

M. Mamadazimov

ASTRONOMIYA

*O‘rta ta’lim muassasalarining 11-sinfi va o‘rta maxsus,
kasb-hunar ta’limi muassasalarining o‘quvchilari uchun darslik*

1-nashri

O‘zbekiston Respublikasi Xalq ta’limi vazirligi tasdiqlagan

«DAVR NASHRIYOTI»

Toshkent – 2018

Mazkur darslik, unga qo‘yilgan talablarga ko‘ra, o‘rta ta‘lim muassasalarining 11-sinfi, o‘rta maxsus, kasb-hunar ta‘limi muassasalari va O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Astronomiya instituti qoshida ochilayotgan astronomiyadan ixtisoslashtirilgan maktab uchun mo‘ljallangan bo‘lib, ikki qismdan iborat.

Darslikda o‘quv materiallarining qiyinlik darajasiga ko‘ra, ayrim mavzular bir (*) yoki ikki (**) yulduzcha bilan berilgan bo‘lib, bunda bir (*) yulduzchali o‘quv materiali oddiy va ixtisoslashtirilgan maktablar uchun mo‘ljallangan bo‘lsa-da, biroq oddiy maktab o‘quvchilariga uning mazmuni yuzasidan tushunchalar berish bilan cheklanib, ixtisoslashgan maktabda uning matematik apparatlar yordamida yoritilgan mazmunini o‘zlashtirish talab etiladi, o‘quv materiallari ikki yulduzcha (**) bilan berilgan paragraflar esa faqat ixtisoslashtirilgan maktab o‘quvchilari uchun mo‘ljallangan bo‘lib, ularda astronomiyaning chuqurlashtirilgan va kengaytirilgan mazmuni yoritilgan. Shuningdek, darslikdan o‘rin olgan «Kosmonavtika elementlari» ham ixtisoslashgan maktablar uchun mo‘ljallangan bo‘lib, unda o‘quvchilarga aeronavtikaga oid boshlang‘ich tushunchalar beriladi.

Taqrizchilar:

Sh.A. Egamberdiyev – O‘zR FA Astronomiya instituti direktori, fizika-matematika fanlari doktori, akademik;

S.P. Ilyasov – O‘zR FA Astronomiya instituti ilmiy ishlar bo‘yicha direktor muovini, fizika-matematika fanlari doktori;

Ch. Sherdanov – O‘zR FA Astronomiya instituti xodimi, fizika-matematika fanlari nomzodi;

B. Sattorova – Nizomiy nomidagi TDPU dotsenti, pedagogika fanlari nomzodi;

U. Alimuhammedova – Toshkent shahar Yunusobod tumani 9-umumiy o‘rta ta‘lim maktabi o‘qituvchisi;

E. Jumaniyozov – Toshkent shahar Sergeli tumani 8-umumiy o‘rta ta‘lim maktabi o‘qituvchisi.

M 23 **Astronomiya** [Matn]: Ta‘lim o‘zbek tilida olib boriladigan o‘rta ta‘lim muassasalarining 11-sinfi va o‘rta maxsus, kasb-hunar ta‘limi muassasalarining o‘quvchilari uchun darslik / M.Mamadazimov. – Toshkent: DAVR NASHRIYOTI, 2018. – 176 b.

UO‘K 52(075.3)
KBK 22.6ya72

Respublika maqsadli kitob jamg‘armasi mablag‘lari hisobidan chop etildi.

© M. Mamadazimov, 2018

ISBN 978-9943-5024-1-3

© «DAVR NASHRIYOTI» MCHJ, 2018

KIRISH

1-MAVZU.

1-§. Astronomiya nimani o'rganadi? Uning rivojlanish tarixi va boshqa fanlar bilan aloqasi

Koinotning bizga eng yaqin va uzoq obyektlarini, sistemalarining harakatlari va fizik tabiatlarini o'rganadigan fan *astronomiya* deb ataladi. Astronomiya yunoncha «*astron*» – yulduz, «*nomos*» – qonun degan so'zlardan tashkil topgan bo'lib, osmon jismlari, ularning kelib chiqishi va tuzilishi, harakatlari, fizik tabiatlari va evolutsiyalarini o'rganadigan fandır.

