasa-da, ýöne spektr-ýagtylyk diagrammasyndaky aýratyn orun alan käbir ýyldyzlar topary üçin olaryň ýagtylyklarynyň we massalarynyň arasynda baglanyşyk bardygy empirik ýol bilen anyklanan (97-nji surat). Massa bilen ýagtylygyň arasyndaky şeýle baglanyşyk esasynda ýagtylyklary anyklanan ençeme

ýyldyzlaryň massalaryny tapmaga mümkinçilik berip, empirik ýol bilen ýyldyzyň bolometrik ýagtylygy L_b (ýagny doly şöhlelenme energiýasy) we massalary M_* arasynda baglanyşyk tapylan. $L_b = M_*^{3,9}$

Şu aňlatmadan görnüşi ýaly, baş zyzgiderligiň ýokarky böleginde iň massiw ýyldyzlar ýerleşip, pese garap ýyldyzlaryň massasy barha kemelýär.

Soraglar we ýumuşlar:

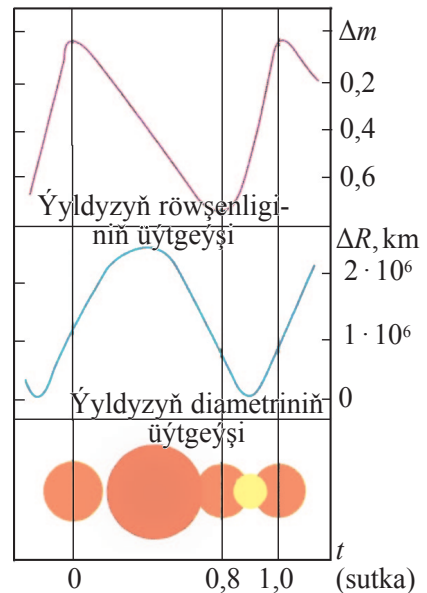
1. Fiziki goşa ýyldyzlaryň nähili görnüşleri bar?
2. Wizual goşa ýyldyzlar diýip nähili goşalara aýdylýar? Tutulýan goşa ýyldyzlar diýip nähili? Tutulýan goşalaryň röwşenlik egriligi nämese bilen döwürleýin häsiýete eýe?
3. Spektral goşa ýyldyzlaryň goşalygy nähili bilinýär?
4. Goşa ýyldyzlaryň massalary nähili kanuna esasan tapylýar?
5. Empirik ýol bilen beýlekilerden kem ýyldyzlar üçin, olaryň ýagtylyklary bilen massalarynyň arasynda nähili baglanyşyk tapylan?
6. Ýyldyzlaryň massalary Gün massasy birliginde nähili araçäklerde üýtgeýär?

23-nji TEMA. 54-§. Fiziki üýtgeýän ýyldyzlar: sefeidler, täze we has täze ýyldyzlar

Fiziki üýtgeýän ýyldyzlar ýagtylyklarynyň üýtgemegi tutulýan goşa ýyldyzlaryň ýagtylyklarynyň döwürleýin üýtgemeginden tapawutlylykda, şu ýyldyzlaryň içinde geçýän fiziki prosesler sebäpli bolup geçýär. Fiziki üýtgeýän ýyldyzlaryň ýagtylyklarynyň özgeriş häsiýetine görä pulsar we eruptiw üýtgeýän ýyldyzlara bölünýär.

Pulsar ýyldyzlar. Sefeidler. Ýagtylyklarynyň egriligi aýratyn şekle eýe bolup, olaryň esasy fiziki ululyklaryndan hasaplanan görünme ýyldyz ululyklarynyň wagt boýunça özgeriş döwri birnäçe sutkadan birnäçe onlarça sutka çenli ýetýär. Şeýle ýyldyzlaryň ýagtylygynyň egriligi Sefeý ýyldyz toparynyň δ ýyldyzynyň üýtgeýşine meňzeşligi sebäpli olar *sefeidler* diýip atlandyrylýar (98-nji surat).

Sefeidlerň ýagtylygynyň üýtgeýşi (2-den 6-a çenli) ýyldyz ululygy araçäginde bolýar. Sefeidler ýalpyldysynyň maksimumynda F spektral synpa degişli ýyldyz görnüşinde bolup, minimumynda G synplaryna degişli ýyldyz görnüşini alýar. Ýagtylyklaryň şeýle üýtgemegi ýyldyzyň temperaturasynyň ortaça 1500 gradusa üýtgemegine gabat gelýär. Sefeidlerň spektrinde gözegçilik edilýän çyzyklar onuň röwşenliginiň üýtgeýşiniň fazasyna degişlilikde gyzyl ýa-da melewşe tараpa süýşüp durýar. Şeýle süýşmeleriň hem döwürleýin häsiýete eýe bolup, gyzyl süýşmäniň maksimumy sefeid ýagtylygynyň minimumyna, melewşe süýşmäniň maksimumy bolsa röwşenligiň maksimumynyň golaýyna dogry gelýär. Sefeidlerň döwürleri bilen ýagtylyklarynyň arasynda baglanyşyk bar bolup, olar ýagtylyklarynyň artmagy, döwürleriniň artmagynda görünýär. Şu sebäpli pulsar sefeidi bar bolan ýyldyz sistemalara çenli aralyklar, olaryň görnen döwürleri esasynda tapylan ýagtylyklara daýanyp anyklanýar.



98-nji surat. Sefeidlerň (Sefeý δ tipindäki ýyldyz) ýagtylygy (Δm) we radiusynyň üýtgeýiş (ΔR) egrilikleri.

Sefeidler F we G synplara girýän äpet we has äpet ýyldyzlar bolany üçin olary galaktikamyndan daşardaky obýektlerde-de görmäge mümkinçilik bar.

Eruptiw üýtgeýän ýyldyzlar. Eruptiw üýtgeýän ýyldyzlar beýlekilerden kiçi ýagtylyga eýe bolan ýyldyzlar (esasan, kiçi ýyldyzlar) bolup, olaryň üýtgeýjiligi wagt-wagty bilen gaýtalanýan ýalpyldy görnüşinde bolup geçýär. Şeýle ýalpyldylar şu ýyldyzlardan plazmanyň zyňylmagy (erupsiýasy) bilen düşündirilýändigini üçin hem olara *eruptiw üýtgeýän ýyldyzlar* diýilýär. Eruptiw ýyldyzlardan biri täze ýyldyzlar hasaplanýar.

Täze ýyldyzlar. Täze ýyldyzlar eruptiw üýtgeýän ýyldyzlaryň mälim basgançagyňy özünde jemläp, «täze» diýen at olara şertli ýagdaýda berlen. Şeýle ýyldyzlar aslynda könedən bar bolup, öçüsidigi sebäpli görünmän, öz ewolýusiýasynyň mälim basgançagynda ýalpyldy sebäpli röwşenligi 10–13 ýyldyz ululygyna çenli üýtgäp, ýönekeý göz bilen görünýän röwşen ýyldyza öwürülýär. Öz ýalpyldylarynyň maksimumynda olar absolýut ýyldyz ululyklarynyň ortaça 8,5 ýyldyz ululygyna çenli baryp, munda olar A–F spektral synplara degişli has äpet ýyldyzlar görnüşine örän meňzäp gidýär.

Şeýle ýyldyzlary ýalpyldydan öň we soň jikme-jik öwrenmek olar goşa ýyldyzlar diýen netijä getirýär. Munda ýalpyldynyň sebäbi iki bir-birine ýakyn ýerleşen ýyldyzlaryň özara täsirleşmegi sebäpli bolup geçýär. Bu ýyldyzlardan biri kem dykzlyga eýe uly ýyldyz bolup, ikinjisi uly dykzlykdaky ak kiçi ýyldyz diýlip garalýar. Uly dykzlyk we dartuş güýjüne eýe bolan ak kiçi ýyldyzyň täsirinde äpet ýyldyzyň maddasy oňa akyp düşüp, ak kiçiniň üstünde gaty gyzýar we mälim temperatura ýetensoň, güýçli *termoyadro partlama* bolup geçýär.

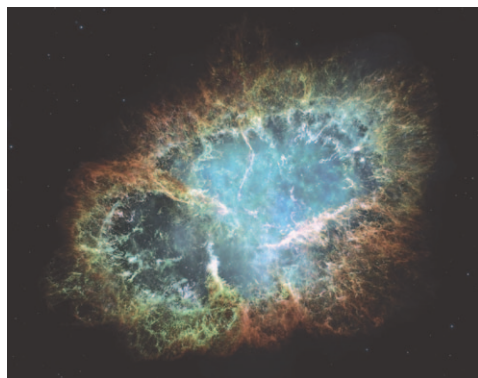
Täze ýyldyzlar ýalpyldy döwründe doly şöhlelenme energiýasy 10^{38} – 10^{39} J bolup, muny Gün diňe birnäçe on mün ýylda bermegi mümkin.

Ýyldyz üstünde partlama bolanda, onuň üstünden ullakan massaly maddasy (takmynan 10^{-4} – $10^{-5} M_{\odot}$) 1500–2000 km/s çenli tizlik bilen zyňylýar. Netijede täze ýyldyzyň daşynda ýaýraýan gaz ullakan ümürligi emele getirýär. Gözegçilikler netijesinde, beýlekilerden ýakyn ýerleşen ähli täze ýyldyzlaryň daşynda hakykatdan hem giňelýän şeýle gaz ümürlikleri bolýar.

Tä häzire çenli ylma 300-e ýakyn ýalpyldaýan täze ýyldyz mälim bolup, olaryň 150-ä golaýy özümiziň galaktikamynda, 100-e golaýy goňşy Andromeda ümürliginde bolupdyr.

Has täze ýyldyzlar hem eruptiw üýtgeýän ýyldyzlar toparyna girip, äpet massiw ýyldyzlardan hasaplanýar. Ýagtylyklary ýiti üýtgeýän (ýylpyldaýan) şeýle ýyldyzlaryň ýalpyldylary partlamanyň hasabyna bolýar. Partlama sebäpli şeýle ýyldyzlaryň röwşenligi birnäçe günüň dowamynda onlarça million esse artýar. Ýyldyz öz ýagtylygynyň maksimumyna ýetende, özi ýerleşen galaktikanyň röwşenligine, käte ondan hem birnäçe esse köp röwşenlige eýe bolýar. Ýagtylygynyň maksimumynda, onuň absolýut ýyldyz ululygy -18 -den tä -19 ýyldyz ululygyna çenli ýetýär. Has täze ýyldyzlar öz ýagtylygynyň maksimumyna, partlama ýüze çykandan soň, 2–3 hepde geçensoň ýetýär we soňra birnäçe aýyň dowamynda onuň ýagtylygy 25–30 esse kemelýär. Ýalpyldy dowamynda, has täze ýyldyzlaryň umumy şöhlelenme energiýasy 10^{41} – 10^{42} jouly düzýär.

Mälim galaktikada has täze ýyldyzyň ýalpyldysy takmynan 100 ýylyň içinde diňe 1–2 gezek bolmagy mümkin. Taryhda biziň galaktikamyzda-da birnäçe has täze ýyldyzlaryň ýalpyldysy anyklanan. Bularyň içinde Sowur ýyldyz toparynda 1054-nji ýylda Hytaý astronomlary tarapyndan gözegçilik edileni iň güýçlülerinden hasaplanýar. Bu ýyldyzy onuň partlamasyndan soň birnäçe günüň dowamynda gündizine-de görmek mümkin bolupdyr. Ýalpyldy wagtynda şeýle ýyldyzlar 0,1-dan tä 1,0 Gün massasyna deň öz maddasyny 6000 km/s çenli tizlik bilen ýyldyzara boşluga zyňýar. Sähel kem 1000 ýyla ýakyn wagt geçendigine seretmezden, bu ýyldyzdan zyňlan gaz massasy häzirki günde-de sekundyna sähel kem 1000 km tizlik bilen giňelmesini dowam edýär. Ýylpyldaýan ýyldyzyň daşynda ýaýraýan bu gaz massasy örän uly gaz ümürligini emele getiripdir. Sowur ýyldyz toparynda 1054-nji ýylda partlan has täze ýyldyzdan galan bu ümürlük Leňneç şekilli ümürlük ady bilen meşhur (*99-njy surat*). 1572-nji ýylda partlan başga bir has täze ýyldyz daniýaly astronom Tiho Brage tarapyndan Kassiopeýa ýyldyz toparynda, 1604-ýyly Ilon Eltuvchi ýyldyz toparynda partlany bolsa Kepler tarapyndan gözegçilik edilen.



99-njy surat. Sowur ýyldyz toparyndaky Leňneç şekilli ümürlük – 1054-nji ýylda partlan has täze ýyldyzyň galyndysy.

Has täze ýyldyzlaryň partlamagy sebäpli olaryň merkezi galyndy bölegi, partlamadan alan goşmaça impulsyň hasabyna diametri birnäçe kilometr galýança heläkçilikli gysylýar (oň ylymda kollaps diýilýär) we has uly dykzlykdaky obýekte öwrülýär. Munda onuň dykzlygy sähel kem atom ýadrosynyň dykzlygyna çenli (10^{14}g/cm^3) ýetýär. Şeýle dykzlykda atomlar atom aýratynlygyny bütinleý ýitirip, diňe neýtron gabyklardan şekillenýär we şu sebäpli has täze ýyldyzlaryň galyndysy köplenç *neýtron ýyldyzlar* diýip atlandyrylýar.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Nähili ýyldyzlara fiziki üýtgeýän ýyldyzlar diýilýär?
2. Sefeidler nähili aýratynlykly pulsar ýyldyzlar hasaplanýar?
3. Sefeidleriň döwürleri bilen ýagtylyklarynyň arasynda nähili baglanyşyk bar?
4. Täze ýyldyzlaryň ýalpyldy mehanizmi barada näme bilýärsiňiz?
5. Has täze ýyldyzlar ýalpyldysynda olaryň massalary nähili orun tutýar?
6. Has täze ýyldyzyň ýalpyldysy netijesinde ol nähili asman jisimine öwrülýär?

24-nji TEMA. 55-§. Ýyldyzlaryň ewolýusiýasy. Neýtron ýyldyzlar we «gara girdaplar»*

Köp astronomlaryň pikiriçe, ýyldyzlar (hatda tutuş galaktikalar hem) örän iri massaly gaz buludynyň gysylmagy (kondensirlenmegi) we aýlanmagy netijesinde peýda bolýar. Sowuk gaz-tozan buludy mälim sebäplere görä gysylan bolsun, diýip çak edeliň. Dartyşma güýçleri täsirinde gysylan gaz buludy ýuwaş-ýuwaşdan şar şekilli ýagdaýa geçmäge ymtylýar. Şeýle gysylma netijesinde buludyň dykzlygy we temperaturasy barha artyp, ol gelejekde «protoýyldyz» (ýyldyzyň şekillenmeginiň başlangyç halaty) öwrülýär. Munda onuň üst temperaturasynyň artmagy sebäpli, ol infragyzy diapazonda şöhlelenip başlaýar. Protoýyldyzyň merkezinde temperatura takmynan 10^7°K ýetensoň, ol ýerde termoýadro sintezi reaksiýasy başlanýar. Şu wagtdan başlap gazyň basyşynyň içki güýçleri ýyldyzyň daşky bölekleriniň dartyşma güýji bilen deňleşenligi sebäpli, ýyldyzyň gysylma prosesi togtaýar. Ýyldyzyň massasy näçe uly bolsa,

onda deňagramlylyk ýagdaýy şonça ýokary temperaturada bolup geçýär. Şu sebäpli uly massaly ýyldyzlaryň ýagtylyklary hem şoňa degişlilikde uly bolýar.

Ýyldyzlarda gysylma basgançagy, onuň merkezi böleginde wodorodyň bir tekiz «ýanmagy» bilen geçýän, stasionar ýagdaýa öwrülýär. Hut şeýle ýagdaýda ýyldyzlar spektr-ýagtylyk diagrammasynyň «baş zygiderligi»ndan ýer alan bolýar. Ýyldyzlaryň baş zygiderlikde bolýan wagty olaryň massalaryna bagly. Uly mukdardaky şöhlelenme energiýasyny ýaýradýan massiw ýyldyzlar öz ewolýusiýasy döwrüni tiz geçip, stasionar ýagdaýda diňe birnäçe million ýyl bolsa, Gün ýaly massaly ýyldyzlar bu ýagdaýda 10^{10} ýyldan kem bolmaýar.

Ýyldyzlaryň merkezinde bar wodorod geliye öwrülip bolansoň, ol ýerde geliýli ýadro peýda bolýar. Indi wodorod geliye ýyldyzyň merkezi böleginde däl, eýsem onuň ýadrosyna ýapyşan üstünde aýlanyp başlaýar. Bu wagtda geliýli ýadronyň içinde energiýa çeşmesi sönen bolup, ol ýuwaş-ýuwaşdan gaýtadan gysylyp başlaýar we şonuň hasabyna gaty gyzýar. Onuň temperaturasy $15 \cdot 10^6$ °K-a ýetensoň, geliý indi ugleroda öwrülýär. Netijede onuň ýagtylygy hem-de ölçegi barha artýar we ýönekeý ýyldyz ýuwaş-ýuwaşdan äpet ýa-da has äpet ýyldyza öwrülýär. Bilşimiz ýaly, şeýle ýyldyzlar «spektr-ýagtylyk» diagrammasynda aýratyn orun eýeleýär.

Diýmek, ýyldyzlaryň ýaşaýşynyň ahyrky basgançagy, olaryň бүтин ewolýusiýasy ýaly, massalarynyň «elinde» bolup, Gün toparyndaky ýyldyzlar (massasy 1,2 Gün massasyndan uly bolmadyklary) ýuwaş-ýuwaşdan giňelip, ahyrky netijede ýyldyzyň ýadrosyny taşlap gidýär. Soňra ol aýlanýan gyzyl äpet ýyldyzyň ýerine kiçi, *reňkdäki gyzgyn ak kiçi ýyldyz* galýar. Ýyldyzlar dünýäsi şeýle ak kiçi ýyldyzlara baý. Mundan görnüşi ýaly, köp ýyldyzlar ak kiçä öwürülensoň, bara-bara sowap, söňüp galýar – «ölýär».

Ýöne ýyldyzyň massasynyň mälim bahasyndan başlap, ýadrodaky gazyň basyşy grawitasiýa güýçlerine döz gelip bilmän üzüksiz gysylyp başlaýar, başgaça aýdanda, kollaps (heläkçilikli gysylma)



Ak kiçi ýyldyz Neýtron ýyldyz Neýtron ýyldyz gara girdap

100-nji surat. Ýyldyzlaryň massalaryna görä ewolýusiýasy.

hadysasy bolup geçýär. Ýyldyzyň massasy takmynan 2–3 Günüň massasyna çenli bolanda, ol kollapsdan gaçyp gutulyp bilmeýär.

Şeýle ýyldyz, nobatdaky gysylmagy netijesinde neýtron ýyldyza öwrülmeği netijesinde emele gelen «neýtron gaz» basyşy grawitasiýa güýçlerine döz gelip bilenligi sebäpli, ol gysylmadan togtaýar. Bu orunda ýene şuny belläp geçmek gerek, ýagny ýyldyzyň galyndy massasynyň gysylmagy sebäpli neýtron ýyldyz öz-özünden emele gelmän, ol ýadro partlamasyny (has täze ýyldyz görnüşinde) «başyndan geçirmeli» bolýar. Şeýle partlama sebäpli madda neýtronlar ýagdaýyna geçirilip, ähli bar ýadroy energiýasy ondan bölünip çykýar (*100-nji surata* garaň).

Eger-de ýyldyzyň massasy 2–3 Günüň massasyndan-da uly bolsa, onda «neýtron gazyň» basyşy-da grawitasiýa güýçlerine döz gelip bilmän, ýyldyz üznüksiz gysylmagyny dowam edýär. Gysylan ýyldyzyň radiusy $\frac{2GM}{c^2}$ -a ýetende (bu ýerde c – ýagtylygyň tizligi) onuň üçin parabolik tizlik ýagtylygyň tizliginden uly bolýar. Başgaça aýdanda, indi hiç zat, hatda şöhlenenme kwantýda ýyldyzy terk edip bilmeýär, diýmek ýyldyz indi görünmeýär. Nazary taýdan garalanda, bolmagy mümkin bolan şeýle çak edilen ýyldyzyň «görnüşü» – *gara girdap* diýip atlandyrylýar.

Şeýle at oňa özünden daşary hiç hili şöhlenenmäni hem çykaryp bilmeýän derejedäki dartýş güýjüne eýeligi üçin berlen.

Eger «gara girdap» goşa ýyldyzlaryň düzüjilerinden biri bolsa, onda ol ýanyndaky normal ýyldyzyň maddasyny dyngysyz «sormak» aýratynlygyna eýe bolýar. Hut şeýle çäkke güýçli rentgen diapazonynda emele gelen şöhlenenmäni mahsus rentgen teleskoplarda bellik etmek arkaly «gara girdabyň» garasyny görmek mümkin bolýar.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Ak kiçi ýyldyzlar nähili massaly ýyldyzlar ewolýusiýasynyň önümi?
2. Nähili ýyldyzlar öz ewolýusiýasynyň soňunda neýtron ýyldyza öwrülýär?
3. «Gara girdaplar» öz ewolýusiýasynyň soňunda nähili görnüşdäki radiusly ýyldyza öwrülýär?
4. «Gara girdaplar» nähili topardaky ýyldyzlaryň galyndysy?

VI BAP. ÄLEMIŇ GURLUŞY WE EWOLÝUSIÝASY

25-nji TEMA. 56-§. Galaktikamyzyň gurluşy, düzümi we aýlanmagy

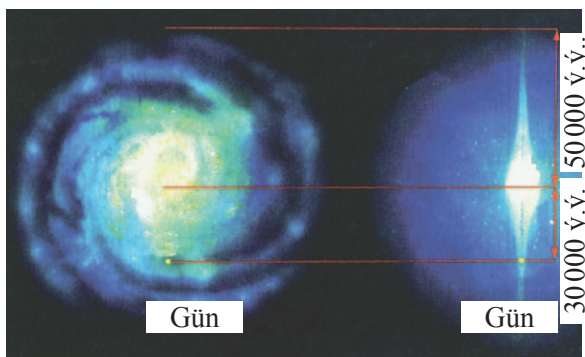
Gijede garaňky asmana garasak, bütin asman boýunça uzap giden ýagty – saman dökülen ýoly ýatladýan we ýaşlygymyzdan bize ulular Akmaýanyň Ýoly diýip düşündiren zolaga gözümüz düşýär.