Astronomiya rivojining qisqacha tarixi. Astronomiya ham boshqa barcha fanlar singari jamiyatning amaliy ehtiyojlari asosida vujudga kelgan. Astronomiyaning kurtaklari Bobil, Misr, Markaziy Osiyo, Xitoy, Hindiston kabi mamlakatlarda bundan bir necha ming yil avval paydo bo'lgan.

Qadimda yunon astronomlari kuzatilgan astronomik hodisalarning kelib chiqish sabablarini tushuntirishga harakat qilganlar. Xususan, Pifagor Yerning sharsimon shaklda ekanligi haqida fikr bildirgan, Aristotel esa Olamning markazida harakatsiz Yer joylashgan degan geosentrik sistemaga asos solgan.

Aleksandriyalik Eratosfen mil. avv. III asrda birinchilardan bo'lib, Yer meridiani 1° li yoyining uzunligini va keyinchalik shu asosda planetamizning radiusini o'lchadi. Mashhur yunon olimi va faylasufi Gipparx yuzlab yulduzlarning koordinatalarini o'zida aks ettirgan birinchi yulduzlar katalogini (jadvalini) tuzdi. Milodning II asrida mashhur yunon astronomi Klavdiy Ptolemey «Megale sintaksis» (Buyuk tuzilish) nomli asarida yunon astronomiyasi yutuqlarini umimlashtirib, planetalarning ko'rinma-sirtmoqsimon harakatlarini tushuntira oladigan va asosida Aristotel-Gipparxlarning geo-



1-rasm. Aristotel (mil. avv. IV asr) Olam tuzilishini shunday tasavvur qilgan.

sentrik, ya'ni markazda Yer joylashgan degan nazariyasi yotgan Olam tuzilishi haqidagi yangi ta'limotni yaratdi (*I-rasm*).

Bu ta'limotga ko'ra, o'sha paytda ma'lum bo'lgan beshta planeta (Merkuriy, Venera, Mars, Yupiter va Saturn) Yer atrofida *episikl* deyiluvchi aylanalar bo'ylab, mazkur episikllarning markazlari esa *deferent* deyiluvchi katta aylanalar bo'ylab aylanadi. Garchi bu geosentrik nazariya Olam tuzilishining haqiqiy manzarasini aks ettirmagan bo'lsa-da, biroq u deyarli o'n besh asr davomida tan olinib kelindi.

IX–XV asrlarda Yaqin va O'rta Sharq hamda Markaziy Osiyo mamlakatlari yirik astronomik rasadxonalar qurildi. Ularda Al-Battoniy, Al-Xorazmiy, Al-Farg'oniy, Abu Mahmud Xo'jandiy, Abu al-Vafo Buzjoniy, Abdurahmon as-So'fiy va Ibn Yunus kabi mashhur ajdodlarimiz faoliyat ko'rsatdilar.

Xususan, Al-Battoniy yunon astronomiyasi erishgan yutuqlarni umumlashtirib, Oy harakatiga doir ba'zi ma'lumotlarni aniqladi. Al-Farg'oniyning «Astronomiya asoslari» nomli asari o'sha davr uchun astronomiyadan o'ziga xos ensiklopediya vazifasini o'tadi. Arab olimlari Oy va uning harakatlari to'g'risidagi kashfiyotlar, Yer meridiani uzunligini o'lchash bo'yicha ishlari bilan dunyoga tanildi. O'zbek olimi Beruniyning astronomiyaga oid 40 dan ortiq asari ma'lum bo'lib, ularda Quyosh, Oy va planetalar harakati, ularning tutilishi, kalendarlarga oid ko'plab ma'lumotlar keltirilgan.

XV asrda Sharq astronomiyasining yana bir buyuk namoyandasi Mirzo Ulug'bek Samarqandda dunyodagi eng yirik astronomik rasadxonani ishga tushirdi. Rasadxonaning bir necha o'n yillik faoliyati davomida Qozizoda Rumi, Jamshid Koshiy va Ali Qushchi kabi olimlardan iborat astronomiya maktabi shakllandi.

Astronomiyaning keyingi ravnaqi Yevropada bir qator olimlarning astronomiya sohasidagi muhim kashfiyotlari bilan bog'liq. Bu borada polshalik astronom Nikolay Kopernik, italiyalik olimlar Jordano Bruno va Galileo Galiley, nemis matematigi Iogann Kepler hamda ingliz fizigi Isaak Nyutonlarning ijodiy faoliyatlari, ayniqsa, barakali bo'ldi. XVI asrdan XX asrning boshlarigacha tabiatshunoslik yo'nalishida qilingan asosiy kashfiyot va qonuniyatlarning aksariyati yuqoridagi olimlarning nomlari bilan bog'liq.

XIX asr o'rtalarida spektral analizning kashf etilishi va astronomiyada fotografiyaning qo'llanishi natijasida astronomiyaning yangi ufqlari ochildi. Bu osmon jismlarining fizik tabiatlarini o'rganish borasida katta imkoniyatlarni vu-

judga keltirdi. Oqibatda, osmon jismlari va ular sistemalarining fizik tabiatlarini o'rganish bilan shug'ullanadigan yangi fan – *astrofizikaga* asos solindi.

Astronomiyaning boshqa fanlar bilan aloqasi. Astronomiya fani boshqa barcha fanlar bilan uzviy bog'langan. Astronomiyaning rivojida, ayniqsa, *fizika* va *matematika fanlarining* ahamiyati katta bo'lgan. Astronomiya ham, o'z navbatida, bu o'nyilliklarda erishgan yutuqlari bilan fizika va matematika fanlari taraqqiyotiga o'zining sezilarli hissasini qo'shib kelmoqda.

Fizika va matematika fanlarining ko'plab g'oya, nazariya va metodlari astronomik tadqiqotlarda sinovdan o'tib kelmoqda. Mexanika qonunlari, nisbiylik nazariyasining asosiy g'oyalari, kvant fizikasi, atom tuzilishi, yadroviy reaksiyalar, modda va nurlanishning o'zaro ta'sirlashuvi bilan bog'liq nazariyalar shular jumlasidandir.

Osmon jismlarining kimyoviy tarkibi, atmosferalarni tashkil etgan molekular birikmalar, Yerdagi hayotning paydo bo'lishi haqidagi masalalar astronomiyaning *kimyo va biologiya fanlari* bilan bog'lanishini namoyon qiladigan masalalardan hisoblanadi.

Astronomiyaning *metodologik, dunyoqarash va ekologik* jabhalaridagi talay masalalari esa uning *ijtimoiy va gumanitar fanlar* bilan aloqasini aks ettiradi. Astronomik hodisalar qayd etilgan qadimiy qo'lyozmalar asosida, tarixiy hodisalar va jarayonlarning aniq vaqtlari belgilangan hollar tarixda yetarlicha ko'p bo'lgan. Oxirgi yillarda astronomik tadqiqot asboblarning takomillashuvi va boshqarilishida *texnika va radioelektronika* alohida ahamiyat kasb etadi. Bularning hammasi astronomiyaning shakllanishi va taraqqiyotida uning boshqa fanlar bilan qanchalik uzviy hamkorlikda bo'lganiga muhim dalil bo'la oladi.

Savol va topshiriqlar:

1. Yerning sharsimon osmon jismi ekanligini birinchilardan bo'lib kim aniqlagan?
2. Yer radiusini qadimda kimlar birinchilardan bo'lib o'lchagan?
3. O'rta asrlarda astronomiya rivojiga katta hissa qo'shgan markaziy osiyolik va yevropalik olimlardan kimlarni bilasiz?
4. O'zbekiston hududidagi astronomik markaz o'rta asrlarda qayerda joylashgan edi?
5. Astronomiyaning boshqa fanlar bilan aloqasi haqida nimalar bilasiz?

2-MAVZU.

2-§. Yoritgichlarning sutkalik ko‘rinma harakatlari. Yulduz turkumlari

Yulduzlarning sutkalik ko‘rinma harakatlari. Bulutsiz tunda osmonda shoda-shoda yulduzlarni ko‘rib, undan zavq olmagan odam bo‘lmasa kerak. Garchi bir qarashda yulduzlarning son-sanog‘i yo‘qdek tuyulsa-da, aslida oddiy ko‘z bilan qaralganda, osmonning ma‘lum yarim sferasida ularning ko‘rinadigan soni 3000 dan ortmaydi. Agar tunda ma‘lum bir joydan turib yulduzlar bir necha soat davomida tinimsiz kuzatilsa, butun osmon sferasining yulduzlari kuzatuvchidan o‘tuvchi faraziy o‘q (u olam o‘qi deb yuritiladi) atrofida aylanayotganini ko‘rish mumkin. Bunday aylanish davomida ixtiyoriy yoritgich o‘z vaziyatini gorizont tomonlariga nisbatan o‘zgartirib boradi. Yulduzlar osmonining bunday ko‘rinma aylanish davri bir sutkani tashkil qiladi. Janub tomonga qarab turgan kuzatuvchiga yoritgichlar chapdan o‘ngga, ya‘ni soat strelkasi yo‘nalishida harakatlanayotgandek ko‘rinadi.