Ýönekeý meýdan dürbüsi ýa-da kiçiräk teleskopdan Akmaýanyň Ýoluna seredeniňden, ol süri-süri ýyldyzlardan ybaratdygyny görýäris.

Biziň Gün hem (bir ýönekeý ýyldyz hökmünde) şu ullakan ýyldyzlaryň sistemasynyň agzasy bolany üçin biz ony biziň galaktikamyz diýip atlandyrýarys (101-nji surat). Galaktikamyza gapdal tarapdan garalsa, onuň şekli güberçek linza görnüşine meňzeýär. Onuň diametri sähel kem 100 müň ýagtylyk ýylyna, galyňlygy bolsa 7 müň ýagtylyk ýylyna deňdir. Gün sistemasy galaktikamyzyň merkezinden onuň radiusynyň 2/3 bölegine deň (33 müň ýagtylyk ýyly aralykda) ýerleşýär (102-nji surat). Eger galaktikamyzyň diskine (ýagny Akmaýanyň Ýolunyň tekizligine) dik ugur tarapdan durup garalsa, merkezinden spiral görnüşde ýaýraýan we sagat maýatniginiň puržinini ýatladýan «ýeňleri» görýäris (103-nji surata garaň). Gün sistemasy tarapdan garalanda, galaktikamyzyň merkezi ýadrogy Kowus ýyldyz toparyna proyeesirlenýär.



101-nji surat. Galaktikamyzyň «halkasy» hasaplanýan Akmaýanyň Ýoly.



102-nji surat. Galaktikamyzyň üst we gapdal tarapdan görnüşi.



103-nji surat. Galaktikamyzyň spiral «ýeňleri» (üst tarapdan garalanda).

62° burç emele getirýär. Munda ýyldyzlaryň tizlikleri, olaryň galaktikamyzyň ýadrosyndan uzaklyklaryna görä barha kemelýär. Gün we onuň golaýynda ýerleşen ýyldyzlaryň aýlanma tizlikleri sekundyna 240 km bolup, aýlanma döwri takmynan 200 mln ýyla deň.

Hasap-hesipler galaktikamyzda 200 mlrd-a ýakyn Ýyldyz bardygyny mälim edýär. Ýyldyzlar galaktikamyzyň esasy bölegini düzýär. Onda ýyldyzlardan daşary olaryň dürli sistemalary (ümürlükler, ýyldyzlar topary), ýyldyzara gaz we tozan gurşaw, kosmiki şöhleler, wodorod atomlarynyň gazlary we başgalar duşýar. Gözegçilikler ähli ýyldyzlar, şol sanda Gün, öz planetalaryny eýerdip, galaktikamyzyň ýadrosynyň daşynda aýlanýandygyny mälim edýär. Akmaýanyň Ýolunyň tekizligi, asman ekwatory tekizligi bilen

57-§. Ýyldyzlaryň togalak we seçelenen toplumlary **

Galaktikamyzda ýyldyzlar diňe ýeke ýagdaýda duşman, özara dinamiki baglanan ýagdaýda goşa, üç sanydan, dört sanydan we ahyrynda örän köp – ýüzlerçe, müňlerçe toplum şeklinde-de duşýar. Galaktikamyzda duşýan birnäçe ýüzden birnäçe müňe çenli bolan, özara dinamiki baglanan ýyldyzlaryň sistemalaryna *ýyldyz toplumlary* ýa-da *üýşmeleňleri* diýilýär. Daşky görnüşine görä ýyldyz toplumlary iki topara – *seçelenen* ýa-da dagynyk we *togalak toplumlara* bölünýär.

Seçelenen ýyldyz toplumlary – bizden birmeňzeş aralykda ýatyp, özara dinamiki baglanan we dagynyk ýagdaýda ýerleşen ýyldyzlar toplumyna *seçelenen toplum* diýilýär.

Galaktikamyzda 800-e golaý seçelenen ýyldyz toplumlary bolup, olaryň diametri 1,5 parsekden 20 parsege çenli barýar. Seçelenen ýyldyz toplumlarynyň gowy öwrenilen wekili – *Sowur ýyldyz toparyndaky Ülker* diýilýän toplum bolup, Gün sistemasyndan ortaça 130 parsekli aralykda ýerleşen (104-nji surat).



104-nji surat. Ülker diýilýän ýyldyzlaryň seçelenen toplumy.



105-nji surat. 20 000-e golaý ýyldyzy öz içine alan M-13 şar şekilli toplum.

Başga bir seçelenen ýyldyz toplum – Giadlar bolsa bizden sähel kem 40 parsekli aralykda ýatýar.

Togalak ýyldyz toplumlary. Asmanda örän köp ýyldyzlar toparlara birleşip, ýyldyzlaryň toplumyny emele getirýär. Şeýle topluma daşky görnüşine görä *togalak* diýilýär. Togalak (şar şekilli) ýyldyz toplumlary seçelenen ýyldyz toplumlaryndan himiki düzümi bilen tapawutlanýar. Hususan-da, seçelenen ýyldyz toplumlarynyň spektrinde agyr elementleriň mukdary 1–4 göterimi düzmek bilen, togalak toplumlarda bary-yogy 0,1–0,01 göterimi düzýär. Şeýle ýagdaý mälum galaktikada togalak we seçelenen ýyldyz toplumlarynyň peýda bolşunda dürlüçe şert bar bolandygyny delillendirýär.

Togalak toplumlaryň ýyldyzlarynyň köplügi we anyk sferik şekline görä, seçelenen ýyldyz toplumlaryna garanda ýyldyzlar fonunda aýdyň tapawutlanyp görünýär. Togalak toplumlaryň ortaça diametri 40 parsek töwereginde bolup, galaktikamyzda şeýle toplumlardan 100-e golaýy tapylan. Togalak toplumlary, seçelenenlerinden tapawutlanyp, olaryň konsentrasiýasy Galaktikamyzyň merkezine tarap barha ýiti artýar. Şeýle toplumlaryň özboluşly wekili Gerkules ýyldyz toparynda ýerleşen M-13 diýilýän toplum bolup, ol 20 müňe ýakyn ýyldyzy öz içine alýar, bizden uzaklygy 24 müň ýagtylyk ýylyna deň (105-nji surat).

26-njy TEMA. 58-ş. Diffuz we tozan ümürlükler

Ýyldyzlar asmany düşürilen fotosuratlarda ýyldyzlar giňşlikde bir tekiz paýlanandygyny duýmak mümkin. Munuň esasy sebäbi, käbir ýyldyzlar kem gözegçilik edilýän zolaklarda olaryň şöhlelenmelerini güýçli siňdirýän iri *tozan materiýanyň* bolmagyndandyr. Galaktikamyzda şöhlelenmäni güýçli siňdirýän şeýle materiýanyň bardygyny ýüz ýyl ýaly öň astronom Ý.W. Struwe öňünden aýdypdy.

Galaktikamyzda şeýle tozan gurşawynyň bardygyna Günorta but ýyldyz toparynda proýesirlenýän «*Kömür haltasy*» we Orion ýyldyz toparynda ýerleşen «*Atyň kellesi*» ümürlükleri (dumanlyk) aýdyň mysal bolup biler (*106-njy surat*).

«*Kömür haltasy*» gara ümürligi bizden 150 parsek aralykda, ölçegi 8 parsege ýakyn Akmaýanyň Ýolundaky ümürlük bolup, onuň burç ölçegi 3° -y düzýär. Teleskop bilen gözegçilik edilende onuň görüş araçäginde gözegçilik edilýän öçügsi ýyldyzlaryň sany, ümürlükden daşarda şeýle meýdanda gözegçilik edilýän ýyldyzlaryň sanyndan takmynan 3 essä çenli kem çykýar. Şeýle siňme, ýyldyzlaryň görünme ululygyny $\Delta m = 1,2^m$ ululyga üýtgemegine (öçügsileşmegine) getirýär. Galaktikada şeýle ümürlükler köp bolup, hususan-da Akguş ýyldyz toparyndan başlanyp, Bürgüt, Ýylan, Kowus we Akrap ýyldyz toparlaryna çenli uzap giden tozan zolagy, Akmaýanyň Ýolunyň bu böleginde ýyldyzlary bizden «gizläp», onda ullakan gara jaýrygy emele getiripdir.

Aýratynam, galaktikanyň merkezine tarap ugurda (Kowus ýyldyz topary tarapynda) gara ümürlük örän goýy bolup, biz üçin täsin hasaplanýan Galaktikamyzyň merkezi guýulma bölegini öwrenmäge päsgel berýär.

Gaz şekilli (diffuz) ümürlükler. Täm garaňky asmanda hatda ýaraglanmadyk göz bilen hem görmek mümkin bolan iň meşhur gaz ümürlük *Orion ýyldyz toparynda (Orion ümürligi)* ýerleşen bolup, onuň ini 6 parseke çenli uzap giden (*107-nji surat*). Şonuň ýaly-da, *Kowus ýyldyz toparynda Laguna, Omega we Üçýyldyz, Akguş ýyldyz toparynda Demirgazyk Amerika we Pelikan,*



106-njy surat. Meşhur «Atyň kellesi» diýilýän tozan ümürlük.



107-nji surat. Orion ýyldyz toparyndan ýer alan uly Orion gaz ümürligi.



108-nji surat. Ýekeşah ýyldyz toparyndaky «Rozetka» gaz ümürligi.

Ýekeşah ýyldyz toparynda Rozetka (108-nji surat) ýaly gaz ümürlikleri bar. Galaktikamyzda bu hildäki jemi obýektleriň sany 400-e ýakyn.

Bu ümürlikleriň spektrleri, wodorodyň H_{α} , H_{β} we iki gaýtadan ionlaşan kislorod ($OIII$), azot we başga elementleriň emission çyzyklaryndan ybarat bolup, utgaşyk spektri örän oçügsi fonda görünýär. Aglaba ýagdaýlarda bu diffuz ümürligiň içinde ýa-da onuň gapdal daşynda gyzgyn O ýa-da B synpyna degişli ýyldyz duşýar. Şeýle ýyldyzlaryň güýçli ultramelewşe şöhlelenmesi, olaryň golaýynda ýerleşen ümürlük gazynyň atomlary tarapyndan siňdirilip, ionlaşmagyna we gaýtadan şöhlelenmegine mejbur edýär.

Ionlaşan gazda erkin elektronlaryň atom bilen baglanan ýagdaýa geçmegi bilen geçýän rekombinasiýa hadysasy bolup, munda atomlar, ilki siňdirilen gaty ultramelewşe şöhleleriň kwantlarynyň ornuna, göze görünýän diapazonda, beýlekilerden kem energiýaly birnäçe kwantlarda şöhlelenýär, başgaça aýdanda, fluoressensiýa hadysasy bolup geçýär.

Ümürlükde bu proses sebäpli emele topgan 10^4 °C-a deň temperatura şu ümürligiň gözegçilik edilen ýylylyk radioşöhlelenmesi arkaly tassyklanýar.

Soraqlar we ýumuşlar:

1. Galaktikamyzyň Akmaýanyň Ýolunyň tekizligi, asman ekwatory tekizligine nähili burç astynda gýşaran?
2. Galaktikamyzda takmynan näçe togalak ýyldyz toplумы tapylan?

3. Gün sistemasy Galaktikamyzyň niresinden ýer alypdyr?
4. Togalak ýyldyz toplumlarynyň ölçegleri we düzümi barada nämeleri bilýärsiňiz?
5. Seçelenen ýyldyz toplumlary şar şekillilerinden nähili tapawutlanýar?
6. Diffuz gaz ümürlikleri tozan ümürlüklerinden nämesi bilen tapawutlanýar?
7. Diffuz ümürlükleriň şöhlenenmesine sebäp näme?

27-nji TEMA. 59-§. Daşky galaktikalar. Galaktikalaryň synlary we spektrleri

Geçen asyryň 20-nji ýyllarynda ümürlüklere çenli aralyklary kesgitlemek mümkinçiligi döränsoň, olardan ençemesi ýönekeý ümürlük bolman, millionlarça ýyldyzlardan ybarat daşky galaktikalardygy mälim boldy.

Ullakan daşky galaktikalardan biri Andromeda ýyldyz toparynda profýesirlenip görünýär we şu ýyldyz toparynyň ady bilen *Andromeda galaktikasy* (käte *Andromeda ümürligi*) diýilýär (109-njy surat). Andromeda ümürligi bizden 2 million ýagtylyk ýylyna deň aralykda ýatýar. Howa dury bolan daglyk çäklerde gijesine ony ýönekeý göz bilen görmek bolýar.

Galaktikalar Älemde giň ýaýran bolup, bize goňşy başga bir şeýle galaktika M-51 ady bilen meşhur. Oňa çenli aralyk 1,8 million ýagtylyk ýylyny düzýär. Asmanyň günorta ýarymşarynda ýerleşen nädogry şekildäki bize goňşy galaktikalar *Uly we Kiçi Magellan bulutlary* diýip at alan.

Daşky galaktikalar öz ölçeglerine görä, dürlüçe ululyklarda duşup, iň irileri milliardlarça, kiçileri bolsa birnäçe millionlarça ýyldyzy öz içine alýar. Äpet galaktikalaryň ölçegleri 50 müň parsege çenli (ýagny diametri 150 müň ýagtylyk ýylyna çenli) ýetmek bilen, iň kiçileri birnäçe 100 parsekden geçmeýär.

Birinji bolup 1925-nji ýylda astronom E. Habbl galaktikalaryň daşky görnüşlerine görä, aşakdaky üç synpa bölmegi teklip etdi: elliptik (E), spiral (S) we nädogry (Irr) galaktikalar.

Elliptik galaktikalar daşky görnüşi ellips ýa-da tegelek görnüşine eýe bolan galaktikalardyr. Şeýle galaktikalar üçin häsiýetli aýratynlyklardan biri olaryň rövşenligi merkezinden çete tarap bir tekiz barha kemelýär. Olaryň içinde bölünip çykan ýagdaýda käbir struktura elementi bolmaýar.



109-njy surat. Andromeda ýyldyz toparyndan ýer alan Andromeda ümürligi (M-31).



110-njy surat. Ýeňleri merkezi köprüden asylýan spiral galaktika.

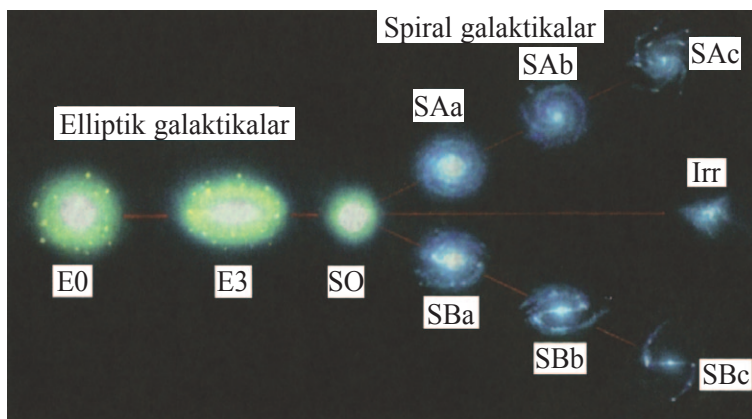
Spiral galaktikalar örän giň ýaýran bolup, gözegçilik edilýän galaktikalaryň ýarysy diýen ýaly şu hildäki galaktikalardan hasaplanýar. Başga galaktikalardan tapawutlanyp, olaryň strukturasy anyk spiral ýeňlerden ybarat bolýar. Andromeda we biziň galaktikamyz spiral galaktikalaryň tipik wekillerinden hasaplanýar. Spiral galaktikalar hem ikä bölünýär. Olaryň biri, Biziň Galaktikamyza meňzeşleri S (ýa-da SA) bilen belgilenip, spiral strukturanyň merkezi guýulma – ýadrodan başlanýar. SB diýip belgilenýän ikinji hilinde bolsa spiral şahamçalar ýadronyň ornunda diametr boýunça uzap giden köpri şekilli strukturanyň uçlaryndan başlanýar (110-njy surat).

Spiral we elliptik galaktikalaryň aralygyndaky (strukturasyna görä) galaktikalar linza şekilli galaktikalar (SO) tipini düzýär.

Nädogry galaktikalarda ýadronyň bar-ýoklugy bilinmeýär. Şonuň ýaly-da, olar aýlanma simmetriýaly struktura hem eýe däl. Şeýle galaktikalara mysal edip *Uly Magellan Buludyny* (UMB) we *Kiçi Magellan Buludyny* (KMB) (olar Akmaýanyň Ýolunyň daşynda bolýar) getirmek mümkin.

Galaktikanyň daşky görnüşi, onuň ýaşı bilen bagly bolup, galaktika ewolýusiyasynyň mälim basgançagyna gabat gelýär (111-nji surat).

Galaktikalaryň spektri. Galaktikamyzdan daşky ümürlikleriň (galaktikalaryň) spektri ýyldyzlaryň spektrini ýatladyp, siňme çyzyklaryndan ybarat bolýar. Olar düzümine görä, A, F we G synplara girýän ýyldyzlaryň spektrinden, diňe käbir gaz ümürlikleriň spektrlerinde duşýan, emission çyzyklarynyň bardygy bilen



111-nji surat. Galaktikalaryň ewolýusiýasy.

tapawutlanýar. Mundan gözegçilik edilen ümürlükler, ýyldyzlar sistemasy we diffuz materiýadan ybaratlygy aýan bolýar.

Nädogry galaktikalaryň spektri A we F spektral synplara, spiral galaktikalaryňky F we G synplara we ahrynda, elliptik galaktikalaryňky G we K synplara girýän ýyldyzlaryň spektrine meňzäp gidýär.

Bu – spiral we nädogry galaktikalarda başlangyç spektral synplara girýän gyzgyn we ýaş ýyldyzlaryň köplüğinden, elliptik galaktikalar bolsa, beýlekilerden ýaşy geçen, soňky spektral synplara degişli ýyldyzlara baýlygyndan habar berýär. Galaktikalaryň reňkine garap hem, onda köpçüligi düzýän ýyldyzlaryň spektral synplary barada netije çykarmak mümkin. Galaktikalar ýa-da olaryň bölekleriniň reňk görkezijileri hem ýyldyzlaryň reňk görkezijilerini tapmak ýoly bilen tapylýar.

Galaktikalara çenli aralyklary (r) kesgitlemekde, ilki olaryň düzümindäki sefidleriň döwür-ýagtylyk baglanyşyklary esasynda ýagtylyklary tapylýar, soň olaryň görünme ýyldyz ululygy esasynda oňa çenli (galaktika çenli hem) aralygyň $m - M$ moduly arkaly aşakdaky aňlatmadan peýdalanyň anyklamak mümkin bolýar:

$$\lg r = 0,2(m - M) + 1.$$

Şonuň ýaly-da, daşky galaktikanyň gyzyly reňkdäki süýşme ululygy $\Delta\lambda$ -ny tapmagyň mümkinçiligi bolanda, H – Habblyň hemişeligi ($70 \text{ km/s} \cdot \text{Mpk}$) we ýagtylyk tizligi c kömeginde oňa çenli aralyk

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot c = H \cdot r$$

aňlatmadan aňsat tapylýar, bu ýerde $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = z$ agza diýilýär.

60-§. Radiogalaktikalar we kwazarlar *

Radiogalaktikalar. Radioşöhlenenme, ol ýa-da bu derejede ähli diýen ýaly galaktikalara mahsus aýratynlyk hasaplanýar. Olaryň aglabasynda radioşöhlenenme, şöhlenenme kuwwatynyň ujypsyz bölegini düzýär. Ýöne şeýle galaktikalar hem bar bolup, olaryň radioşöhlenenmesi galaktikanyň optiki şöhlenenme kuwwaty bilen deňeşdirer ýaly derejede ýokary, käbirleriniňki bolsa, ondan münlerçe, hatda millionlarça esse köplük edýär. Şeýle galaktikalara *radiogalaktikalar* diýilýär. Şeýle uly kuwwatly, bize ýakyn ýerleşen radiogalaktikalardan biri Akguş ýyldyz toparynda ýatýan «Akguş A» diýip atlandyrylýar. Spektrindäki gyzyl reňkdäki süýşmä ($z=0,057$) görä anyklanan onuň aralygy takmynan 200 Mpk-a deň. Ol bir-birinden 80 kpk aralykda ýerleşen radioşöhlenenmäniň iki ýagty komponentinden ybarat. Iň ýakyn radiogalaktikalaryň wekili «Kentawr A» bolsa, biziň galaktikamyzdan takmynan 4 Mpk aralykda ýatýar. Olaryň radioşöhlenenmeleri ýylylyk däl häsiýete eýe bolup, magnit meýdanlarynda relýatiwistik (ýagtylyk tizligine ýakyn tizlikler bilen hereketlenýän) elektronlaryň ýiti tormozlanmagy netijesinde emele gelen şöhlenenmeleri bilen düşündirilýär.

Kwazarlar. Radiodiapazonda burç ölçegi 1" we ondan kiçi, ýöne örän uly güýç bilen şöhlenenýän, galaktikamyzdan daşky – iň uzakda ýerleşýän ýyldyza meňzeş obýektlerden biri *kwazarlar* diýlip atlandyrylýan obýektlerdir. Birinji kwazar 1963-nji ýylda 13-nji ýyldyz ululygyndaky bize iň ýakyn (~630 mln Mpk) radioobýekt hökmünde Sünbüle ýyldyz toparynda tapylyp, ol 3-nji Kembrij katalogynda 3C273 ady bilen bellik edildi. Ähli diapazondaky onuň şöhlenenme kuwwaty 10^{46} – 10^{47} erg/s deň.

Uzak wagta çenli bu obýektleriň spektrlerini derňemek kyn boldy. We ahyrynda, olaryň spektrinde aslynda ultramelewşe bölekde ýerleşýän güýçsüz çyzyklar haýsy atomlara degişlidigi tapylandy, olaryň «gyzyl reňkdäki süýşme» ululyklary anyklandy. Soňra Habblyň kanuny esasynda, olaryň aralyklary we ýagtylyklary hasaplandy. Netijede olar, biziň galaktikamyza dahyly bolmadyk we

milliardlarça ýagtylyk ýyly aralyklarda ýatýan has güýçli radioobýektler bolup çykdy. Şol bir wagtda birnäçe yüzlerçe kwazarlar açyş edilen bolup, olardan aglabasyna çenli aralyk 10 milliard ýagtylyk ýylyndan hem köp.

Kwazarlaryň şöhlelenme kuwwaty haýran galdyryýan derejede ýokary bolup, ýagtylyklary, ýada salnysy ýaly, 10^{39} – 10^{40} W-ni düzýär. Bu kwazarlar ýüz milliardlarça ýyldyzy bolan iň güýçli galaktikalaryň ýagtylygyndan 100, hatda 1000 esse köp kuwwat bilen şöhlelenýän asmanyň seýrek obýektleri diýeni bolýar. Şu aýratynlyklaryna görä kwazarlar Älemiň iň syrly obýektlerinden hasaplanýar. Spektrinde energiýanyň paýlanyşy, kiçi burç ölçegi, käbir ýagdaýlarda bolsa, optiki we radioşöhlelenmeleriniň üýtgeýänligi bilen kwazarlar, köp tarapdan galaktikalaryň aktiw ýadrosyny ýatladýar. Kwazarlaryň spektrlerindäki emission çyzyklarynyň intensiwligi we giňligine (tizlik 3000 km/s çenli ýetýän), görä Seyfert galaktikasynyň ýadrosyna hem meňzäp gidýär. Şu sebäpli alymlar häzire çenli kwazarlary galaktikalaryň ewolýusiýasynyň onçakly uzak dowam etmeýän bir basgançagy bolmaly, diýip takmyn edýärler. Şonuň ýaly-da, käte olar kwazarlary grawitasion gysylmany başyndan geçirýän, we şu sebäpli, uly energiýa bilen şöhlelenýän milliardlarça Gün massasyna eýe bolan ullakan gaz buludynyň guýulmasy görnüşinde göz önüne getirýärler.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Haýsy daşky galaktika birinji bolup açyş edilipdir?
2. Daşky galaktikalara çenli aralyklar nähili ýol bilen anyklanýar?
3. Daşky galaktikalaryň nähili synplaryny bilýärsiňiz?
4. Galaktikalaryň spektrleri olaryň synpyna baglymy?
5. Radiogalaktikalar diýip nähili galaktikalara aýdylýar?
6. Kwazarlar haýsy diapazonda uly güýç bilen şöhlelenýän obýektler hasaplanýar?

28-nji TEMA. ◀ 61-§. Älemiň giňelmeği. Habblyň kanuny *

Ýerden durup asmana garalanda, onuň ähli tarapyndaky galaktikalarda gyzyk reňkdäki süýşmäni görüp, biziň galaktikamyz Älemiň merkezinden orun alan eken-dä, diýip netije çykarmaga howlukmaly däl. Islendik daşky galaktikadan durup asmana garan çak edilen gözegçi daşky galaktikalara garap, olarda-da gyzyk reňkdäki süýşmäni gören bolardy.

Eger-de gadynda hem galaktikalarda giňelme edil şeýle depginde bolan diýip çak etsek, onda bu gün olaryň giňelmegi haçan başlananlygynyň hasap-hesibini çykarmak mümkinligini düşünmek kyn däl. Hut şeýle hasaplamalar netijesinde alymlar Älemde giňelme mundan 15–20 mlrd. ýyl öň başlandygyny aňladýar. Geň galaýmaly, geçen asyryň 1922–1924-nji ýyllarynda görnükli rus alymy A.A. Fridman Eýnşteýniň umumy otnositellik nazaryýeti esasynda, Älemiň modeli stasionar (oturymly) bolman, ol giňelmä ýa-da gysylma meýilli bolýandygyny anyklady. Köp geçmän Älemiň giňelmegine degişli deliller anyklandy. Bu prosesi dogry düşündirmek arkaly onuň möhüm ähmiýetinden ägä bolýarys. Dürli idealistik we teologik garaýyşlardan azat bolan ylmy-materialistik garaýşa esas bolýan, Älemiň tebigy we real giňelme prosesiniň açylmagy, gadynda uly ähtimal bilen ýüze çykmagy mümkin bolan «gyzgyn partlama»nyň netijesi diýmäge esas boldy.

Bu gün «gyzgyn partlama» gipotezasynyň tejribe mysalynda tassyklaýan esasy barmy? – diýen sorag döreýär. Esasysy, 1965-nji ýylda bu ugra degişli uly açyş edildi. Mälim bolşy ýaly, kosmiki giňişlik gadynda ne ýyldyz, ne galaktika, ne ümürlükler ýok wagtynda ösüş döwriň «ilçileri» bolan elektromagnit tolkunlaryna baý bolupdyr. Bu tolkunlar birlenji ýa-da *reliktiw (galyndy) şöhlelenme* diýip atlandyrylýar. Ýada salnan giňelmede diňe bir galaktikalar sistemasy gatnaşman, relikt şöhlelenme hem gatnaşandygy syr däl. Netijede, şeýle reliktiw şöhlelenmäniň yzyna düşen amerikaly astronomlar ony adatdan daşary çalt anykladylar.

Geň galaýmaly, bu şöhleleriň tapylmagy adatdan daşary bolup geçendigine seretmezden, galyndy şöhleleriň barlygy astrofizik alymlar tarapyndan nazary esasynda önünden anyklanypdy. Şeýle şöhläniň barlygy baradaky prognoz we onuň kosmiki giňişlikde tapylmagy – dünýäni we onuň kanunalaýyklyklaryny bilmegiň ynamly delili hökmünde bu gün aýan boldy. Metagalaktikanyň (Älemiň görünýän bölegi) giňelme prosesinde gözegçilik edilýän materiýa, hil özgerişleriniň ähli görnüşleri – saklanma kanunlaryna hiç hili garşylyksyz geçýär we ony düşündirmekte hiç hili tebigy däl güýçlere zerurlyk galdyrmaýar. Metagalaktika ewolýusiyasynyň açyş edilmegi adamyň akyl taýdan aktiwliginiň beýik üstünligi hasaplanýar. Bu üstünlük adamyň akyl-paýhasy, Älemiň ýakyn içki bölegi we uzak geçmişine girip baryp bilendigini görkezip, adam tarapyndan daşky älemi bilmegi çäklendirilenligi baradaky mifi puja çykardy.

Alem baradaky häzirki zaman düşüňjeleri diňe bir tebigat ylmylaryna esaslanyp galman, onuň ewolýusiýasy baradaky logiki we filosofik pikir ýöretmelere-de daýanýar.

Munda empirik ýol bilen tapylan «gyzyl reňkdäki süýşme» logarifmi we galaktikalaryň görünme ýyldyz ululyklarynyň arasyndaky çyzykly baglanyşyk ýagny m we $\lg v_r$ arasyndaky şu $\lg v_r = \lg\left(c \frac{\Delta\lambda}{\lambda}\right)$ gatnaşyk, galaktikalaryň aralyklary we uzaklaşmalaryň arasyndaky aşakdaky ýaly $v_r = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = Hr$ baglanyşyk bardygyny aňladýar, bu ýerde: v_r – şöhle tizligi; c – ýagtylyk tizligi; $\Delta\lambda$ – gyzyl süýşme; H – Habblyň hemişeligi; r – daşky galaktika çenli aralygyny häsiýetlendirýär.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Metagalaktika diýende Älemiň nähili bölegini göz önüne getirýärsiňiz?
2. Älemde «gyzyl reňkdäki süýşme» diýip nähili prosese aýdylýar?
3. A.Fridman we A.Eýnşteýnleriň Älemiň modeli baradaky pikirleri nämelerden ybarat?
4. Reliktiv şöhlelenme diýende nämäni düşüňýärsiňiz? Ol Älemiň nähili modeline esas bolupdyr?
5. Habblyň kanuny Älemiň giňelmegine dahylly nähili parametrleriň arasyndaky baglanyşygy görkezýär?

29-njy TEMA. 62-§. Galaktikalaryň Älemde paýlanyşy **

Galaktikalaryň giňişlikde paýlanyşyny öwrenmek hem ýyldyzlaryň galaktikada paýlanyşyny öwrenendäki ýaly bolup, asmanyň mälum ugrundaky (aglaba 1 kwadrat gradusda) galaktikalar sany N_m diýende şu ugrundaky ýyldyz ululygy m we ondan kiçi ululykdaky galaktikalaryň sany düşünilýär. Bu mesele birinji gezek 2,5 metrlik reflektorda asmanyň 1283-nji zolagynda ýyldyz ululyklary 20^m çenli obýektler düşürilen fotosuratlary derňemek arkaly E. Habbl tarapyndan 1934-nji ýylda anyklandy. Habbl şu ýol bilen 1 kwadrat gradusly meýdana 20^m ululyga çenli rövşenlikdäki 131 galaktika dogry gelýändigini anyklady. Bütin asman sferasyna (ol jemi 41253 kwadrat gradusy düzýär) dogry gelýän galaktikalaryň ortaça sany bolsa $5,4 \cdot 10^6$ -a deň çykdy. Dünýädäki iň iri

teleskopyň kömeginde 24 ýyldyz ululygyna çenli obýektleri (şol sanda, galaktikalary hem) görmek mümkinligine üns berilse, onda bütün sferada 1,4 milliard galaktikany görmek mümkinligi anyklanýar (*112-nji surat*).

Biziň galaktikamyz, Andromeda (M-31), Üçburçly ýyldyz toparyndaky galaktika (M-33), Uly we Kiçi Magellanyň bulutlary we başga ýene birnäçe ýyldyz sistemalary bilen bilelikde (jemi 35-e ýakyn galaktika) *ýerli galaktik toplumy* emele getirýär.

Şol bir wagtda şu hildäki 4000-e ýakyn galaktikalaryň ýerli toplumy mälim bolup, olaryň ortaça diametri 8 Mpk töwreginde. Iri galaktik toplumlardan biri Weronikanyň Saçlary ýyldyz toparynda proýesirlenip, sähel kem 40000-e ýakyn galaktikany öz içine alýar. Ol bizden 70 Mpk aralykda ýerleşip, diametri 12° çenli uzap giden. Biziň ýerli toplumymyzda iň ýakyn ýerleşýän galaktik toplum 12 Mpk aralykda bolup, ol Sünbüle ýyldyz topara proýesirlenýär. Onda ýedi sany äpet galaktika (olardan biri «Sünbüle A» radio-galaktikasy) we onta spiral galaktika bolýar. Şeýle birnäçe ýerli galaktikalar toplumyny (şol sanda, biziň ýerli toplumymyzy hem) öz içinde jemleýän we özara dinamiki baglanyşykda bolan gurluş – *has galaktika* diýilýär. Has galaktikanyň ortaça diametri 40 Mpk bilen bahalanýar. Bu gün güýçli teleskoplaryň kömeginde, her biri onlarça ýerli galaktik toplumy öz içine alan 50-ä ýakyn has galaktika sanawa alnan. Has galaktikalardan ybarat Älemiň görünýän bölegine *metagalaktika* diýilýär.



112-nji surat. Asmanyň üç uly bolmadyk (birnäçe kw gradus) böleginde görünýän daşky galaktikalar.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Biziň galaktikamyz barada näme bilýärsiňiz?
2. Galaktikamyzy öz içinde alan ýerli galaktikamyz, ýene nähili galaktikalary öz düzümine alýar?
3. Has galaktikalar galaktikalaryň nähili ulgamy?
4. Metagalaktika diýende Älemiň nähili bölegi düşünilýär?

II BÖLÜM

KOSMONAWTIKANYŇ ELEMENTLERI **

30-njy TEMA. 63-ş. Kosmonawtikanyň predmeti we onuň başga ylymlar bilen aragatnaşygy

«Kosmonawtika» sözi grekçe «kosmos» we «nautika» sözlerinden alnan bolup, degişlilikde, «älem» we «deňizde ýüzmek» diýen manyny aňladýar. Kosmonawtika predmetine kosmiki giňişlikde maksada laýyk hereketleri öwrenmek, awtomatik we ekipažly kosmos gämilerini kosmosa alyp çykýan we dolandyrylýan raketalary döretmek ýaly meseleler girýär. Kosmiki apparat diňe bir giňişlikde hereketlenme serişdesi bolman, eýsem älemi öwrenmegiň düýpgöter täze gurluşy hemdir.

Kosmonawtikanyň ähli tebigy ylymlar (astronomiýa, fizika, биологиýa we matematika) bilen baglylygy. Kosmiki raketa tehnikasy bar tehnika ylymlarynyň üstünliklerine daýanýar. Kosmiki apparat asmanda mälim kosmiki obýekte anyk wagtda ýetip barmagy üçin hasap-hesibi alymlar, tehniki işgärler *fiziki we astronomik bilimlere daýanmak* bilen amala aşyrýarlar. Asman jisimlerine çenli aralyklar, olaryň ölçegleri, massalary we başga fiziki parametrleri barada astronomlar bireýýäm ençeme bilimleri toplapdyrlar. Bu maglumatlar kosmosa uçanda örän kömek edýär.

Ýeriň atmosferasynyň dykzlygy, temperaturasy, magnitosferasy, radiasion guşaklyklary barada maglumata eýe bolmazdan, ýekeje-de kosmonawt Ýeriň daşyna gönüden-göni uçurylan däldir, şonuň ýaly-da, Aýyň tebigatyny bilmezden, oňa gadam goýumadyk bolardy.

Kosmonawtikanyň emele gelmegi, astronomiýa ylmyny ösdürmäge uly goşant goşup gelyär. Kosmiki aparatlaryň, stansiýalaryň bortundan asman obýektlerini optiki we göze görünmeýän şöhlelerde (ultramelewşe, infragyzył, rentgen we radioşöhlelerde) öwrenmek mümkinçiligini berip, ahyrky on ýyllyklarda biziň Älemiň obýektleri we olaryň sistemalary baradaky bilimlerimizi misli görülmedik derejede baýlaşdyrdy.

Kosmosa uçurylýan aparatlaryň konstruksiýalaryny işläp taýýarlamak, olaryň hereketlerini dolandyrmakda alymlar we inžener-tehniki işgärler, *fiziki kanunlara daýanýarlar*. Güýçli raketa dwigatellerini gurmakda, raketa tehnikasy

zerurlyklaryny kanagatlandyrmak üçin onuň strukturasy, basgançaklary we ýanyjy önümlerini saýlamak ýaly meseleler fizikasyna degişli ençeme fundamental barlag işlerini ýerine ýetirmäge dogry gelýär.

Kosmonawtikada raketalary giňişlige uçurmakda *himiki bilimlere-de* giň daýanylýar. Hususan-da, kosmiki tehnika, raketa strukturasy, onda ulanylýan materiallaryň pugtalygy, ýangyç önümleriniň düzümine, häsiýetlerine ýokary talaplary goýýar. Yssa çydamly, dargamaýan we başga häsiýetleri boýunça ýokary görkezijilere eýe materiallar, şonuň ýaly-da, ýangyç önümleriniň himiki düzümine we hiline kosmonawtikanyň zerurlygy örän uly.

Aýratynam, ýangyç önümlerini oňat hilli taýýarlamak we başga köp prosesleriň netijeli tehnologiýasyny işläp taýýarlamakda himikleriň orny çäksiz.

Kosmonawtika ugrunda *gözlegleri matematikasyz göz önüne getirip bolmaýar*. Çylşyrymly matematiki gözlegler, kosmosa uçurylýan apparatlary konstruirlemek, taýýarlamak we uçurmagy amala aşyrmak proseslerinde ulanylýar. Umuman aýdanda, kosmonawtika degişli ýekeje-de barlagy hasap-hesipsiz amala aşyryp bolmaýar.

Ahyrky ýyllarda kosmonawtika *onlarça biologik tejribeleri planlaşdyrýar* we *amala aşyrdy*. Dürli kosmiki şertlerde (wakuum, agramsyzlyk, radiasiýa we başgalar) adam organizmindäki özgerişler boýunça ýüzlerçe lukmançylyk-biologik tejribeler, olaryň erbet täsirlerinden adamzady ägä etdi.

Kosmonawtikanyň atasy, onuň ylmy esaslandyryjysy hökmünde K.E. Siolkowskiý ykrar edilen. Ol birinji gezek raketanyň hereket tizliginiň formulasyny getirip çykardy. K.E. Siolkowskiý ilkinjilerden bolup, Ýeriň dartyş meýdanında raketanyň hereketiniň hasap-hesibini edip, raketalary kosmos tizliklerine ýetirmek mümkinçiligi bardygyny esaslandyrdy. Bu tizlikleriň kömeginde raketa Ýeriň dartyş güýjüni ýeňip, onuň emeli hemrasynyň orbitasyna göterilip bilmegini, hatda Aýa we planetalarara syýahata gatnaşyp bilmegini öz hasap-hesibinde anyk görkezdi.

XX asyryň 20–30-njy ýyllary aýratyn alymlar topary we raketa dwigatellerini konstruirlemegi we synamagy başladylar. Öňki Soýuzda tüssesiz porohly raketalary gurmak boýunça birinji tejribeleri geçirmäge mümkinçilik berýän – konstruktorlyk laboratoriyasy N.I. Tihomirowyň teklibi bilen 1921-nji ýylda işe düşürildi. Soňluk bilen bu laboratoriya giňeldilip, 1928-nji ýyldan Gazodinamiki laboratoriya (GDL) öwrüldi. Onda B.S.Petropawlowskiý, G.E. Langemak, W.P. Gluşko we başga inžener we konstruktor alymlar ilkinji barlagçylardan.

Raketa gurluşygy boýunça möhüm inženerlik işlerini raketanyň hereketlerini öwrenýän topar (GIRD) alyp bardy. 1932-nji ýylda Moskwada düzülen GIRD başlygy edip S.P.Korolew bellendi. GIRD-niň Moskwa we Leningrad toparlarynda W.P. Wetçinkin, F.A. Sander, M.K. Tihonrawow, Ý.A. Pobedonossew, N.A. Rikin, Ý.I. Perelman we başga şular ýaly görnükli alymlar, inženerler işledi.

Birinji suwuk ýangyçly raketa «GIRD 09» 1933-nji ýylyň 17-nji awgustynda Moskwanyň golaýyndaky Nehabino obasyndan üstünlikli uçuryldy. 1957-nji ýylda uçuryjy raketa gurmak boýunça çylşyrymly iş tamamlandy. Bu iş *baş konstruktor S.P. Korolew*, döwrebap *kosmonawtikanyň nazary esaslandyryjysy M.W. Keldyşlar* tarapyndan amala aşyryldy. Netijede 4-nji oktyabr güni (1957-nji ý.) bu raketanyň kömeginde Ýeriň birinji emeli hemrasy uçuryldy.

1959-njy ýyldan Ýeriň tebigy hemrasy – Aý kosmiki apparatlar tarapyndan «nyşana» alnyp başlady. 1969-njy ýylda ABŞ astronomy *N. Armstrong «Apollon-II»da Aýyň üstüne gonup, adamyň asyrlar boýy arzuwyny amala aşyrdy.* 1960-njy ýyllaryň başyndan bolsa planetalarara awtomatik stansiýalar goňşy planetalary (ilki Wenerany we Marsy, soňrak Merkuriýni) öwrenip başladylar. 1972, 1973-nji ýyllarda ABŞ özüniň «Uly tur» diýlip atlandyrylýan maksatnamasy boýunça äpet planetalary öwrenmäge başlady. 1977-nji ýylda şu maksatnama boýunça uçurlan ABŞ-nyň «Woýajer-1» we «Woýajer-2» awtomatik stansiýalary Neptuna çenli (1989-njy ý.) baryp ýetdi.

Kosmonawtika adamyň hyzmatynda. Adamyň kosmosy özleşdirmek bilen bagly işi, oňa planetamyz Ýeriň geologik baýlyklaryny, tebigatyny we klimatyny öwrenmäge uly mümkinçilikler döredýär. Adam Kosmosdan Ýere nazar salyp, onuň näçe kiçi, seýrek we gözeldigini aňdy. Şunuň bilen birlikde, bu nazar arkaly ol planetamyzyň durmuşyna howp salýan ekologik, energetik we demografik meseleleri hem bütin dolulygyna görmegi başardy.

Hususan-da, Ýerde energetik heläkçiligiň oňünü almak üçin Günüň energiýasyndan peýdalanmak mümkinçiligini berýän iri kosmiki desgalaryň taslamalaryny, demografik heläkçilikden gutulmak üçin bolsa, Ýeriň töwregindäki zolagyny «özleşdirmek» – kosmonawtika çözmeli bolan möhüm wezipelerden hasaplanýar.

Kosmosdan durup Ýeriň biologik sferasynyň ýagdaýy bilen tanyşmak, onuň tebigy resurslaryny, tokaý we oba hojalyk ýer meýdanlaryny öwrenmek we

geologiýa-gözleg işleri üçin meýdanlary kesgitlemek, kosmonawtikanyň iň möhüm wezipelerinden biridir. Bu gün kosmonawtika planetamyzyň gujagynda köpelyän we gaýtadan ulanyp bolmaýan zäherli we radioaktiw çykyndylary Ýerden daşary zyňyp taşlamagy-da planlaşdyrýar. Şonuň ýaly-da kosmonawtika ýakyn on ýyllaryň içinde kosmosda iri energetiki gurluşlary gurmak, çig mal resurslaryny işläp çykarmak komplekslerini ýerleşdirmek boýunça işleri-de göz önünde tutýar.

Ýakyn kosmosy adam üçin hyzmat edýän gurşawa öwürmek, başgaça aýdanda, kosmosy ekologizasiýalaşdyrmak, şol bir wagtda ekologik krizisler global möçberde öz içine alýan planetamyzy olaryň heläkçilikli netijelerinden halas etmek kosmonawtikanyň möhüm işlerinden hasaplanýar.

Şonuň ýaly-da, bu gün, orbital stansiýalarda ýokary wakuum şertinde has arassa metal garyndylaryny almak, seýrek kristallary ösdürmek, ýokary hilli täze garyndylary we arassa dermanlyk preparatlaryny taýýarlamak işleri boýunça örän köp tejribeler geçirilýär.