Agar kuzatuvchi ma‘lum vaqt davomida fotoapparat yordamida osmonning shimoliy qismini rasmga olsa, ma‘lum qism yulduzlar sharqdan chiqib, g‘arba



2-rasm. Qutb yulduzi atrofida yulduzlarning ko‘rinma aylanishi (bir necha soat davomida qutbga yo‘naltirilib o‘rnatilgan fotoapparat yordamida olingan).

ga botgani holda, botmaydiganlari – ma‘lum qo‘zg‘almas nuqta atrofida konsentrik aylanalar (markazi bir nuqtada bo‘lgan aylanalar) chizayotganini ko‘radi. Aslida bunday hodisa Yerning o‘z o‘qi atrofida aylanishi tufayli sodir bo‘ladi (2-rasm).

Qadim Sharqda kishilar yoritgichlarga qarab mo‘ljal olish uchun osmonning ma‘lum qismida joylashgan yorug‘ yulduzlarni alohida to‘dalarga ajratib, ularga *yulduz turkumlari* deb nom berganlar. Yulduz turkumlarini hayvonlar yoki jonivorlar (Katta Ayiq, Oqqush, Arslon, Ajdaho, Kit), yunon afsonalarining qahramonlari (Kassiopeya, Andromeda, Pegas va boshqalar) va ba‘zan uning yorug‘ yulduzlari birgalikda qaralganda eslatadigan geometrik shakl yoki buyumlarning nomlari (Uchburchak, Tarozi, Cho‘mich) bilan ataganlar.

Bugungi kunda osmon sferasi 88 qismga, ya'ni yulduz turkumiga bo'lingan. Ma'lum yulduz turkumiga kiruvchi bir necha yorug' yulduzlar shu turkumga yoki ba'zan qo'shni yulduz turkumiga kiruvchi xira yulduzlarni topishda yaxshi mo'ljallab bo'lib xizmat qiladi.

Osmonda ma'lum yulduz turkumini yoki yulduzni topish uchun, dastlab yulduz xaritalari va atlaslari bilan yaxshi tanishish, so'ngra ular yordamida ancha mashq qilish zarur bo'ladi.

Quyosh, Oy va planetalarning sutkalik ko'rinma harakatlari ham sharqdan g'arbga tomon kuzatilib, yulduzlardan farqli o'laroq, ularning chiqish va botish nuqtalari hamda maksimal balandliklari kun sayin o'zgarib boradi.

Xususan, Quyosh Navro'zda (21-martda) aniq sharq nuqtasidan ko'tarilib, aniq g'arbda botgani holda, keyin uning chiqish va botish nuqtalari shimol tomonga siljib boradi. Bunday hol 22-iyungacha davom etib, so'ngra chiqish va botish nuqtalari, aksincha, gorizontning janub tomoniga siljiydi. Bu davrda Quyoshning tush paytidagi balandligi pasaya borib, kunduz qisqaradi, tun esa, aksincha, uzayadi.

Planetamizning yo'ldoshi Oy ham sutkalik ko'rinma harakatda ishtirok etib, sharqdan g'arbga, yulduzlar bilan birga siljib boradi. Biroq bir necha tun davomida kuzatishlardan oq, Oyni yulduzlarga nisbatan Yer atrofida *haqiqiy harakatlanishini* ham sezish mumkin. Bunday harakat tufayli Oy, yulduzlar fonida g'arbdan sharqqa tomon har sutkada taxminan 13° dan siljib borib, Yer atrofida 27,32 sutkada bir marta to'la aylanib chiqadi.