Kosmonawtikada gelejekde Aýyň we käbir asteroidleriň düzüm materialaryndan peýdalanmak boýunça hem uly işler göz önüne tutulan. Hut şu maksatlary gözläp, Aýda ilat ýaşayan we işleýän stansiýalaryň taslamalary bu gün dünýä alymlary tarapyndan ara alyp maslahatlaşylýar.

Ýeriň töweregindäki giňizşlikde iň iri energetik gurluşlary, şol sanda «Gün fabrigini» işe düşürmek boýunça hem taslamalar taýýarlanýandygy, adamzady gelejekde energetik heläkçilikden halas etmek ýaly möhüm gumanitar maksatlary nazarda tutýar.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Kosmonawtika nämäni öwrenýär?
2. Kosmonawtikanyň başga ylymlar, şol sanda fizika, tehnika we astronomiýa bilen aragatnaşygy barada nämeleri bilýärsiňiz?
3. Kosmonawtikanyň şekillenmegine hyzmat eden alymlar we olaryň işi barada bilýänleriňizi aýdyp beriň.
4. GDL we GIRD-laryň guramaçylarynyň işleri barada aýdyp beriň.
5. Ýeriň birinji emeli hemrasy orbita haçan çykarylypdyr?
6. Kosmonawtikanyň siwilizasiýamyzyň ösüşinde tutýan orny nähili?

31-nji TEMA. 64-§. Raketanyň hereketiniň kanunlary. Raketanyň dartys güýji

Raketanyň hereketiniň kanunlary, kosmiki uçuşlar nazaryýetiniň esasyny düzýär. Kosmonawtika energiýanyň dürli çeşmelerini ulanýan dürli hili raketa dwigatelleri ulgamy bilen iş salyşýar. Munda dwigateller tarapyndan ýangyç önümlerini («işçi jisim» diýip atlandyrylýan massany) bir tarapa çykarmagyň hasabyna, hereket mukdarynyň saklanma kanunyna görä, garşylykly tarapa ýönelen raketa täsir edýän güýç – raketanyň dartys güýji emele gelýär (113-nji surat).

Raketanyň dartys güýji raketadan wagt birligi içinde zyňlýan «işçi jisimiň» mukdaryna, ýagny massasyna we onuň çykyş tizligine bagly bolýar, ýagny:

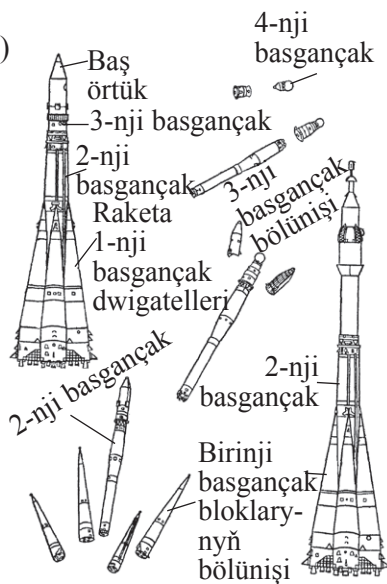
$$F = q \omega, \quad (1)$$

bu ýerde: q – wagt birligi içindäki sarp bolýan massa mukdaryny (kg/s) (massanyň sekundly sarpyny), ω – zyňlan massanyň raketa görä tizligini m/s larda belgilesek, F dartys güýji nýutonlarda (N) aňladylýar.

a)



b)



113-nji surat. a) Kosmos gämisiniň umumy görnüşi; b) Kosmos gämisi uçuş wagtynda.

Eger (1) formulada onuň sag tarapyny Ýeriň üstünde erkin gaçma tizlenmesiniň ululygy $g=9,8 \text{ m/s}^2$ -a köpeldip we bölsek, onda dartyş güýjüniň aşakdaky aňlatmasyny alarys:

$$F = \omega q = \frac{\omega}{g} \cdot gq \quad \text{ýa-da} \quad F = I_{ud} gq, \quad (2)$$

bu ýerde $I_{ud} = \frac{\omega}{g}$ – udel impuls diýlip, onuň birligi $\frac{\text{m/s}}{\text{m/s}^2}$ -da, ýagny sekuntda

ölçelýär; onda gq – sekundly agyrylyk sarpyny aňladyp $\frac{\text{kG}}{\text{s}}$ -da ölçelýär. Dartyş güýjüniň ululygy F bolsa, dartyş güýji kG-da (kilogram – güýç) aňladylýar. Diýmek udel impuls her sekuntda ýangyjyň KGlarda aňladylan sarpynyň hasabyna emele gelýän we KG-larda ölçelýän dartyş güýjüni $\frac{\text{kG}}{\text{kG/s}}$ görnüşinde

häsiýetlendirip, sekuntlarda ölçelýär. Başgaça aýdanda, I_{ud} – udel impuls ω tizlikden başga birlikde ölçelmegine seretmezden, işçi jisimiň tizligi ω -a proporsional bolýar, çünki ω tizlik, I_{ud} impulsdan diňe hemişelik – $g=9,8 \text{ m/s}^2$ bahaly koeffisiýente tapawutlanýar – $\omega = g \cdot I_{ud}$.

Indi raketanyň käbir häsiýetli ululyklarynyň üstünde durup geçeliň.

Mälim bolşy ýaly, raketanyň dartyş güýjünden daşary ýene birnäçe güýç – Ýeriň we başga asman jisimleriniň dartyş güýji, atmosfera garşylygy, ýagtylygyň basyş güýçleri täsir edýär. Ýöne häzir bizi dartyş güýjüniň beren a_{rak} – tizlenmesi gyzyklandyryýar. Mehanikanyň ikinji kanunyna görä, ol:

$$a_{rak} = \frac{F}{m}, \quad (3)$$

bu ýerde, F – dartyş güýjüniň ululygyny, m – raketanyň mälim momentdäki massasyny häsiýetlendirýär. Raketanyň uçuş wagtynda onuň massasy barha kemelip, tizlenmesi artýar. Şu sebäpli raketanyň hereketiniň esasy häsiýetnamalaryndan biri edip onuň *başlangyç reaktiw tizlenmesi* a_{p0} , ýagny başlangyç doly massasy (m_0) wagtyndaky tizlenmesi alynýar:

$$a_{p0} = \frac{F}{m_0}, \quad (4)$$

bu ýerde m_0 – raketanyň başlangyç massasynyň mukdaryny aňladýar. Reaktiw tizlenme raketa başga güýçler täsir etmände, diňe dartyş güýjüniň täsirinde onuň

alýan tizlenmesini häsiýetlendirýär. K.E. Siolkowskiýniň sözleri bilen aýdanda, ol raketanyň çak edilen erkin giňişlikde hereketlenende alýan tizlenmesini aňladýar.

Erkin giňişlikde ýerleşdirilen raketanyň dwigatelini işe düşüsek, ol dartys güýjüni emele getirip, raketany mälim tizlenme almagyna we göni çyzyk boýunça hereketlenmek bilen, tizligini barha artdyrmaga mümkinçilik berýär.

Raketanyň m_0 massasyndan m_{ox} – mukdara çenli kemelende, ol nähili tizlige eýe bolýandygyny Siolkowskiý anyklan şu formulasynyň kömeginde anyklamak mümkin:

$$v = \omega \ln \frac{m_0}{m_{ox}} = 2,30259 \omega \lg \frac{m_0}{m_{ox}}, \quad (5)$$

bu ýerde ω – ýangyç önüminiň raketa soplosyndan çykyş tizligi bolup, ol hemişelik diýlip kabul edilýär. Şu formulanyň kömeginde hasaplap tapylan tizlik raketanyň energetik resurslaryny häsiýetlendirýär we *ideal karakteristik tizlik* diýilýär. Oňa görä (5) -ny aşakdaky ýaly ýazmak mümkin bolýar:

$$\frac{m_0}{m_{ox}} = e^{\frac{v}{\omega}}, \quad (6)$$

bu ýerde $e=2,71828$ natural logarifmiň esasyny düzýär. Ideal tizlik v , gaz massasynyň raketadan çykyş tizligine (ω) we *Siolkowskiý sany* diýlip atlandyrylýan $z = \frac{m_0}{m_{ox}}$ sana bagly bolýar.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Raketanyň dartys güýji nämelere bagly?
2. Udel impuls diýende näme düşünilýär?
3. Udel impuls raketanyň dartys güýjüni häsiýetlendirýän nähili ululyk?
4. Siolkowskiýniň formulasynyň kömeginde raketanyň hereketine degişli nähili karakteristik ululyk tapylýar?
5. Raketanyň gazanan ideal tizligi diýip nähili tizlige aýdylýar?
6. Siolkowskiý sany diýip nämä aýdylýar?

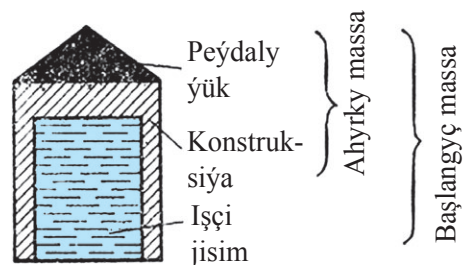
32-nji TEMA. 65-§. Raketanyň strukturasy we konstruktiw häsiýetnamasy

Siolkowskiýniň formulasynyň derňewinden mälim bolşy ýaly, raketanyň başlangyç we ahyrky massalarynyň gatnaşygy onuň üçin iň esasy häsiýetlendirýän ululyklaryndan hasaplanýar. Diýmek, raketanyň tizligini mälim ululyga çenli ýetirmek üçin onuň başlangyç m_0 massasyny iki bölege: 1) işçi jisimiň massasyna we 2) ahyrky – galyndy massasyna bölüp öwrenmeli bolýar (*114-nji surat*). Ýokarda ýatladylyşy ýaly, $\frac{m_0}{m_{ox}}$ Siolkowskiý sany z diýlip, ol işçi jisimiň soplodan çykyş tizligi ω bilen bilelikde raketanyň alyp bilýän tizligi v ni anyklamaga mümkinçilik berýär.

Raketanyň işçi massasysyz «gury» massasy, ýagny m_{ox} raketanyň konstruksiýasynyň m_k massasyndan we peýdaly massadan m_p emele gelýär. Konstruksiýa massasyna, raketanyň konstruksiýasyndan daşary, onuň ähli agregatlaryny öz içine alan dwigatel ulgamy, dolandyryş ulgamy hem-de aragatnaşyk we nawigatsiýa ulgamlary girýär. Peýdaly m_p massa bolsa ylmy apparatura, radio telemetrik sistemalar, kosmiki apparatlary orbita alyp çykýan bölekleri we ekipaž, korpusy we kosmos gämisinde ýaşaýşy üpjün ediji ulgamy bilen bagly gurluşlar girýär. Konstruksiýa we işçi jisimiň bilelikdäki massasynyň, konstruksiýanyň massasyna gatnaşygy s raketanyň konstruktiw karakteristikasy kesgitleýär:

$$s = \frac{m_0 - m_f}{m_{ox} - m_f}$$

Islendik raketa üçin, adatda, $z < s$ bolýar. Eger konstruktorlar ussatlyk bilen massasy boýunça minimal hasaplanan raketa konstruksiýasyna maksimum işçi jisimini ýerleşdirenlerinde-de, raketanyň tizligini artdyrmagyň ýeke-täk ýoly galyp, muny diňe raketanyň m_f peýdaly ýüküni kemeltmegiň hasabyna gazanmak mümkin bolýar. Peýdaly ýükden bütinleý ret



114-nji surat. Raketanyň struktura shemasy.

edilende, ýagny $m_p=0$ bolanda $s=z$ bolýar. Şübhesiz, raketany konstruirlän wagtynda peýdaly ýükden geçip bolmaýar.

$$p = \frac{m_0}{m_f} \text{ aňlatma } \textit{otnositel başlangyç massa} \text{ diýlip, oňa ters ululyk } \frac{1}{p} \text{ bolsa}$$

otnositel peýdaly ýükleme ýa-da peýdaly ýükleme koeffisiýenti diýilýär. Bu ululyklary (1)-a goýup, s -iň z we p baglanyşygyny, soňra ondan z we p -niň bahalaryny tapmak mümkin.

66-§. Uçuş wagtynda kosmiki apparata täsir edýän güýçler

1. Uçuş wagtynda KA-a täsir edýän iň möhüm tebigat güýçlerinden biri – *bütindünýä dartys güýjüdir*. Maddy jisimleriň arasyndaky dartys güýji Nýuton tarapyndan açyş edilen bütindünýä dartys kanunyna boýun egýär. Mälim bolşy ýaly, onuň matematiki aňlatmasy:

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

bu ýerde: F – maddy jisimleriň arasyndaky dartys güýjüni m_1 we m_2 – olaryň massalaryny r – olaryň arasyndaky aralygy aňladýar, proporsionallyk koeffisiýenti G bolsa grawitasion hemişelik diýlip, massalar kg-larda, aralyk m-de (metr), güýç (Nýuton) N-da aňladylanda $6,672 \cdot 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ deň baha bilen ölçelýär.

2. KA-nyň hereketi wagtynda oňa täsir edýän başga bir güýç – *atmosferanyň garşylyk güýjüdir*. Uçuş näçe kiçi beýiklikde (Ýeriň üstüne görä) bolup geçse, bu güýç şonça uly bolýar, çünki beýiklik kemeldigi saýyn atmosferanyň dykzlygy artýar. Şeýle güýje *aerodinamiki güýç* diýilýär.

3. Planetalarara boşlukda duşýan KA-a duýarly täsir edýän ýene bir güýç bolup, ol *Gün şöhlelenmeleriniň basyş güýjüdir*. Eger KA-nyň massasy onçakly uly bolman, üsti duýarly derejede uly bolsa, onda Gün şöhleleriniň basyş güýji uzak uçuşlarda ýeterliçe uly bolup, ony hökman hasaba almaga dogry gelýär.

4. Kosmiki giňişlikde KA-a güýçsüz bolsa-da täsir edýän başga bir güýçler elektrik we magnit güýçleri diýlip, olar KA-nyň göni çyzykly hereketine däl, eýsem agyrylyk merkeziniň daşyndaky aýlanma hereketine täsir edýär.

Agramsyzlyk. Kosmiki giňişlikde mälim aýlanma orbita boýunça erkin hereketlenýän jisimiň ähli nokatlary birmeňzeş tizlik bilen hereketlenişini düşünmek kyn däl. Kosmos gämisi dürli aýratyn böleklerden ybarat we KA-a diňe merkezi asman jisimiň dartuş güýji täsir edýär diýip garalsa, onuň ähli bölekleriniň (detallarynyň) tizligi birmeňzeşliginde galýar, eger-de özgerende-de hemmesiniňki birmeňzeş üýtgeýär. Çünki grawitasion tizlenme hereketlenýän jisimiň massasyna bagly bolmaýar:

$$a_r = \frac{GM_{\oplus}}{r^2},$$

bu ýerde: M_{\oplus} – KA detallaryny çekýän jisimiň massasy (detallaryňky däl!) r – KA merkezi jisimden uzaklygy bolup, KK detallarynyň ählisi üçin birmeňzeş diýip garamak mümkin. Şoňa görä KA detallarynyň traýektoriyalary hem birmeňzeş bolup, giňişlikde olary bir-birinden dargap gitmezligini üpjün edýär. Diýmek, KA aýratyn detallarynyň arasynda basyş emele gelmeýär, ýagny bir-birine görä agramy ýitýär. Kosmonawt özi oturan kreslo basmaýar, asylan lampa şnuryna dartgynlyk berip çekmeýär, goýup goýberilen galam stola gaçman asylyp galýar we başgalar, çünki olaryň ählisiniň tizligi we tizlenmesi birmeňzeş bolýar. Gäminiň kabinasynyň içinde pol, petik diýen sözleriň manysy ýitýär. Gäminiň içinde jisimleriň özara hereketine Ýeriň dartuş güýji «gatyşyp bilmeýär».

Daşky başga güýçleriň (daşky gurşawyň garşylyk güýji, daýanç reaksiya güýji we başgalar) peýda bolşy agramsyzlygy ýitirip, agramlylyk ýagdaýynyň emele gelmegine sebäp bolýar.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Raketa nähili böleklerden ybarat?
2. Raketanyň konstruktiv häsiýetnamasy diýende näme düşünilýär?
3. m_f , m_0 , m_k , m_{ox} raketa degişli nähili massalary häsiýetlendirýär?
4. Uçuş wagtynda KA-a nähili güýçler täsir edýär?
5. Erkin uçuş wagtynda nähili şertler ýerine ýetirilende KA içinde agramsyzlyk bolup geçýär?

33-nji TEMA. 67-§. Dartyşmanyň merkezi meýdanynda hereketlenýän jisimiň orbitalary

Dartyşma meýdany hökmünde alnan Ýer meýdanynda hereketlenýän onuň hemrasynyň traýektoriyasy nähili bolýandygyny göreliň. Munda Günüň EH berýän tizlenmesi Günüň Ýere berýän tizlenmesine takmynan deň bolany üçin (olar Günden birmeňzeş diýen ýaly aralykda bolandyklary üçin), EH-ny diňe Ýeriň täsirinde hereketlenýär diýip garamak mümkin. Çünki munda Günüň hemra berýän daşlaşdyryjy tizlenmesi onuň Ýere we hemra berýän tizlenmeleriň tapawudyna deň bolup, Ýeriň EH-a berýän tizlenmesine görä örän kiçiligi sebäpli hasaba almazlyk mümkin.

Ine şonuň üçin hem takmyny hasaplamalarda, KA-nyň hereketi diňe Ýeriň täsirinde bolup dur, diýip garalýar, başgaça aýdanda, hereket çäklendirilen iki jisimiň çäginde öwrenilýär. Bu ýagdaý EH orbitasyny hasaplamakda uly amatlylyk döredýär.

Asman jisimini bir jynsly maddy şar, ýa-da iň bolmanda bir-birine salnan bir jynsly birmeňzeş galyňlykdaky sferik gatlaklardan ybarat diýeliň. Onda jisimiň doly massasy onuň merkezinde (nokat görünüşinde) jemlenen ýaly dartyş häsiýetine eýe bolýar. Şeýle dartyş meýdany, ýatladylyşy ýaly, *dartyşmanyň merkezi meýdany* (DMM) diýip atlandyrylýar.

Öň biz «Iki jisim meselesinde» (27-§) dartyşmanyň merkezi meýdany barada aýdyp, onuň ýönekeý dartyşma meýdanyndan tapawutlanýan aýratynlygy barada durup geçipdik. Eger islendik dartyşma meýdanynda hereketlenýän R radiusly jisimiň dartyşma meýdany berýän M jisimden ýeterliçe uly r aralykda bolsa (ýagny $r \gg R$), onda islendik dartyşma meýdany jisime DMM ýaly täsir edýändigini ýatladydyk. Energiýanyň saklanma kanunyna görä dartyşmanyň meýdanynda hereketlenýän m massaly jisimiň merkezi M massaly jisimden r aralykdaky tizligi v_r , onuň başlangyç v_0 tizligi bilen baglanyşygyny aňladýan aşakdaky formula, asman mehanikasynada energiýanyň integraly diýen adyny alan:

$$v_r^2 = v_0^2 - \frac{2GM}{r_0} \cdot \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) \quad \text{ýa-da} \quad v_r^2 = v_0^2 - \frac{2K}{r_0} \cdot \left(1 - \frac{r_0}{r}\right),$$

bu ýerde $K=GM$, merkezi meýdanyny aňladýan, jisimiň grawitasion parametri diýlip, Ýer üçin $K_{\oplus} = 3,99 \cdot 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2$, Gün üçin $K_{\odot} = 1,33 \cdot 10^{11} \text{ km}^3/\text{s}^2$, Aý üçin bolsa $4,9 \cdot 10^3 \text{ km}^3/\text{s}^2$ -a deň bolýar.

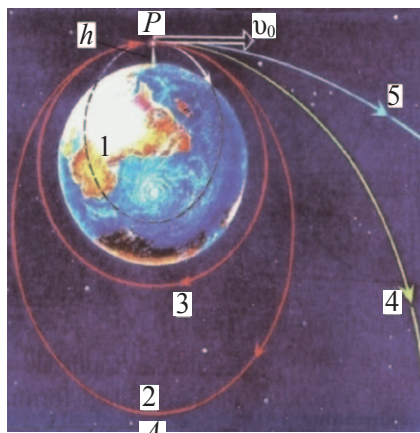
Ol dartuşmanyň merkezi meýdany üçin $r \approx R$ bolan ýagdaýda-da ýerlikli bolýar. Aşakda dartuşmanyň merkezi meýdanynda hereketlenýän jisimiň hereket traýektoriyalary bilen tanyşarys.

Kosmiki apparatyň merkezi meýdanda (mysalymyzda Ýer meýdanynda) bolýan hereket traýektoriyalaryny dört topara bölmek mümkin:

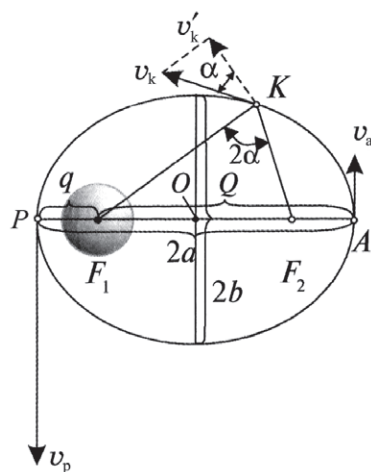
1. *Göni çyzykly hereket.* Eger mälüm beýiklikde duran jisimiň başlangyç tizligi nola deň bolan ýagdaýda goýup goýberilse, ol merkezi meýdany berýän jisimiň merkezine tarap dik düşýär. Jisimiň başlangyç tizligi merkeze ýada oňa garşylykly tarapa radial ýönelende başlangyç uly tizlik bilen zyňylsa, onuň hereketi hem göni çyzyk boýunça bolýar. Başga ähli ýagdaýlarda jisimiň göni çyzyk boýunça hereketlenmesi bolmaýar.

2. *Elliptik traýektoriya boýunça hereket.* Eger KA-nyň başlangyç tizligi radial ugurdan tapawutlanyp, ol P nokatdan gorizontaly ýagdaýda zyňylsa onda onuň hereket traýektoriyasy merkezi jisimiň dartuşy sebäpli, hökman, egilýär. Munda onuň ýoly hemişe başlangyç tizligiň wektorynda we Ýeriň merkezi arkaly geçýän tekizlikde ýatýar. Eger KA-nyň başlangyç tizligi Ýer üçin birinji kosmos tizliginden uly, ikinjisinden kiçi bolsa, onuň traýektoriyasy ellipsi berýär (115-nji surat). Şu ellips dartýjy asman jisiminiň üstüni kesip geçmese, KA bu jisimiň emeli hemrasyna, asman jisiminiň merkezi bolsa ellipsiň fokuslaryndan birine öwrülýär.

Ýatladylyşy ýaly, ellipsiň fokuslary diýip şeýle nokatlara aýdylýar, ýagny bu nokatlar bilen



115-nji surat. Dartuşmanyň merkezi meýdanynda jisimiň elliptik traýektoriya boýunça hereketi.



116-njy surat. Dartuşmanyň merkezi meýdanynda jisimiň hereket traýektoriyalary (mysal hökmünde Ýer dartuşma meýdanynda KA-nyň hereketi getirilen).

ellipsiň islendik nokadyny utgaşdyrýan kesimleriň jemi hemişelik bolýar. Ellipsiň iki fokusy hem arkaly geçen okuna onuň *uly oky* diýilýär. Uly okuň ýarysyna *uly ýarym ok* diýlip, hemranyň asman jisiminden ortaça uzaklygyny häsiýetlendirýär we *a* harpy bilen belgilenýär. Munda ellipsiň islendik *K* nokadyda hemranyň tizligi *v* onuň dartyş merkezinden uzaklygy *r_k* we ellipsiň *uly ýarym oky a* bilen aşakdaky ýaly baglanan bolup, ol energiýa integralynyň şu täzeçe görnüşinde bolýar:

$$v^2 = K \left(\frac{2}{r_k} - \frac{1}{a} \right). \quad (2)$$

Bu formulada *K* Ýeriň grawitasion parametrini häsiýetlendirýär. Dartyşmanyň merkezi meýdanynda ellips boýunça hereketlenýän jisimiň döwri *T* bolsa, Kepleriň kanunyna görä ol bilen ellipsiň *uly ýarym oky a* arasyndaky aşakdaky gatnaşykdan tapylýar:

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM} \quad \text{ýa-da} \quad T = \frac{2\pi}{\sqrt{K}} a^{\frac{3}{2}}. \quad (3)$$

Merkezi jisimden iň kiçi we iň uly aralykdaky ellipsiň nokatlary (*115-nji suratda P* we *A* nokatlar) degişlilikde, *perisentr* we *aposenr* diýip atlandyrylýar. Eger dartyjy jisim Ýer bolsa, ol nokatlar *perigeý* we *apogeý* diýlip, Gün bolsa, *perigeliý* we *afeliý* diýip atlandyrylýar. Munda *KA*-nyň perigeýdäki tizligi (*v_p*) maksimum, apogeýdäkisi bolsa (*v_a*) minimum baha eýe bolýar. Hereket mukdary momentiniň saklanma kanunundan bu tizlikler özara aşakdaky ýaly baglanýar.

$$m_0 \cdot v_p \cdot r_p = m_0 \cdot v_a \cdot r_a \quad \text{ýa-da} \quad v_p \cdot r_p = v_a \cdot r_a, \quad (4)$$

bu ýerde *r_p* we *r_a* – perigeý we apogeý nokatlarynyň Ýeriň merkezinden uzaklyklary.

Eger merkezi jisimiň (mysal üçin Ýeriň) üstünden mälum *h* beýiklikde *P* nokatdan (*115-nji surata* garaň) başlangyç gorizont tizlik bilen kosmiki apparat uçurylsa, *P* nokat başlangyç tizligiň ululygyna baglylykda, orbitanyň perigeýine ýa-da apogeýine (*115-nji suratdaky 1-nji* we *2-nji* orbitalar) öwrülýär. Tizligiň mälum bahalarynda ol töwerek boýunça hereketlenip (*115-nji suratda 3-nji* orbita), aýlanma orbitanyň radiusy *r* bolsa, onda

$$v_{\text{äyl.}}^2 = \frac{K_{\oplus}}{r} \quad \text{ýa-da} \quad v_{\text{äyl.}} = \sqrt{\frac{K_{\oplus}}{r}} \quad (5)$$

bolýar, bu ýerde K_{\oplus} – Ýeriň grawitasion parametridigini bilmek bilen, ondan islendik r aralykdaky aýlanma orbitasyna laýyk tizligi aňsat tapmak mümkin. Munda R_{\oplus} – Ýeriň radiusyna deň bolsa, şu aňlatma Ýer üçin:

$$v_1 = \sqrt{\frac{K_{\oplus}}{R_{\oplus}}} \quad (6)$$

birinji kosmos tizligini aňladýar, onuň bahasy 7,91 km/s-a deň.

3. *Parabolik trayektoriya boýunça hereket.* Apogeýi çäksizlikde «ýatýan» elliptik orbita şübhesiz ellips bolup bilmeýär (115-nji suratda, 4-nji orbita). Munda KA dartyş merkezinden çäksiz uzaga gidip, ýapyk bolmadyk egri çyzyk – parabola boýunça hereketlenýär. Kosmiki aparat dartyş merkezinden uzaklaşdygy saýyn tizligi barha kemelýär. Ellips boýunça hereketde tizligi hasaplamagyň formulasy (1)-den çäksizlikde $\alpha \rightarrow \infty$ bolýandygyny hasaba alyp, ilkinji r_0 aralykda parabolik orbitany üpjün edýän başlangyç v_0 tizligiň ululygyny tapýarys, onda:

$$v_0^2 = \frac{2K}{r_0} \quad \text{ýa-da} \quad v_0 = \sqrt{\frac{2K}{r_0}} \quad (7)$$

boýunça hasaplanan tizlige parabolik ýa-da *erkinlik tizligi* diýilýär, çünki şeýle tizligi alansoň, KA parabola boýunça hereketlenip, dartyş merkezine gaýtmaýar, başgaça aýdanda, erkinlik alýar.

Eger $r = R_{\oplus}$ – Ýeriň radiusyna deň diýip alynsa,

$$v_{II} = \sqrt{\frac{2K_{\oplus}}{R_{\oplus}}} \quad (8)$$

bolup, oňa *ikinji kosmos tizligi* diýilýär, Ýer üçin onuň bahasy 11,186 km/s-y düzýär.

Birinji we ikinji kosmos tizliklerini deňeşdirip:

$$v_{II} = v_{\text{erk}} = v_1 \cdot \sqrt{2} \quad \text{ýa-da} \quad v_{\text{erk}} = 1,414 v_1 \quad \text{bolýandygyny tapýarys.}$$

Indi şu deňliklerden peýdalanyp, energiýa integralyny ýazsak, dartyşma meýdanynnda merkezi jisimden r aralykdaky tizligi

$$v_r^2 = v_0^2 - v_{\text{erk}}^2 \cdot \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) \quad (9)$$

çykýar. Bu ýerden $r \rightarrow \infty$ bolsa: $v_r^2 = v_0^2 - v_{\text{erk}}^2$ bolýar. Mundan çäksizlikde $v = 0$ bolýandygy görünýär, çünki $v_0 = v_{\text{erk}}$, parabolik orbita çykmagy üçin $v_0 = v_{II}$ bolmaly.

4. *Giperbolik traýektoriyalar.* Eger KA parabolik tizlikden uly tizlige ýetse, ol bu ýagdaýda-da açyk egri çyzyk boýunça hereketlenip, «çäksizlige ýetýär», ýöne munda onuň traýektoriyasy giperbola (*115-nji surat, 5-nji orbita*) görnüşini alýar. Şu ýagdaýda KA-nyň çäksizlikdäki tizligi nola deň bolmaýar. Dartyş merkezinden uzaklaşdygy saýyn onuň tizligi üznüksiz kemelip barsa-da, ýöne ol $r \rightarrow \infty$ bolanda (9) aňlatmadan tapylýan şu v_∞ tizlikden kem bolup bilmeýär:

$$v_\infty^2 = v_0^2 - v_{\text{erk}}^2 \quad (10)$$

v_∞ – tizligi galyndy tizlik (käte tizligiň giperbolik artdyrmasy) diýip atlandyrylýar.

Giperbolik traýektoriya dartyş merkezinden uzakda, *giperbolanyň asimptotalary diýilýän göni çyzyklardan* tapawutlanmaýar diýen ýalydyr. Şonuň üçin hem uly uzaklykda giperbolik traýektoriyasyny *göni çyzykly traýektoriya* diýmek mümkin.

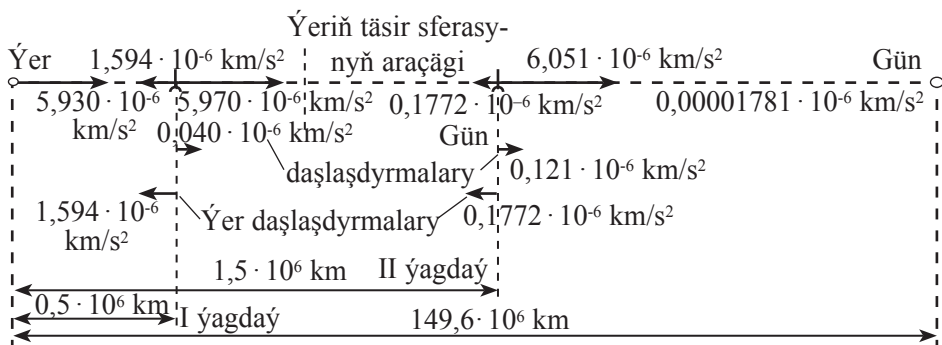
Parabolik we giperbolik traýektoriyalarda ýokardaky iki deňleme hem ýerlikli boluberýär. Dartyş meýdanynda KA-nyň hereketi birinji bolup planetalaryň hereketiniň elliptik şeklini tapan we olaryň hereket kanunlaryny anyklan nemes alymy I.Kepleriň hormatyna *keplerçe hereket* diýilýär.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Dartyşmanyň merkezi meýdanynda hereketlenýän jisimiň hereket traýektoriyasy onuň başlangyç tizligine baglymy?
2. Energiýa integraly formulasynyň görnüşi nähili we ol nähili fiziki ululyklaryň arasyndaky baglanyşygy aňladýar?
3. Ellips boýunça hereketlenýän jisimiň döwri nähili tapylýar?
4. Birinji we ikinji kosmos tizlikleri diýip nähili tizliklere aýdylýar?
5. Parabolik we giperbolik traýektoriyalar boýunça hereketlenýän KA-laryň çäksizlikdäki tizliklerinde nähili tapawut bolýar?

34-nji TEMA. 68-§. Täsir sferasy we kosmiki apparatlaryň traýektoriyalaryny takmyny hasaplamak

KA-nyň keplerçe orbitalary real asman jisimleri üçin aslynda amala aşyryp bolmaýan orbitaladyr. Sebäbi – merkezi asman jisimi anyk sferik simmetriýa eýe bolmadyklygy sebäpli onuň meýdany hem merkezi bolup bilmeýär. Daşky asman jisimleriniň täsiri hem-de başga faktorlar, jisimiň hereketini öwrenende üns



117-nji surat. Ýerden we Günden berilýän daşlaşdyrmalary hasaplamak.

berilmeli bolýar. Ýöne keplerçe hereket şonça ýönekeý we şonça gowy öwrenilen bolup, ony ret etmek gaty kyn. Şonuň üçin hem Kepleriň orbitasy daýanç orbita hökmünde kabul edilip, başga ýagdaýlar berýän daşlaşdyrmalar hasap-hesipde aýratyn hasaba alynýar, başgaça aýdanda, jisimiň hereket traýektoriyasy anyklaşdyrylýar.

Başga asman jisimleri tarapyndan Ýeriň daşynda hereketlenýän KA-a berilýän grawitasion daşlaşdyrmalary iki ýagdaý üçin hasaplalyň. Munda daşlaşdyryjy daşky asman jisimi Gün bolsun diýeliň (117-nji surat).

I ýagdaý. Gün bilen Ýeri utgaşdyrýan göni çyzyk boýunça Ýerden 500 000 km aralykdaky kosmiki aparat Günden 149 100 000 km aralykda bolup, oňa Ýer berýän tizlenme $1,594 \cdot 10^{-6}$ km/s², Günüňki bolsa – $5,970 \cdot 10^{-6}$ km/s² ni düzýär.

1. Eger bizi KA-nyň geosentrik hereketi gyzyklandyrýan bolsa, daşlaşdyryjy tizlenme Günden KA we Ýer alýan tizlanmeleriniň tapawudyna deň bolup $(5,970 \cdot 10^{-6} - 5,930 \cdot 10^{-6})$ km/s² = $0,040 \cdot 10^{-6}$ km/s² -y düzýär. Bu – KA-a Ýer berýän tizlenmäniň diňe 2,5% ini düzýär.

2. Indi Ýerden şeýle aralykda KA-nyň geliosentrik hereketini öwrenýän bolsak, onda Ýeriň KA-a berýän tizlenmesi ($1,594 \cdot 10^{-6}$ km/s²) we Güne berýän tizlenmeleriniň ($0,00001781 \cdot 10^{-6}$ km/s²) tapawudy Günüň KA-a berýän tizlenmesi $5,97 \cdot 10^{-6}$ km/s² üçin daşlaşdyryjy tizlenme bolup, ol $1,594 \cdot 10^{-6}$ km/s², ýagny merkezi jisim Günüň KA-a berýän tizlenmesiniň 26,7 %-ini düzýär. Diýmek, geliosentrik herekete Ýeriň daşlaşdyryjy tizlenmesiniň täsiri örän duýarlydygy anyklanýar. Diýmek, 1-nji ýagdaýda KA Ýeriň daşynda geosentrik hereketde diýmek dogry bolar eken, diýip netije çykarmak mümkin.

II ýagdaý. Indi KA-y Ýer-Gün çyzygy boýunça Ýerden 1 500 000 km, Günden bolsa 148 100 000 km aralyk duran ýagdaý üçin garalyň.

1. Ilki KA Ýeriň daşynda *geosentrik traýektoriya* boýunça aýlananda, Gün berýän daşlaşdyryjy tizlenmäniň ululygyny anyklalyň. *117-nji surat*dan görnüşi ýaly, munda KA-nyň Ýeriň täsirinde alýan tizlenmesi $0,1772 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$ -y düzýär. KA-nyň Günüň täsirinde alýan tizlenmesi $0,051 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$ -a deň bolýar. Indi Ýeriň Günden alýan tizlenmesine ($5,930 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$) görä, Günüň daşlaşdyryjy tizlenmesi $(6,051 \cdot 10^{-6} - 5,930 \cdot 10^{-6}) \text{ km/s}^2 = 0,121 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$ ekenligi bolup, ol KA-nyň Ýerden alýan $0,1772 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$ tizlenmesiniň 68,3 % -ini düzýär.

2. Indi KA Günüň daşynda *geliosentrik traýektoriya* boýunça aýlanýar diýip garap, oňa Ýer berýän daşlaşdyryjy tizlenmeleri hasaplasak, ol Ýeriň KA-a berýän $0,1772 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$ tizlenmesinden Ýeriň Güne berýän tizlenmesini ($0,00001781 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$) aýyranda deň bolup, ol takmynan $0,1772 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$ deň bolýar. Ony Günüň KA-a berýän $6,051 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$ tizlenmesi bilen deňeşdirsek, Ýeriň kosmiki apparata berýän daşlaşdyryjy tizlenmesi $0,1772 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$ bolup, ol Günüň KA-y geliosentrik traýektoriya boýunça hereketlendiriji tizlenmesiniň ($6,051 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$) bary-ýogy 3 %-ini düzýändigini mälim bolýar. Diýmek, şeýle aralykda KA Ýeriň daşynda geosentrik däl, eýsem Günüň daşynda geliosentrik traýektoriya boýunça hereketlenýär diýmek dogrurak bolýandygyny mälim edýär (Ýer berýän daşlaşdyryjy tizlenmäniň örän kiçiligi sebäpli).

Şeýle traýektorianyň hasap-hesibini giňişligiň ähli – Ýer-Gün gönii çyzygynda ýatmaýan nokatlary üçin hem (diňe munda KA-a Ýer we Gün berýän tizlenmeleriň wektorlarynyň tapawudy alynýar) ýerine ýetirsek, I ýagdaýda her bir nokat KA-y Ýeriň daşynda geosentrik traýektoriya boýunça hereketlenişiniň makuldygyny görkezip, II ýagdaýda giňişligiň ähli başga nokatlarynda ýatyp, KA-y geliosentrik traýektoriya boýunça, ýagny merkezi Gün bolan nokadyň daşynda keplerçe traýektoriya boýunça aýlanýar diýip garamak makuldygyny görkezýär. Bu nokatlaryň matematiki derňewi görkezilen zolagyň araçägi Ýeriň daşynda ýatýan sfera ýakyn bolany üçin, ol ýönekeýlik üçin kosmodinamikada anyk sfera hökmünde kabul edilip, Ýeriň täsir sferasy diýilýär. Ýeriň täsir sferasynyň Güne görä radiusy 925 000 km, Aýyň täsir sferasynyň Ýere görä radiusy 66000 km, Günüň galaktika merkezine görä anyklanan täsir sferasynyň radiusy bolsa $9 \times 10^{12} \text{ km} \approx 1 \text{ ý.ý.}$ -a deňligini görkezýär.

Aralary a bolan m massaly jisimiň golaýynda ýerleşen M massasy jisime görä täsir sferasynyň radiusy (munda $m \ll M$):

$$\rho = a \left(\frac{m}{M} \right)^{\frac{2}{5}}$$

aňlatmadan tapylýar.

KA jisim täsir sferasynyň araçägini kesip geçende, ol dartuşmanyň bir merkezi meýdanyndan ikinjisine geçýär. KA-nyň her bir dartuşma meýdanyndaky hereketi şu meýdanlara görä aýry-aýry keplerçe orbitany (konusyň kesimlerinden birini) düzýär. Täsir sferasynyň araçägindäki kosmiki apparatyň hereket traýektoriyasy bolsa mälim kadalar boýunça «birikdirilýär». KA traýektoriyalaryny hasaplamagyň takmyny usulynyň asyl manysy şunda bolup, ol käte *konusyň kesimlerini özara utgaşdyryjy usuly* hem diýilýär.

35-nji TEMA. 69-ş. Ýeriň emeli hemralarynyň orbita elementleri

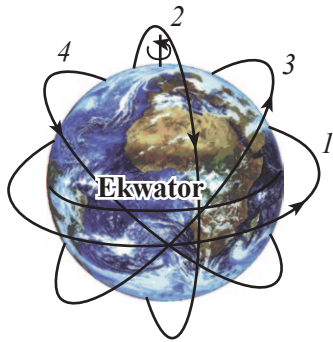
Ýeriň töweregindäki giňişliginde hereketlenýän emeli hemranyň (EH) hereketi Ýeriň töwereginiň uçşlary diýilýär. Asman mehanikasy nukdaý nazaryndan Ýeriň töweregi giňişligi diýende, Ýeriň täsir sferasy bilen araçäklenen zolak düşünilip, onda jisimiň hereketini diňe Ýeriň dartuş meýdanynda bolýar diýip garamak mümkin. *118-nji suratda* Ýeriň giňişliginde aýlanýan Ýeriň emeli hemrasynyň orbitasy teswirlenen bolup, ol ýerdäki P we A nokatlary, deňişlilikde, hemranyň perigeý we apogeý nokatlaryna laýyk gelýär.

Suratdan görnüşi ýaly, Ýeriň emeli hemrasynyň orbita tekizligi Ýeriň ekwatorynyň tekizligi bilen *düwünler çyzygy* diýilýän göni çyzyk boýunça kesişýär.

Munda göteriliş düwüni EH-nyň Ýeriň ekwatoryny günorta ýarymşardan demirgazyk ýarymşara kesip geçiş nokady bolup, ýaşma düwüninde bolsa tersine bolýar. Şundan görnüşi ýaly, EH-nyň orbita tekizliginiň, geografik giňliginiň, onuň tekiz-



118-nji surat. Emeli hemranyň orbitasynyň elementleri.



119-njy surat. Ekwatorial (1), polýar (2), göni (3) we ters (4) hemralar.

liginiň Ýeriň ekwatora gyşarmasyndan (ýagny i burçundan) uly bolmadyk Ýer şarynyň çäkleriniň üstünden uçup geçýär. EH-nyň beýikligi ýeterli derejede uly bolanda $\varphi > i$ raýonlardan hem hemrany görmek mümkin bolýar.

EH-laryň aşakdaky orbita elementleri bar

1) i – EH orbitansynyň Ýeriň ekwatory tekizligine gyşarmasy ($i=90$ bolanda ol *polýar hemra* (119-njy surat, 2-nji orbita) diýlip, $i=0$ bolanda bolsa *ekwatorial hemra* (119-njy surat, 1-nji orbita) diýlip atlandyrylýar. EH-nyň hereket ýoly Ýeriň aýlanýan ugruna gabat gelse, ol *göni* (119-njy surat, 3-nji orbita), tersine bolanda bolsa, *ters hemra* (119-njy surat, 4-nji orbita) diýilýär ($i > 90$ – hemralar, Ýeriň aýlanýan ugruna ters hereketlenýär); 2) h_a – EH apogeýiniň beýikligi; 3) h_p – onuň perigeýiniň beýikligi; 4) T – EH-nyň aýlanma döwri; 5) a – EH orbitasynyň uly ýarym oky; 7) e – EH orbitasynyň eksentrisiteti; 8) Ω – görteriliş düwüniniň Ýeriň ekwatorynyň tekizligindäki baharky deňgünlüğe tarap çekilen ugurdan burç uzaklygy bolup, Ω -nyň uzynlygyny häsiýetlendirýär.

Ekwatoryň üstünde Ýer bilen birmeňzeş döwürde (24^h) aýlanýan EH-lar *geostasionar hemralar* diýilýär.

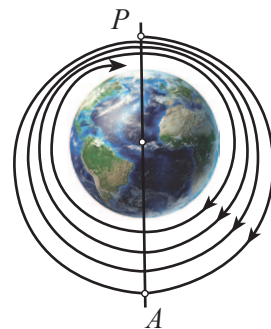
70-§. Ýeriň atmosferasynda hemranyň orbitasynyň ewolusiýasy

Ýeriň atomsferasynyň emeli hemranyň hereketine garşylyk güýji şu formuladan tapylýar:

$$F_{\text{garş}} = cS \frac{\rho v_{\text{otn}}}{2},$$

bu ýerde c – atmosferanyň ýokary gatklary üçin ululygy 2–2,5 bolan ölçegsiz garşylyk koeffisiýentini; S – hemranyň hereket ugruna dik bolan maksimal kesimiň meýdanyny; ρ – atmosferanyň dykzlygyny; v_{otn} bolsa, hemranyň daşky gurşawa görä tizligini aňladýar.

Atmosferanyň garşylygy täsirinde emele gelen daşlaşdyryjy tizlenme hemranyň massasyna ters proporsional bolup, onuň kese kesiginiň meýdanyna göni proporsional hasaplanýar. Şu sebäpli içi boş diýen ýaly bolan hemra atmosferanyň garşylygynyň täsiri örän güýçli bolýar. Hut şu faktor sebäpli aşaky orbita çykarylan *daşayjy raketanyň* hemradan bölünen we ýangyçdan boşan ahyrky basgançagy atmosferanyň garşylygyny, ylmy apparaturalar dykyz ýerleşdirilen konteynere görä güýçli «duýup», tiz yzda galmagyny üpjün edýär.



120-nji surat. Ýeriň atmosferasynda emeli hemranyň düşüşi: düşüş orbitalarynyň görnüşi.

Garşylyk güýji sebäpli hemranyň hereketine täsir edýän daşlaşdyryjy tizlenmäniň ululygy 200 km beýiklikde $2,2 \cdot 10^{-4}$ m/s²-y, 400 km beýiklikde $3,1 \cdot 10^{-6}$ m/s²-y, 800 km beýiklikde bolsa bary-ýogy $2,6 \cdot 10^{-8}$ m/s² -y düzýär. Hemra 100 km beýiklikde uçanda şeýle tizlenmäniň mukdary duýarly derejede uly bolup, 30 m/s² -a deň bolýar.

110–120 km beýiklikden pese atmosferanyň dykyzlygy ýiti artmagy sebäpli EH nobatdaky aýlawyny tamamlap bilmeyär. Munda onuň traýektoriyasy el sagadynyň puržininiň spiraly görnüşinde bolup EH her gezek perigeýiden geçende tizligi ýiti barha kemelýär (120-nji surat).

Atmosferada hemranyň hereketiniň tormozlanma prosesini üns bilen öwrenmek atmosferanyň ýokary gatlaklarynyň dykyzlyklaryny hasaplamaga mümkinçilik berip, ol gymmatly nazary we amaly netijelere getirýär.

Emeli hemranyň orbitasyny mälim maksady gözläp islendik üýtgedilmegine (tizlendirme, tormozlama, öwürme) *orbital manýowrlar* diýilýär. Kosmonawtika-da köp ýagdaýlarda hemranyň orbitasyny köp impulsly şeýle manýowrlaryň kömeginde üýtgetmäge dogry gelýär. Soňky paragrafda şeýle ýagdaýlardan käbirleri bilen tanyşarys.

Soraglar we ýumuşlar:

1. EH-nyň nähili orbita elementlerini bilýärsiňiz?
2. Göni we ters hemralar diýip nähili EH-lara aýdylýar? Polýar we ekwatorial hemralar diýip nähili?
3. Ýeriň atmosferasynyň EH hereketindäki garşylygy nähili tapylýar?
4. Geostasionar hemralar diýip nähili EH-lara aýdylýar?

36-njy TEMA. 71-ş. Orbital manýowrlar. Emeli hemranyň orbita tekizligini öwürmek

1-nji usul. Zerur bolanda emeli hemranyň (EH) orbita tekizligini mälim burça öwürmek uly energiýa sarpy bilen amala aşyrylýar. Meselem, aýlanma orbitada v tizlik bilen hereketlenýän EH tizliginiň bahasyny üýtgetmezden, onuň orbitasyny α burça öwürmek talap edilsin. Onda munuň üçin zerur bolan Δv tizlik impulsyň ululygy, 121-nji suratdaky tizlikler (v_0 – ilkinji; $v_{n.t.}$ – orbita tekizliginiň α burça öwrülýän soňky jemleýji; Δv talap edilýän manýowr tizligini häsiýetlendirýär) wektorlarynyň goşulmasýndan ybarat deňýanly üçburçluga görä, şu formuladan tapylýar:

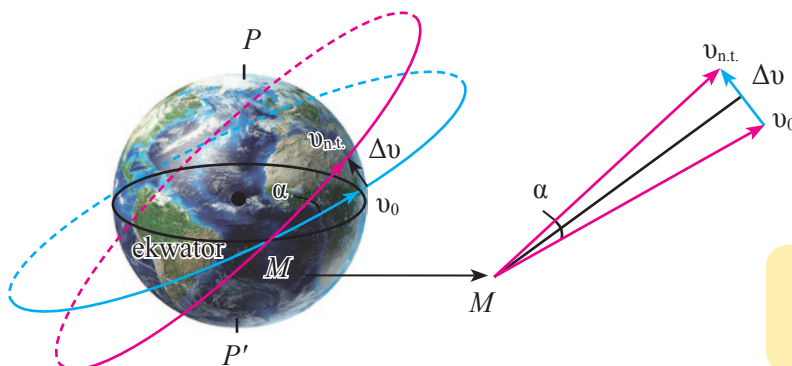
$$\frac{\Delta v}{2} = v_0 \sin \frac{\alpha}{2}, \text{ munda } \Delta v = 2 v_0 \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (1)$$

Eger hemranyň orbitasynyň tekizligini M nokatda 90° -ly burça öwürmek talap edilse, onda $\Delta v_0 = 2v_0 \sin 45^\circ$ -lygy üçin

$$\Delta v = \sqrt{2} \cdot v_0 \text{ bolýar.} \quad (2)$$

Bu aňlatmadan hemranyň orbitasyny 90° -a üýtgetmek üçin zerur bolan tizligiň bahasy örän uly – ikinji kosmos tizligine deň bolýandygy mälim bolup, orbitany şeýle öwürmek örän uly energiýa sarpy bilen geçýändigini anyk bolýar.

2-nji usul. Şu sebäpli hemranyň orbitasynyň tekizligini uly burça öwürmek talap edilende, ony «çäksizlik arkaly öwürmek» diýilýän başga bir usul arkaly



121-nji surat. EH orbitasyny α burça üýtgetmek.

amala aşyrylsa, bu proses raketanyň ýangyjynyň uly tygşytlanmagy bilen bolýar. Esasysy, hemra Ýeriň daşynda aýlanma orbitasyndan parabolik orbita ýakyn traýektoriya çykarylsa, onuň tizligi çäksizlikde nola ýakyn bolany üçin onuň tekizligini çäksizlikde zerur bolan burça öwürmek üçin gerek bolan tizligiň mukdary (Δv) hem (1) formula görä nola ymtylýar. Onda hemranyň orbitasynyň tekizligini çäksizlikde α burça öwürmek üçin zerur bolan tizlikleriň doly impulsy $\Delta v'$, tizlikleriň aşakdaky düzüjileriniň jeminden ybarat bolýar:

$$\Delta v' = (\sqrt{2}v_0 - v_0) + \Delta v + (\sqrt{2}v_0 - v_0), \quad (3)$$

bu ýerde birinji ýaý – hemrany parabolik orbita geçirmek üçin zerur tizlik impulsyny, ikinji (Δv – çäksizlikde tizligi α burça öwürmek üçin zerur bolan tizlik impulsyny (ol ýerde $v_0 \approx 0$ bolany üçin, Δv hem nola ymtylýar) we, ahyrynda, üçünji ýaýly agza – hemra çäksizlikden gaýdyp gelensoň onuň parabolik tizligini başlangyç v_0 tizlige çenli kemeltmek üçin zerur bolan impulsy häsiýetlendirýär.

Şübhesiz, hemranyň orbitasyny kiçi burça öwürmek üçin talap edilýän tizligi (1) bahasyna görä, $2v_0 \sin \frac{\alpha}{2}$ -a deň bolýandygyny hasaba alsak, onda hemranyň orbita tekizligini α burça öwürmek üçin, nähili ululykdaky burça çenli ony öz ýerinde öwürmek, «çäksizlik arkaly öwürmek»den näçe amalylygyny anyklamaga mümkinçilik berýär. Munuň üçin (2) we (3) aňlatmalary deňläp, aňsatja araçäk α burçuň bahasyny tapmak mümkin:

$$(\sqrt{2}v_0 - v_0) + \Delta v + (\sqrt{2}v_0 - v_0) = 2v_0 \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (4)$$

Deňlemedäki Δv çäksizlikde nola ymtylýanlygyndan

$$2v_0(\sqrt{2} - 1) = 2v_0 \sin \frac{\alpha}{2} \text{ bolýar.} \quad (5)$$

$$\text{bu ýerden} \quad \alpha = 48^\circ 54' \quad (6)$$

-y düzýändigini mälim bolýar. Diýmek, şeýle ýagdaýda orbitany α burça öwürmek üçin talap edilen tizlikleriň impulslary iki ýagdaý üçin hem deň bolup, orbitany mundan uly burça öwürmekde, ony «çäksizlik arkaly öwürmek» hemişe tygşytly bolup, tersine, ony $48^\circ 54'$ -dan kiçi burça öwürmek talap edilse, ony şu ýeriň özünde (ýagny (2) formulanyň kömeginde) öwürmek energetik taýdan tygşytly geçýändigini mälim bolýar.

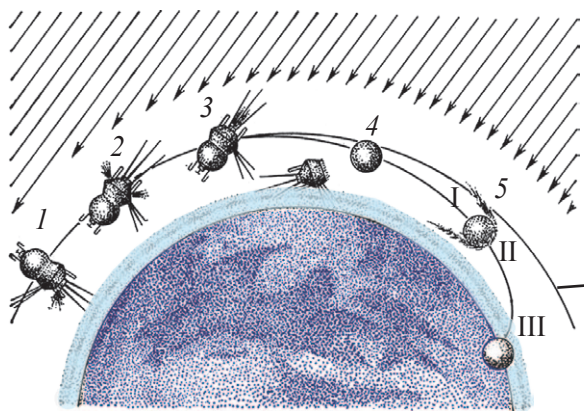
72-§. Emeli hemranyyny orbitadan düşürmek

Orbital manýowlaryň içinde iň ýönekeýi kosmos apparat orbitadan Ýere düşürmek hasaplanýar. Adatda, KA-y Ýere düşürmegiň traýektoriyasy *üç häsiýetli bölege bölünýär* (122-nji surat, I, II, III).

Bulardan *birinjisi – traýektoriyanyň peseliş uçastogunda*, hemranyň orbitadan çykmagy örän kiçi burç astynda amala aşyrylyp, bu ýerden tä atmosferanyň galyň gatlagyna girýänçe bolan bölegini öz içine alýar. Atmosferanyň galyň gatlagynyň ýokary bölegi hökmünde, şertli ýagdaýda, Ýeriň üstünden takmynan 100 kilometr uzaklykdaky üst alynýar.

Düşme uçastogunyň ikinjisi – Ýeriň galyň atmosferasyndan geçiş bölegi şu 100 kilometrlik beýiklikden başlanyp, munda kosmiki apparat we onuň ekipažy agyrylyk güýjünden birnäçe esse artyk zor düşmäni «duýýar». Şonuň ýaly-da, şu uçastokda, KA-nyň atmosfera bilen sürtülmeği sebäpli gäminiň korpusynyň ýiti gyzmagy bolup geçýär. Şeýle ýagdaý gondurylýan gäminiň korpusy we ekipaž agzalarynyň durmuşy üçin uly howp döredýär.

Düşmäniň üçünji uçastogunda kosmiki apparatyň traýektoriyasy Ýeriň merkezine tarap ýiti öwrülýär we ahyrky netijede garşylyk güýji, hereket ugry boýunça agyrylyk güýjüniň proyeksiýasyna deňleşip, gondurylýan apparatyň Ýere tarap erkin gaçmagyny üpjün edýär. Adatda, gonma amatly we tygşytlý bolmagy (iň kem tizlik impulsy talap etmegi) üçin şert – KA-y orbitadan çykyş nokadyndan atmosferanyň galyň gatlagyna girmegine çenli bolan 180°-ly duga araçäginde amala aşyrylýar. Munda KA-nyň atmosferanyň galyň gatlagyna



122- surat. EH-ny orbitadan düşürmek prosesi: 1–3 – tormozlaýjy impuls; 4 – aýlanma orbitadan çykmak; 5 – aerodinamiki tormozlanma we paraşyutyň kömeginde gonmak.

girmegi takmynan 5° burç astynda bolmagy üpjün edilýär. Orbitadan çykyşda bolsa kosmos gämisine berilýän tizligiň transwersal düzüjisinden daşary, Ýere tarap ýönelen radial düzüjä eýe bolmagyny gazanmaly bolup, onuň impulsy 150–200 m/s-dan kem bolmazlygy talap edilýär. Atmosferanyň galyň gatlagyndan geçmeginde, aerodinamiki tormozlanma sebäpli kosmos gämisiniň tizligi birinji kosmos tizliginden tä 150–250 m/s çenli barha peselýär.

Ýere gonmagyň beýan edilen usulynda raketa atmosferanyň garşylyk güýjünden daşary onuň göteriji güýji hem gatnaşyp, onuň kömeginde ýükleme ýiti kemeldilýär we soňra gämini Ýere aerodinamiki hil bilen gondurmak gazanylýar. Eger gämini gondurmakda, aerodinamiki güýç diňe garşylyk güýjünden ybarat bolsa, bu gämini ýere düşürilmeginiň *ballistik usuly* diýilýär. Munda ekipaž üçin ýükleme ýiti uly bolýandygy sebäpli gäminiň gabygy ýiti gyzýar we ekipažyň durmuşy üçin heläkçilikli howp döreýär.

Gämini *gondurmakda aerodinamiki hil diýip*, göteriji güýjüniň garşylyk güýjüne gatnaşygy bilen ölçelýän ululyga aýdylýar. Iki ululyk hem howanyň dykzlygynyň we tizliginiň kwadratyna bagly bolup, şu formulalar bilen aňladylýar:

$$F_{\text{garşy}} = c_x \cdot S \frac{\rho v_{\text{otn}}^2}{2}, \quad F_{\text{göter}} = c_y \cdot S \frac{\rho v_{\text{otn}}^2}{2},$$

bu ýerde: c_x we c_y -ler, degişlilikde, garşylyk we göteriji güýçleriniň koeffisiýentlerini; S – hemranyň maksimal kese kesiginiň meýdanyny; v_{otn} – hemranyň daşky gurşawa görä tizligini aňladýar. Onda, düşmäniň aerodinamiki hilini häsiýetlendirýän koeffisiýent k şu formuladan tapylýar:

$$k = F_{\text{göter}} / F_{\text{garşy}} = c_y / c_x.$$

Eger $c_y=0$ bolsa, gäminiň düşüşi *aerodinamiki hilsiz ýa-da ballistik* diýilýär. Aerodinamiki düşmede ýükleme koeffisiýenti 3–4-i düzmek bilen, ballistik görnüşde ýere düşende ol 8–10-ny düzýär. Hususan-da, «Soýuz» tipindäki awtomatik stansiýalary ýere düşürmek Ýeriň üstünden 9,5 kilometr beýiklikde işe düşürilýän paraşyut sistemasynyň kömeginde amala aşyrylypdyr. Gämi ýeriň üstüne 1 m galanda, onuň gondurylyjy böleginiň gaty ýangyçly raketa dwigateli awtomatik ýagdaýda işe düşüp, gämini ýer bilen bary-ýogy 3–4 m/s tizlik bilen aknyşmagyny, ýagny ýumşak gondurylmagyny üpjün edýär.

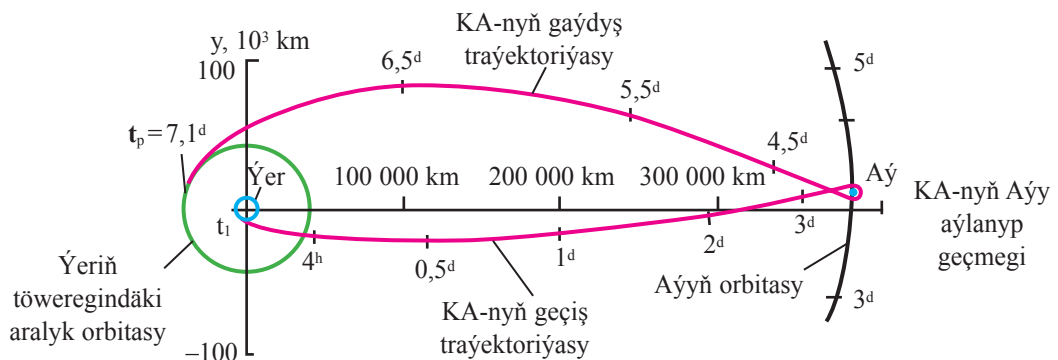
Soraglar we ýumuşlar:

1. Orbital manýowrlar diýende nämäni düşüňärsiňiz?
2. EH-nyň orbitasyny ýerli (ýagny öz ornunda) üýtgetmek nähili ýerine ýetirilýär?
3. Hemranyň orbitasyny çäksizlik arkaly üýtgetmek nähili ýagdaýlarda tygşytly?
4. EH-y orbitadan düşürmekde orbitadan çykyş nähili amala aşyrylýar?
5. Düşmäniň ikinji böleginde EH hereketiniň tizligini kemeltmek nähili ýol bilen amala aşyrylýar?
6. Düşmäniň üçünji böleginde hemra nähili edip Ýere gondurylýar?

37-nji TEMA. 73-ş. Kosmiki apparatlary Aýa uçurmak

KA-lary Aýa uçurmak üçin ony ilki Ýeriň daşyndaky Aýyň orbitasynyň tekizliginde ýatýan (iň bolmanda 200 km beýiklikdäki) orbita çykarmaly bolýar (123-nji surat). Ýatladylyşy ýaly, kosmonawtikada geçiş orbitalary (mysalymyzda – Ýeriň töwregindäki orbitasyndan Aýyň orbitasyna geçiş orbitasy) içinde iň kem energiýa sarpy bilen ýarym elliptik traýektoriyä boýunça uçuranda geçýär.

Şeýle Aýa uçuş traýektoriyasynyň hasap-hesibini edeliň. Munuň üçin ilki Ýeriň daşynda 200 km beýiklikdäki aralyk orbitada hereketlenmeli bolan KA-nyň tizligini Ýeriň grawitasion parametri $K=4 \cdot 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2$ we niýetlenen orbitanyň radiusy $r=R_{\oplus}+200 \text{ km}=(6370+200) \text{ km}=6570 \text{ km}$ -e görä anyklaýarys KA-nyň şeýle orbitadaky tizligi şu aňlatmadan tapylýar:



123-nji surat. KA-nyň Aýa baryp gaýdyşynyň günlerde berlişi.

$$v_1 = \sqrt{\frac{K_{\oplus}}{R_{\oplus} + h}} = 7,789 \text{ km/s} \approx 7,79 \text{ km/s}$$

Aýyň orbital tizligi $v_c = 1,018 \text{ km/s}$ bolup, Aýyň orbitasynyň ortaça r radiusy 384400 km diýip geçiş traýektoriyasy hasaplanan ýarym elliptik orbitanyň uly ýarym okuny hasaplasak ol:

$$a = \frac{r + R_{\oplus} + h}{2} = 195485 \text{ km bolýar.}$$

Onda KA-a geçiş – gomon traýektoriyasynyň perygeýindäki berilmeli bolan tizlik, energiýanyň integralyna görä nähili ululykda bolýandygyny tapýarys:

$$v_p = \sqrt{K_{\oplus} \left(\frac{2}{R_{\oplus} + h} - \frac{1}{a} \right)}; v_p = 10,923 \text{ km/s bolýandygy anyklanýar.}$$

Eger göni Ýeriň üstünden durup, ýarym elliptik orbita bilen Aýa barmak talap edilse, munuň üçin raketa $11,09 \text{ km/s}$ başlangyç tizlik bermeli bolýar.

Diýmek, Ýeriň daşynda aralyk orbitasyndan gomon orbitasyna geçmek üçin KA-a $\Delta v = (10,9 - 7,789) \text{ km/s} = 3,134 \text{ km/s}$ goşmaça tizlik bermelidigi görünýär.

Gomon traýektoriyasynyň apogeýindäki tizlik şu formuladan tapylsa, ol:

$$v_A = \sqrt{K_{\oplus} \left(\frac{2}{r_{\text{apog}}} - \frac{1}{a} \right)}; v_A = 0,187 \text{ km/s tizlige deň bolýar.}$$

Şundan görnüşi ýaly, KA Aýyň orbitasynyň käbir nokadyna Aý bilen bir wagtda ýetip baranda, onuň Aýa görä tizligi (Aýyň täsir sferasyna giriş tizligi)

$$\Delta v = v_c - v_A = (1,018 - 0,187) \text{ km/s} = 0,831 \text{ km/s -a deň bolýar.}$$

Aýyň täsir sferasyna ($r = 66000 \text{ km}$) giren EH-nyň bu tizligi (831 m/s), Aýdan şeýle aralykda $v = \sqrt{\frac{2K_c}{R_c + 66000}}$ formulanyň kömeginde tapylan Aýa görä parabolik (erkinlik) tizligi 383 m/s -dan uly bolanlygy üçin EH Aýyň täsir sferasynyň içine oňa görä giperbolik traýektoriya boýunça hereketlenýändigini mälim bolýar. EH bu sferanyň içinde Aýa ýakynlaşyp, onuň täsirinde tizligini has-da artdyryp barýar.

Şeýle tizlik bilen hereketlenýän EH sfera giriş tizliginiň ugruna baglylykda Aýa baryp urulmagy (munda tizlik 2,5 km/s-dan kem bolmaýar) ýa-da Aýy aýlanyp geçip, oňa giriş tizligine deň tizlik bilen onuň täsir sferasyndan çykyp gitmegi mümkin. Eger KA-y Aýyň hemrasyna öwürmek zerurlygy dörese, onuň tizligini Aýyň golaýynda ($h \approx 50$ km) 1,6–1,8 km/s çenli bortuň dwigatelinini işe düşürüp, tormozlamak arkaly ony aýlanma ýa-da elliptik orbitada saklap galmak mümkin.

Indi Aýa uçup baryş wagtyna gelsek, ol KA-nyň Aýyň orbitasyna galtaşyp geçýän gomom-elliptik orbitasy boýunça doly aýlaw döwrüniň ýarysyna deň bolýandygyny 123-nji surata garap düşünmek kyn däl. Bu döwür Kepleriň kanunyna görä

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{K_{\oplus}}} a^{3/2} \text{ ýa-da}$$

K_{\oplus} we π leriň bahalary arkaly tapylsa:

$$T = \frac{a\sqrt{a}}{6028,92} \text{ min} = 9 \text{ sutka } 22 \text{ sagat } 56 \text{ min bolýar.}$$

Onda t uçuş wagty T döwrüň ýarysyna deňliginden $t = \frac{T}{2} = 4$ sutka 23 sagat 28 minudy düzýär.

38-nji TEMA. 74-ş. Planetalara uçuş traýektoriyalary. Ýeriň täsir sferasynyň içindäki hereket

Kosmiki aparatlary planetalara uçurmak traýektoriyalarynyň hasap-hesibi ýeterliçe çylşyrymly bolup, eger olar Günüň daşynda mälim bir tekizlikde aýlanma orbitalary boýunça hereketlenýär diýip garalsa, meseläniň çözüwi ep-esli ýeňilleşýär. Hakykatda, Günüň daşynda hereketlenýän ähli iri planetalaryň elliptik orbitalary töwerege örän ýakyn. Şonuň ýaly-da, olaryň orbita tekizlikleri hem Ýeriň orbita tekizligi (ýagny ekliptika tekizligi) bilen örän kiçi burç düzýär we şu sebäpli, çakymyz hakykata ýakyn bolup, hasaplamalarda uly ýalňyş bolmaýar.

Eger planetalaryň Günden ortaça uzaklyklary kilometrlerde, olaryň tizlikleri bolsa km/s-larda aňladylsa, Günüň grawitasion parametri $K_{\oplus} = GM_{\oplus} = 1,327 \cdot 10^{11}$ km³/h² -a, eger-de, planetalaryň Günden ortaça uzaklyklary astronomik birliklerde (a.b.) aňladylsa, onda Günüň grawitasion parametri $K_{\oplus} = 887,153$ (km·a.b.)/h² -a deň bolýar.

Planetalara uçmagyň passiw traýektoriyalary, adatda, *aşakdaky üç bölege bölüp öwrenilýär*: 1) birinji ýüz kilometr beýiklik: dwigatelleri ot aldyrylan start nokadyndan Ýeriň täsir sferasyna çenli; 2) ýeriň täsir sferasynyň araçäğinden tä niýetlenen planetanyň täsir sferasyna çenli; 3) niýetlenen planetanyň täsir sferasynyň araçäğindäki hereket. Bu diýeni, ýatladylan uçuşyň bölünen üç böleginden birinjisinde, KA diňe Ýeriň täsirinde, ikinjisinde Günüň dartyş güýji täsirinde, üçünjisinde bolsa diňe niýetlenen planetanyň täsirinde hereketlenýär diýip (gapdaly her bir uçastokda prosesi 2-nji jisim meselesi hökmünde garamaga) garamaga mümkinçilik berýär. Eger planetanyň radius-wektory r we orbitasy uly ýarym okunyň bahalaryny şu energiýanyň integralynyň aňlatmasyna goýsak:

$$V = \sqrt{K_{\odot} \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}, \quad (1)$$

onda geliotsentrik orbita boýunça hereketlenýän KA-nyň ýarym elliptik geçiş traýektoriyasynyň islendik nokadyndaky geliosentrik tizligini ol formula deň güýçli bolan aşakdaky formula bilen hasaplasak, onda ellipsiň islendik r radius-wektorly nokadynda KA-nyň geliosentrik tizligi şu aňlatmadan tapylýar:

$$V = 29,785 \sqrt{\frac{2}{r} - \frac{1}{a}}, \quad (2)$$

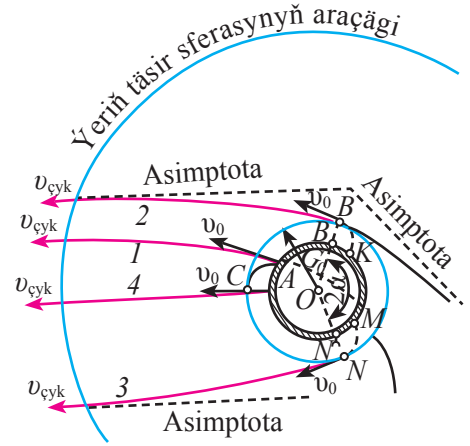
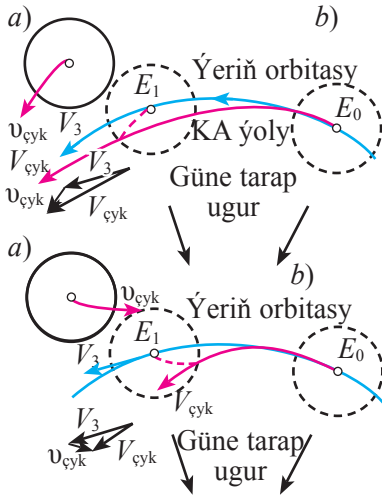
bu ýerde r we a -lar astronomik birliklerde aňladylan.

Ýeriň täsir sferasynyň içindäki hereket. Ýokardaky 124-nji a we b suratyň çyzgylarynda Ýeriň geliosentrik we KA-nyň geliosentrik hem-de geosentrik hereket traýektoriyalary görkezilen. Şonuň ýaly-da, bu suratda KA-nyň geosentrik hereketi Ýeriň täsir sferasynda (Ýeriň daşynda tegelejik bilen teswirlenen) içinde teswirlenen. 124-nji surat, ýokardaky a) KA Ýeriň täsir sferasynyň içinde hereketlenip, onuň araçäğine ýetensoň, ondan çykyş ugry görkezilen. Hut şu wagtyň içinde Ýer öz orbitasynyň E_0 nokadyndan çykyp, E_1 nokadyna ýetip gelipdir. KA-nyň Ýeriň täsir sferasyndan çykyş wagtyndaky geosentrik tizligi – $v_{\text{çyk}}$, geliosentrik tizligi bolsa – $V_{\text{çyk}}$ bilen belgilenen.

Bu tizlikleriň Ýeriň orbital (geliosentrik) tizligi bilen baglylygy

$$\vec{V}_{\text{çyk}} = \vec{V}_{\oplus} + \vec{v}_{\text{çyk}} \quad (3)$$

çyzgydaky tizlikleriň üçburçlugyndan görnüp dur. Munda KA Ýeriň täsir sferasynyň ön tarapyndan çykyp Ýerden öňe gidýär (ýokardaky 124-nji a surat).



124-nji surat. KA-nyň Ýeriň täsir sferasyndaky hereketi: *a* we *b* (ýokarda) – daşky planetalara uçuş; *a* we *b* (aşakda) – içki planetalara uçuş shemalary; *a*) geosentrik; *b*) geliosentrik traýektoriyalar.

125-nji surat. Planetalara uçanda Ýeriň täsir sferasy araçäginde KA üçin mümkin bolan çykyş traýektoriyalary (bu ýerde 1, 2, 3-lar – giperbolik, 4 bolsa göni çyzykly traýektoriya).

124-nji suratyň aşagyndaky *b* çyzgyda bolsa, KA Ýerden göterilip, onuň täsir sferasyna ýetende, Ýer öz orbitasynyň E_0 nokadyndan E_1 nokada gelip, täsir sferasynyň *arka tarapyndan* çykýar we Ýerden yzda galýar. Ýokardaky çyzgyda KA daşky planetany niýetläp ýola çykmak bilen, aşakdaky çyzgyda ol içki planetalardan birini (Merkuriý, Wenera) niýetläp ýola çykan bolýar. Bu ýagdaýlarda hem KA gazanan tizlikler, tizlikler üçburçlugyndan görnüp dur:

$$\vec{V}_{\text{çyk}} = \vec{V}_{\oplus} - \vec{v}_{\text{çyk}} . \quad (4)$$

Kosmiki aparat Ýerden uzaklaşdygy saýyn onuň tizligi barha kemelýär, Ýeriň täsir sferasynyň araçäğine ýetende, başlangyç tizlige (v_0) görä onuň tizligi $v_{\text{çyk}}$ aşakdaky ýaly tapylýar (energiýanyň integralynyň formulasyndan):

$$v_{\text{çyk}}^2 = v_0^2 - \frac{2K_{\oplus}}{r_0} \left(1 - \frac{r_0}{r_{\text{Ýts}}} \right) \quad (5)$$

$$\text{ýa-da} \quad v_{\text{çyk}}^2 = v_0^2 - v_{\text{par}}^2 \left(1 - \frac{r_0}{r_{\text{Ýts}}} \right), \quad (5')$$

bu ýerde: $r_0 = R_{\otimes}$ Ýeriň radiusy. $r_{\text{Ýts}}$ – Ýeriň täsir sferasynyň radiusy.

$r_{\text{Ýts}} \gg R_{\otimes}$ bolany üçin ýokardaky aňlatmany aşakdaky ýaly ýazmak mümkin:

$$v_{\text{çyk}}^2 = v_0^2 - v_{\text{par}}^2 \quad \text{ýa-da} \quad v_{\text{çyk}}^2 = v_0^2 - \frac{2K_{\otimes}}{R_{\otimes}}. \quad (6)$$

Bu formuladan Ýeriň täsir sferasynyň içinde $v_0 > v_{\text{par}}$ lygyndan (çünki $v_0 > v_{\text{par}}$ bolmasa raketa Ýeri taşlap gidip bilmeýär) täsir sferasynyň içinde KA-nyň traýektoriyasyny giperbolik diýip alýarys. Munda mälim bir planeta ýol alan KA üçin onuň täsir sferasynyň haýsy nokadyndan çykyp gitmegi onçakly möhüm bolman, nähili ugurda we tizlik bilen çykyp gidýändigini möhüm bolýar.

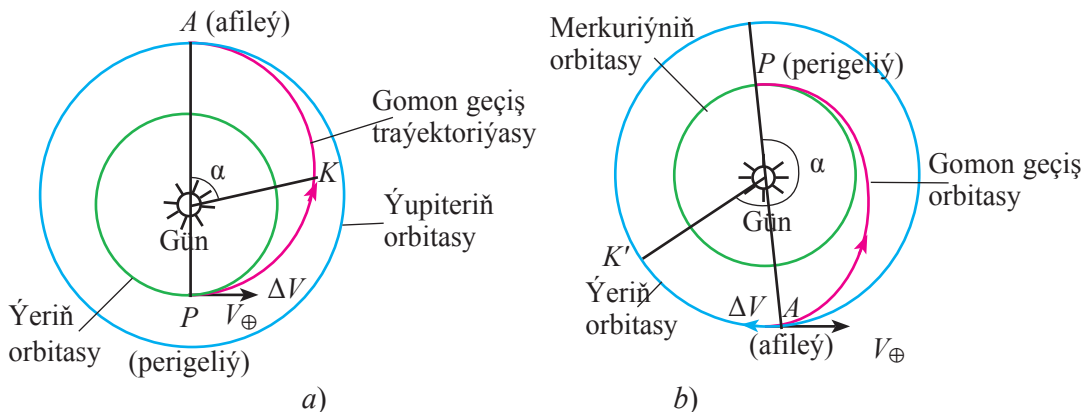
Planetalara uçanda şeýle mälim ugurdaky we anyk tizlikdäki giperbolik traýektoriyalar çäksiz köp bolmagy getirilen çyzgydan aňsat aýan bolýar (*125-nji surat*). Bulardan daşary, çyzgydan planetalara uçanda bir göni çyzykly traýektoriya hem barlygy görkezilen, galanlary Ýere görä giperbolik traýektoriyalardyr.

Soraglar we ýumuşlar

1. Planetalara uçanda passiw traýektoriya nähili böleklere bölünip öwrenilýär?
2. Ýeriň täsir sferasynda KA-nyň hereket traýektoriyalary geliosentrik we geosentrik bolup, görnüşleri bilen nähili tapawutlanýandygyny çyzgyda görkeziň.
3. Ýeriň täsir sferasynyň içinde planetalarara kosmiki aparatyň tizligi 2-nji kosmos tizligine görä ulumy ýa-da kiçi?
4. Daşky planetalara uçanda iň tygşytly geliosentrik traýektorianyň görnüşi nähili tanyş egri çyzyk boýunça geçýär?

39-njy TEMA. 75-§. Gomon orbitalary boýunça uçuşlar

Planetalaryň orbitalaryny töwerek, olaryň orbita tekizliklerini bolsa, eklip-tika tekizligi bilen üstme-üst düşýär diýip çak edeliň. Planetalarara awtomatik stansiýany Ýerden niýetlenen planeta eltýän traýektoriya hem, ýatladylyşy ýaly,



126-njy surat. a) daşky planetalara gomon orbitasy boýunça uçuş;
b) içki planetalara gomon orbitasy boýunça uçuş.

geçiş orbitasy diýilýär. Bu orbitalar gomon ýa-da ýarym elliptik orbitalar bolup, daşky planetalara KA-y uçurmakda, onuň başlangyç tizliginiň anyk bahalarynda, geçiş ýarym elliptik orbitasynyň afeliýi daşky planeta orbitasyna (126-njy a surat), içki planetalara uçanda bolsa, geçiş ýarym elliptik orbitasynyň perigeliýi içki planetanyň orbitasyna galtaşyp geçmegi (126-njy b surat) bu uçuşlarda energetik taýdan iň amatly orbitalar hasaplanýar.

Eger daşky planetalara uçanda Ýeriň orbitasynyň P nokadynda berlen goşmaça tizligiň impulsy, Ýeriň hereket ugry bilen birmeňzeş ugurda bolup, onda KA-nyň çykyş geliosentrik tizligi – $V_{\text{çyk}} > V_{\oplus}$ bolsa, ol daşky planetalardan birini nyşana alýar. Eger-de Ýeriň orbitasynyň P nokadynda berlen goşmaça tizligiň impulsy Ýeriň tizligine garşylykly ugrugan bolsa, onda KA içki planetalardan birini nyşana alyp, onuň geliosentrik tizligi Ýeriňkiden kiçi bolýar. KA-nyň Ýeriň täsir sferasyndan çykyan wagtyndaky, mälim daşky planeta uçmak üçin zerur bolan $v_{\text{çyk}}$ tizliginiň Ýeriň üstünden başlangyç v_0 tizlik bilen baglanyşygy $R_{\oplus} \ll r_{\text{t.s.}}$ bolany üçin v_0 -niň şu

$$v_0^2 = \sqrt{v_{\text{çyk}}^2 + v_{\text{erg}}^2} \quad (1)$$

aňlatmadan tapylýan bahasy KA-a Ýeriň we niýetlenen planetanyň orbitalaryna galtaşyp geçýän geliosentrik geçiş orbitasy boýunça hereketini üpjün edýär.

Şeýle orbita *gomon orbitasy* ýa-da *ýarym elliptik orbita* diýilýär. Çyzgydan görünüşü ýaly, gomon orbitalary boýunça Ýeriň täsir sferasyndan çykyş geosentrik we geliosentrik tizlikleri $v_{\text{çyk}}$ we $V_{\text{çyk}}$ birmeňzeş ýönelen bolup, olar özara aşakdaky gatnaşyklarda bolýar:

$$\text{daşky planetalar üçin} \quad v_{\text{çyk}} = V_{\text{çyk}} - V_{\oplus}; \quad (2)$$

$$\text{içki planetalar üçin} \quad v_{\text{çyk}} = V_{\oplus} - V_{\text{çyk}} \quad (3)$$

ýa-da umumy ýagdaýda wektor görnüşinde

$$\vec{v}_{\text{çyk}} = \vec{V}_{\text{çyk}} - \vec{V}_{\oplus} \quad (4)$$

bolýar, bu deňlemedäki $V_{\text{çyk}}$ tizligiň bahasyny energiýa integralyna görä:

$$V_{\text{çyk}} = \sqrt{K_{\odot} \left(\frac{2}{R_{\oplus \text{orb}}} - \frac{1}{a} \right)} \quad (5)$$

aňlatma arkaly hasaplamak mümkin bolup, bu ýerde: K_{\odot} – Günüň grawitasion parametrini; a bolsa gomon orbitasynyň (ýarym elliptik orbitanyň) uly ýarym okuny aňladyp, şu

$$a = \frac{R_{\oplus \text{orb}} + R_{\text{pl. orb}}}{2} \quad (6)$$

formuladan tapylýar.

a -nyň bahasyny (5) -a goýup, $V_{\text{çyk}}$ -a görä şu deňligi alarys:

$$V_{\text{çyk}} = \sqrt{\frac{2K_{\odot}}{R_{\oplus \text{orb}}}} \cdot \sqrt{\frac{R_{\text{pl. orb}}}{R_{\oplus \text{orb}} (R_{\oplus \text{orb}} + R_{\text{pl. orb}})}}, \quad (7)$$

bu ýerde

$$\sqrt{2K_{\odot} / R_{\oplus \text{orb}}} = \sqrt{2}V_{\oplus} = 42,122 \text{ km/s} \text{ -a deňliginden} \quad (8)$$

planetalaryň orbitalarynyň radiuslaryny astronomik birliklerde aňlatsak $V_{\text{çyk}}$:

$$V_{\text{çyk}} = 42,122 \sqrt{\frac{R_{\text{pl. orb}}}{1 + R_{\text{pl. orb}}}} \quad (9)$$

bolýar. Gomon orbitasy boýunça uçuş wagtyny hasaplamakçy bolsak, ýarym elliptik orbitany ellipse dolduranda, KA-nyň bu ellips boýunça aýlanma döwrüniň ýarysyna deň bolýandygyny düşünmek kyn däl. Diýmek:

$$t_{\text{gom}} = \frac{T}{2} = \frac{\pi}{\sqrt{K_{\odot}}} \sqrt{\left(\frac{R_{\oplus\text{orb}} + R_{\text{pl.orb}}}{2}\right)^3} \text{-a deň bolýar.} \quad (10)$$

Aralygy a.b.-larda, wagty ýyldyz ýylynda aňlatsak, onda Ýeriň Günüň daşynda bir doly aýlaw döwri üçin

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{K_{\odot}}} \sqrt{a^3} \quad (11)$$

aňlatmadan peýdalansak, onda

$$1 = \frac{2\pi}{\sqrt{K_{\odot}}} \cdot \sqrt{1^3} \text{ ýa-da } \sqrt{K_{\odot}} = 2\pi \quad (12)$$

bolýandygyny anyklaýarys. Şoňa görä gomon orbitasy boýunça mälim planeta uçuş wagty şu

$$t_{\text{gom}} = \frac{\sqrt{2}}{8} \sqrt{(1 + R_{\text{pl.orb}})^3} = 0,177 \sqrt{(1 + R_{\text{pl.orb}})^3} \quad (13)$$

aňlatmadan anyklanyp, ol ýyldyz ýylynda çykýar. Munda $R_{\text{pl. orb}}$ -ny a.b.-da aňladyp, ýyldyz ýylyny Günüň sutkalarynda aňlatsak (1 ý.ý. = 365,256236 ortaça Gün sutkasy) uçuş wagty:

$$t_{\text{gom}} = 64,569 \sqrt{(1 + R_{\text{pl.orb}})^3} \text{ sutka deň bolýar.} \quad (14)$$

Gomon orbitalary üçin P-dan A nokada çenli burçuň uzaklygy 180° -a deňliginden raketanyň starty wagtynda Günden Ýer we niýetlenen planeta çekilen çyzyklaryň arasyndaky burça konfigurasiýa burçy ψ diýlip, ol:

$$\psi = 180^\circ - \alpha \text{ dan tapylýar.} \quad (15)$$

Bu ýerde α – niýetlenen planetanyň KA bilen öz orbitasynyň A nokadynda duşuşança geçmeli bolan dugany bölüp, ony ω_{pl} – sutkalyk burç tizlik bilen uçýan daşky planeta t_{gom} wagtda geçýär, ýagny $\alpha = \omega \cdot t_{\text{gom}}$. Şuňa görä tapylan daşky planeta dugasy *126-njy a suratdaky* \overline{KA} yaýa deň bolýar. Içki planeta uçanda start wagtynda ol öz orbitasynyň K' nokadynda bolup, α burç 180° -dan uly bolanlygy üçin ψ otrisatel bolýar. Munda ψ burç içki planetanyň başlangyç konfigurasiýadaky ýagdaýyndan (ýagny start wagtyndan) t_0 ol Ýeri «kowup» gelip, Ýer-Gün çyzygysynda (ýagny aşaky goşulmada) bolýan momentine çenli

ýa-da Ýer daşky planetany «kowup», Gün-planeta çyzygyda bolýan (ýagny garşylykly duruş) momentine çenli giden τ wagt aşakdaky aňlatmadan tapylýar:

$$\tau = \frac{\Psi}{\omega_{\oplus} - \omega_{pl}} , \quad (16)$$

bu ýerde ω_{\oplus} we ω_{pl} -lar, Ýeriň we planetanyň sutkalyk burç tizlikleri. Islendik planeta üçin başlangyç konfigurasiýa momentiniň gaýtarylma döwri planetanyň sinodik döwründe deň bolup, ol şu aňlatmadan tapylýar:

$$P_{\sin} = P_{pl} \cdot P_{\oplus} / |P_{pl} - P_{\oplus}| \quad (17)$$

40-njy TEMA. 76-§. Kosmiki apparatlaryň niýetlenen planetanyň täsir sferasyndaky hereketi

Niýetlenen planeta baryp, onuň täsir sferasynyň içinde KA geçýän traýektoriyasynyň hasap-hesibini etmek üçin ilki, gomon traýektoriyasy boýunça hereketlenýän KA-nyň niýetlenen planeta täsir sferasyna girmegiň geliosentrik tizligini (V_{gir}) tapmaly bolýar. Munuň üçin planetanyň täsir sferasyna girmegiň geliosentrik tizligi hökmünde KA-nyň niýetlenen planeta ýakynlaşma tizligi alynýar. Daşky planetalara (Mars, Ýupiter, Saturn we başgalar) KA-nyň ýakynlaşma tizligi, bu planetalaryň orbital tizliklerinden kiçi bolmak bilen, içki planetalara (Merkuriý, Wenera) KA-nyň ýakynlaşma tizligi olaryň tizliginden uly bolýar. Şonuň üçin hem KA daşky planetalaryň täsir sferasyna öň tarapdan, içki planetalaryň täsir sferasyna bolsa arka tarapdan girip barýar. Planetalaryň täsir sferasy geçiş orbitalarynyň ölçeglerine görä örän kiçiligi sebäpli, KA-laryň planetanyň täsir sferasyna girýän tizlikleri (V_{gir}), planetanyň orbital tizligi ugry bilen bir göni çyzykda diýen ýaly ýatýar diýip garamak mümkin. Onda planeta sentrik giriş tizligi v_{gir} , geliosentrik giriş tizligi V_{gir} we niýetlenen planetanyň orbital tizligi V_{pl} arasynda aşakdaky ýaly baglanyşyk bolýandygyny düşünmek kyn däl. Munda daşky planetalar üçin

$$v_{gir} = V_{pl} - V_{gir} , \quad (1)$$

içki planetalar üçin bolsa (munda v_{gir} , V_{gir} we V_{pl} tizlikler özara parallel)

$$v_{gir} = V_{gir} - V_{pl} \quad (2)$$

bolýar. Umumy ýagdaýda bu ululyklar üçin aşakdaky wektorial baglanyşyk ýerlikli bolýar:

$$\vec{v}_{\text{gir}} = \vec{V}_{\text{gir}} - \vec{V}_{\text{pl}}. \quad (3)$$

Planetosentrik giriş tizligi v_{gir} bu planeta üçin parabolik tizlikden uly bolup, şoňa görä ol planeta tarap düşmek bilen, ýolunda oňa duşmasa, mälim wagtdan soň onuň bu sferasyndan, täsir sferasyna giriş tizligi ululygyna deň tizlik bilen çykyp gidýär. KA-nyň planetanyň täsir araççigine giriş tizliginiň wektorynyň dowamy we planetanyň merkezinden şu wektora parallel geçirilen göni çyzygyň arasyndaky aralyga kosmonawtikada $d_{\text{nyş}}$ nyşan aralygy diýlip, onuň ululygy aşakdaky formuladan tapylýan r_{ef} – effektiw radiusdan uly ýa-da kiçiligine görä, KA-nyň täsir sferasynyň içinde planeta görä traýektoriyasy anyklanyp oňnositel aralygy aşakdaky formuladan

$$r_{\text{ef}}^2 = R_{\text{pl}} \left(\frac{2K_{\text{pl}}}{v_{\text{gir}}^2} + R_{\text{pl}} \right) \quad (4)$$

tapylýan effektiw radiusdan kiçi bolsa, KA hökman baryp planetanyň üstüne urulýar. Eger-de r_{ef} -dan uly bolsa, onuň tizligini tormozlanma ýoly bilen KA planetanyň üstüniň golaýyndan geçýän ýere çenli tormozlap baryp, bu ýeriň planetanyň üstünden h beýikligine dogry gelýän we şu aňlatmadan

$$v = K_{\text{pl}} / R_{\text{pl}} + h \quad (5)$$

tapylýan tizlige çenli kemeldilse, KA niýetlenen bu planetanyň emeli hemrasyna öwrülýär we, zerur bolanda planetanyň üstüne gondurylýar.

Soraglar we ýumuşlar:

1. Ýerden daşky planeta uçýan KA-nyň täsir sferasynda gazanan çykyş tizligi Ýerden görerlendäki başlangyç tizligine görä nähili tapylýar?
2. Ýeriň täsir sferasyndan çykýan KA-nyň geliosentrik we KA-nyň niýetlenen planetanyň täsir sferasyna geliosentrik giriş tizlikleriniň ululyklary nähili tapylýar?
3. Ýerden planetalara tarap uçýan KA-nyň başlangyç tizligi onuň Ýere görä ikinji kosmos tizliginden uly bolarmy ýa-da kiçimi?

Astronomik hemişelikler

Ýeriň ekwatorial radiusy	6378,16 km	
Ýeriň polýar radiusy	6356,78 km	
Ýeriň göwrümine deň şaryň radiusy	6371,03 km	
Ýyldyz sutkasynyň uzynlygy	23 ^h 56 ^m 4 ^s ,091 ortaça Gün wagty	
Ortaça Gün sutkasynyň uzynlygy	24 ^h 03 ^m 56 ^s ,555 ýyldyz wagty	
Ýylyň uzynlygy (ortaça wagt bilen):	Tropik ýyl	365 ^d ,2422=365 ^d 5 ^h 48 ^m 46 ^s
	Ýyldyz ýyly	365 ^d ,2564=365 ^d 6 ^h 9 ^m 10 ^s
Aýyň uzynlygy (ortaça wagt bilen):	Sinodik aý	29 ^d ,5306=29 ^d 12 ^h 44 ^m 3 ^s
	Ýyldyz aýy	27 ^d ,3217=27 ^d 7 ^h 43 ^m 12 ^s
	Aždarha aýy	7 ^d ,2122=27 ^d 5 ^h 5 ^m 36 ^s

Gün barada maglumatlar

Gün parallaksy	8,794 ^{''}
Ýerden Güne çenli bolan ortaça aralyk	149 600 000 km
Diametri	$D_{\odot}=109,12D_{\oplus}=1391016$ km
Meýdany	$S_{\odot}=11930S_{\oplus}=608,7 \cdot 10^{10}$ km ²
Göwrümi	$V_{\odot}=1303800V_{\oplus}=1,412 \cdot 10^{33}$ cm ³ =1,4 · 10 ¹⁸ km ³
Massasy	$M_{\odot}=332958M_{\oplus}=1,99 \cdot 10^{30}$ kg
Ortaça dykzlygy	$\rho_{\odot}=0,255$ $\rho_{\oplus}=1,410$ g/cm ³
Günüň üstündäki erkin gaçma tizlenmesi	$G_{\odot}=2,738 \cdot 10^4$ cm/s ²
Günüň üstündäki parabolik (kritik) tizlik	$v_{\text{par}}=617,7$ km/s
Günüň ekwatoryndaky nokadyň sinodik aýlanma tizligi	$T_{\text{sin}}=27^{\text{d}},275$
Gün ekwatorynyň ekliptika gyşarmasy	7° 15' 00"
Gün hemişeliginiň ortaça bahasy	$W=1,388 \cdot 10^6$ erg/s cm ²
Wagt birligi içinde bölünip çykýan umumy şöhlelenme energiýasy	3,88 · 10 ³³ erg/s
Gün hereketiniň apeksi	$\alpha = 18^{\text{h}}00^{\text{m}}$, $\delta = +30^{\circ}$

Galaktika merkeziniň daşynda Günüň tizligi	240 km/s
Galaktika merkeziniň daşynda Günüň aýlanma döwri	$T=200$ mln. ýyl
Günüň iň uly görünme burçuň diametri	32'35",78
Günüň iň kiçi görünme burçuň diametri	31'31",34

Ýer barada maglumatlar

Massasy	$6 \cdot 10^{24}$ g
Ekwatorial radiusy	6378,160 km
Ýer aýlanmagynyň burç tizligi	15",041 s ⁻¹
Ekwatordaky nokadyň çyzykly tizligi	465,119 m/s
φ geografik giňlige eýe bolan Ýeriň üstündäki nokadyň çyzykly tizligi	465,119 cos φ m/s
Orbitadaky iň uly tizligi (perigeliýde)	30,27 km/s
Orbitadaky minimal tizligi (afeliýde)	29,27 km/s
Güne tarap Ýeriň tizlenmesi	0,59 sm/s ²
Ýerde erkin gaçma tizlenmesi	980,665 sm/s ²
Ýeriň okynyň ekliptika okunyň daşynda aýlanma (presessiýa hadysasy sebäpli) döwri	25725 ýyl
Demirgazyk geomagnit polýusynyň koordinatalary	$\varphi = 78^\circ,6$; $\lambda = 70^\circ,1$
Geomagnit polýuslarda güýjenme ululygy	0,63E

Aý barada maglumatlar

Aýyň ortaça sutkalyk gorizantal parallaksy	57'2",61
Ýerden ortaça uzaklygy	384467 km
Görünme iň uly burçuň diametri	33'32"
Görünme iň kiçi burçuň diametri	29'20"
Diametri	3476 km = 0,27234 d_{\oplus}
Göwrümi	$2195,3 \cdot 10^7$ km ³ = 0,020266 V_{\oplus}
Meýdany	$3,791 \cdot 10^7$ km ² = 0,0743 S_{\oplus}
Massasy	$7,35 \cdot 10^{22}$ kg = 0,012300 m_{\oplus}
Ortaça dyklyzlygy	3,350 g/cm ³ = 0,607 ρ_{\oplus}

Aýyň üstündki erkin gaçma tizlenmesi	1,623 m/s ²
Kritik tizlik (2-nji kosmos tizligi)	2,38 km/s
Aýyň orbitasynyň tekizliginiň ekliptika gyşarmasy (gyşarma burçy 6°31' -dan 6°51'-a çenli üýtgeýär)	6°40',7
Ýerden garanda Aýyň üstünde görünmeýän bölegi	0,410
Ortaça görünme burç tizligi	12°,15
Orbita boýunça ortaça tizligi	1,023 km/s
Ýeriň täsirinde alan tizlenmesi	0,272 sm/s ²
Aýyň aýlanma döwrüne deň siderik döwri	27,32 sutka
Sinodik döwri (Güne görä doly aýlaw döwri)	29,53 sutka
Aýda günortan wagtynda temperatura	+120°C
Aýda ýarygijedäki temperatura	-150°C

Planetalara degişli maglumatlar

Planetalar	Ekwatorial radiusy (km)	Günden ortaça uzaklygy (mln. km)	Massasy		Öz okunyň daşynda aýlanma döwri	Planeta üstündäki kritik tizlik (km/s)	Günüň daşynda aýlanma döwri	Orbital tizligi (km/s)
			m_{\oplus}	10^{24} kg				
Merkuriý	2439	57,91	0,055	0,330	58d,65	4,3	87 ^d ,97	48,0
Wenera	6052	108,81	0,816	4,872	243d,16	10,4	224 ^d ,7	35,0
Ýer	6378	149,60	1,000	6	23 ^h 56 ^m 04 ^s	11,2	365 ^d ,26	30,0
Mars	3396	227,94	0,107	0,639	24 ^h 37 ^m 23 ^s	5,0	686 ^d ,98	24,1
Ýupiter	71492	778,5	317,84	1900	9 ^h 50 ^m	59,5	4332 ^d ,59	13,1
Saturn	60268	1427	95,17	568	10 ^h 14 ^m	36,2	107759 ^d ,21	9,6
Uran	25559	2875,03	14,59	87	-17 ^h 24 ^m	21,3	30685 ^d	6,8
Neptun	24764	4554,4	17,25	103	15 ^h 57 ^m	23,5	60188 ^d	5,5

MAZMUNY

GIRIŞ	3
1-nji TEMA. 1-§. Astronomiýa nämäni öwrenýär? Onuň ösüş taryhy we başga lymlar bilen aragatnaşygy	3

I BÖLÜM

I BAP. AMALY ASTRONOMIÝANYŇ ESASLARY

2-nji TEMA. 2-§. Ýagtylgyçlaryň sutkalyk görünme hereketleri. Ýyldyz toparlary.....	6
3-§. Ýeriň öz okunyň daşynda aýlanyşyna deliller *. Fuko maýatnigi.....	7
4-§. Asman sferasy, onuň esasy nokady, töweregi we çyzyklary.....	8
5-§. Günüň ýyllyk görünme hereketi. Ekliptika.....	10
3-nji TEMA. 6-§. Asmanyň koordinatalary.....	11
7-§. Ýyldyzlaryň kartalary.....	13
8-§. Ýyldyzlaryň görünme ýyldyz ululyklary *	14
4-nji TEMA. 9-§. Älem polýusynyň beýikligi bilen ýeriň geografik giňliginiň arasyndaky baglanyşyk	15
10-§. Dürli geografik giňliklerde asman sferasynyň sutkalyk görünme aýlanmalary	16
11-§. Ýagtylgyçlaryň kulminasiýasy we kulminasiýa beýiklikleri	19
12-§. Astronomik gözegçilikler esasynda ýeriň geografik giňligini takmyny anyklamak **	20
5-nji TEMA. 13-§. Wagty ölçemegiň esaslary *	21
14-§. Kalendarlar	23
6-njy TEMA. 15-§. Aýyň hereketi, fazalary we döwürleri	25
16-§. Musulmanlaryň aý we gün hijri kalendarlary *	27
17-§. Günüň we Aýyň tutulmagy	29

II BAP. GÜN SISTEMASYNYŇ GURLUŞY WE ASMAN JISIMLERINIŇ HEREKETI

7-nji TEMA. 18-§. Gün sistemasynyň gurluşy	31
19-§. Gün sistemasynyň masştaby we agzalary	34
20-§. Planetalaryň konfigurasiýalary we görnüş şertleri *	35
21-§. Planetalaryň Günüň daşynda aýlanma döwürleri *.....	37
8-nji TEMA. 22-§. Sutkalyk we sutkalyk-gorizont parallaks. Gün sistemasynyň jisimlerine çenli bolan aralyklary kesgitlemek	38
23-§. Gün sistemasynyň jisimleriniň radiuslaryny kesgitlemek **	39

9-njy TEMA. 24-§. Astronomiýada uzynlyk ölçeg birlikleri.....	41
25-§. Kepleriň kanunlary	41
26-§. Asman jisimleriniň massalaryny hasaplamak *	43
10-njy TEMA. 27-§. Iki jisim meselesi. Kosmos tizlikleri.....	45

III BAP. ASTROFIZIKA WE ONUŇ BARLAG METODLARY

11-nji TEMA. 28-§. Asmany elektromagnit tolkunly şöhlelerde öwrenmek – giň tolkunly astronomiýanyň esasy.....	47
29-§. Optiki teleskoplar	48
30-§. Teleskoplaryň esasy karakteristik ululyklary **	51
31-§. Radioteleskoplar barada düşünje.....	53
32-§. Ulugbegiň obserwatoriýasynyň «baş teleskopy»	55
12-nji TEMA. 33-§. Şöhlelenme kanunlary we asman jisimleriniň fiziki tebigatlaryny spektral metodlaryň kömeginde öwrenmek	56

IV BAP. GÜN SISTEMASYNYŇ JISIMLERINIŇ FIZIKI TEBIGATY

13-nji TEMA. 34-§. Gün iň ýakyn ýyldyz. Gün barada umumy maglumat	59
35-§. Gün fotosferasy we onuň gurluşlary. Günüň tegmilleri.....	61
14-nji TEMA. 36-§. Gün hromosferasy we täji	64
37-§. Gün energiýasynyň çeşmesi *	66
38-§. Günüň aktiwligi we onuň Ýere täsiri *	68
15-nji TEMA. 39-§. Ýer tipli planetalar. Merkuriý we Wenera	71
40-§. Ýer we onuň tebigy hemrasy Aý. Mars	73
16-njy TEMA. 41-§. Äpet planetalar, olaryň hemralary we halkalary	81
17-nji TEMA. 42-§. Asteroidler we kiçi planetalar	89
18-nji TEMA. 43-§. Kometalar («guýrukly ýyldyzlar»).....	92
44-§. Meteorlar («uçar ýyldyzlar») we meteoritler	95
19-njy TEMA. 45-§. Gün sistemasynyň gelip çykyşy barada häzirki zaman garaýyşlary	99

V BAP. ÝYLDYZLAR

20-nji TEMA. 46-§. Ýyllyk parallaks, ýyldyzlaryň aralyklaryny kesgitlemek	102
47-§. Ýyldyzlaryň ölçeglerini we fiziki parametrlerini kesgitlemek *	103
48-§. Ýyldyzlaryň reňki we temperaturasy	105
21-nji TEMA. 49-§. Ýyldyzyň absolýut ululygy we onuň ýagtylygy bilen baglylygy *.....	106
50-§. Ýyldyzlaryň spektri we spektral synplary.....	108
51-§. Spektr-ýagtylyk diagrammasy.....	109

22-nji TEMA. 52-§. Fiziki goşa ýyldyzlar we olaryň görnüşleri	111
53-§. Ýyldyzlaryň massalaryny hasaplamak **	113
23-nji TEMA. 54-§. Fiziki üýtgeýän ýyldyzlar: sefidler, täze we has täzeler	115
24-nji TEMA. 55-§. Ýyldyzlaryň ewolýusiýasy. Neýtron ýyldyzlar we «gara girdaplar» *	118

VI BAP. ÄLEMIŇ GURLUŞY WE EWOLÝUSIÝASY

25-nji TEMA. 56-§. Galaktikamyzyň gurluşy, düzümi we aýlanmagy	121
57-§. Ýyldyzlaryň togalak we seçelenen toplumlary **	122
26-njy TEMA. 58-§. Diffuz we tozan ümürlükler	124
27-nji TEMA. 59-§. Daşky galaktikalar. Galaktikalaryň synplary we spektrleri	126
60-§. Radiogalaktikalar we kwazarlar *	129
28-nji TEMA. 61-§. Älemiň giňelmegi. Habblyň kanuny *	130
29-njy TEMA. 62-§. Galaktikalalaryň Älemde paýlanyşy **	132

II BÖLÜM

KOSMONAWTIKANYŇ ELEMENTLERI **

30-njy TEMA. 63-§. Kosmonawtikanyň predmeti we onuň başga ylymlar bilen aragatnaşygy	134
31-nji TEMA. 64-§. Raketanyň hereketiniň kanunlary. Raketanyň dartuş güýji	138
32-nji TEMA. 65-§. Raketanyň strukturasy we konstruktiv harakteristikasy	141
66-§. Uçuş wagtynda kosmiki apparata täsir edýän güýçler	142
33-nji TEMA. 67-§. Dartyşmanyň merkezi meýdanynda hereketlenýän jisimiň orbitalary	144
34-nji TEMA. 68-§. Täsir sferasy we Kosmiki aparat traýektoriyalaryny takmyny hasaplamak	148
35-nji TEMA. 69-§. Ýeriň emeli hemralarynyň orbita elementleri	151
70-§. Ýeriň atmosferasynda hemranyň orbitasynyň ewolýusiýasy	152
36-njy TEMA. 71-§. Orbital manýowrlar emeli hemranyň orbita tekizligini öwürmek ...	154
72-§. Emeli hemranyňy orbitadan düşürmek	156
37-nji TEMA. 73-§. Kosmiki apparatlary Aýa uçurmak	158
38-nji TEMA. 74-§. Planetalara uçuş traýektoriyalary. Ýeriň täsir sferasynyň içindäki hereket.....	160
39-njy TEMA. 75-§. Gomon orbitalary boýunça uçuşlar	163
40-njy TEMA. 76-§. Kosmiki aparatnyň niýetlenen planetanyň täsir sferasyndaky hereketi	167
Goşmaçalar	169

O‘quv nashri

Mamadazimov Mamadmusa

ASTRONOMIYA

(Turkman tilida)

O‘rta ta’lim muassasalarining 11-sinf o‘quvchilari uchun darslik

1-nashri

«DAVR NASHRIYOTI» MCHJ

100011, Toshkent shahri, A. Navoiy ko‘chasi, 30-uy

Litsenziya raqami AI № 308

Terjime eden	<i>K. Hallyýew</i>
Redaktor	<i>K. Hallyýew</i>
Suratçy-dizaýner	<i>Ý. Belyaskaya</i>
Korrektor	<i>K. Hallyýew</i>
Sahaplaýjy	<i>Ý. Belyaskaya</i>
Tekst ýygnaýjy	<i>S. Niýazowa</i>

Çap etmäge 2018-nji ýylyň 13-nji iýulynda rugsat edildi. Ölçeği 70×90^{1/16}.
Ofset çap ediliş usuly. «Times New Roman» garniturası. Şertli çap listi 12,87.

Neşir listi 13,2.

1 010 nusgada çap edildi. Buýurma № 18-275

Özbeğistanyň Metbugat we habar agentliginiň
«O‘zbekiston» neşirýat-çaphana döredijilik öýüniň çaphanasında çap edildi.
100011, Daşkent, A. Nowaýy köçesi, 30

Kärendesine berlen dersligiň ýagdaýyny görkezýän jedwel

T/n	Okuwçynyň ady, familiýasy	Okuw ýyly	Dersligiň alnandaky ýagdaýy	Synp ýolbaşçy-synyň goly	Dersligiň tabşyrylandaky ýagdaýy	Synp ýolbaşçy-synyň goly
1						
2						
3						
4						
5						

Derslik kärendesine berlip, okuw ýylynyň ahyrynda gaýtarylyp alnanda ýokardaky jedwel synp ýolbaşçysy tarapyndan aşakdaky baha bermek ölçeglerine esaslanylýp doldurylýar:

Täze	Dersligiň birinji gezek peýdalanmaga berlendäki ýagdaýy.
Ýagşy	Sahaby bütün, dersligiň esasy böleginden aýrylmandyr. Ähli sahypalary bar, ýyrtylmadyk, goparylmadyk, sahypalarynda ýazgylar we çyzyklar ýok.
Kanagatlanarly	Kitabyň daşy ýenjilen, ep-esli çyzylan, gyalary gädilen, dersligiň esasy böleginden aýrylan ýerleri bar, peýdalanyjy tarapyndan kanagatlanarly abatlanan. Goparylan sahypalary täzedden ýelmenen, käbir sahypalary çyzylan.
Kanagatlanarsyz	Kitabyň daşy çyzylan ýyrtylan, esasy böleginden aýrylan ýa-da bütünleý ýok, kanagatlanarsyz abatlanan. Sahypalary ýyrtylan, sahypalary ýetişmeýär, çyzylyp taşlanan. Dersligi dikeldip bolmaýar.