Quyoshning bir necha oy davomida sistemali kuzatilishi uning ham Oy kabi yulduzlarga nisbatan g'arbdan sharqqa siljib borishini ma'lum qiladi. Quyoshning bunday *ko'rinma harakati* tufayli sutkalik siljishi Oynikiga nisbatan juda kichik bo'lib, atigi bir gradusga yaqin yoyni tashkil qiladi va bir yilda bir marta to'la aylanib chiqadi. Quyoshning bunday harakati *Yerning Quyosh atrofida haqiqiy yillik harakati* tufayli sodir bo'ladi.

3-§. Yerning o'z o'qi atrofida aylanishiga dalillar *. **Fuko mayatnigi**

Tunda osmonga sinchiklab qarab, oddiy hisoblash yordamida yulduzlarning har soatda sharqdan g'arbga tomon 15° ga siljishi oson topiladi. 360° ni 15° ga bo'lsak, 24 soat chiqadi. Demak, barcha yulduzlar 24 soatda, ya'ni bir sutkada



3-rasm. Yerning o'z o'qi atrofida aylanishini ko'rsatuvchi Fuko mayatnigi.

Yer atrofida bir marta to'la aylanib chiqishi ma'lum bo'ladi. Yulduzlarning Yer atrofida bunday sutkalik ko'rinma aylanishi aslida bir sutkada Yerning o'z o'qi atrofida g'arbdan sharqqa tomon bir to'la aylanishi tufaylidir. Yerning o'z o'qi atrofida aylanishi quyidagi tajribalarda tasdiqlangan.

Yer qutblaridan birining tepasiga matematik mayatnik osilib (bunda mayatnik sharchasi o'rniga tubida kichik teshigi bor chelakcha olinib, u qumga to'ldirilgan bo'lsin), u tebrantirib yuborilsa (bunday mayatnik *Fuko mayatnigi* deyiladi), chelakdan to'kilgan qum uning ostida tebranish tekisligi bo'ylab, bir to'g'ri chiziq yo'nalishida (tebranish tekisligida yotuvchi) sepilmay, balki qum sepiladigan chiziq (ya'ni tebranish tekisligi) vaqt o'tishi bilan ma-

yatnik tinch turganda yo'nalgan Yerdagi nuqta atrofida soat strelkasi harakati yo'nalishida burilib borishini ko'ramiz.

Bu Yerning o'z o'qi atrofida aylanishidan darak beradi. Chunki osilgan nuqta har qancha burilganda ham, mayatnik o'z tebranish tekisligini o'zgartirmasligi aniq. Binobarin, uning ostida sepilgan qumning izi vaqt o'tishi bilan vertikal burchaklar sektorlari yuzasini qoplab borishi faqat Yer aylana-yotganidan darak beradi. Parijdagi soborda osilgan uzunligi 60 metrli Fuko mayatnigi yordamida Yerning o'z o'qi atrofida aylanishi aynan shu yo'l bilan namoyish qilinadi (*3-rasm*). Shuningdek, ma'lum balandlikdan tashlangan tosh ham yerda uning radiusi bo'ylab tushmay, sharq tomon siljib tushadi. Bu tajriba ham Yerning o'z o'qi atrofida aylanishiga dalil bo'ladi.

4-§. Osmon sferasi, uning asosiy nuqta, aylana va chiziqlari

Osmon yoritgichlarining ko'rinma vaziyatlari va harakatlarini o'rganish uchun kuzatish paytida ularning o'rinlarini aniqlash zarur bo'ladi. Buning uchun yoritgichlarning osmondagi vaziyatlarini ma'lum yo'nalishlarga nisbatan o'rga-

[illegible]

Sferaning bu nuqtalarini tutashtiruvchi to'g'ri chiziq *vertikal chiziq* deyiladi.

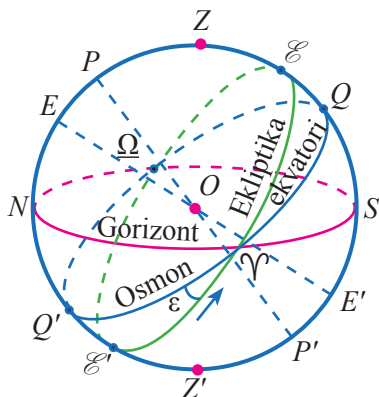
Yer o'qi davomlarining osmon sferasi bilan kesishgan nuqtalari *olam qutblari* deyiladi. Yer shimoliy qutbi davomining osmon sferasi bilan kesishgan nuqtasi *olamning shimoliy qutbi P*, janubiy qutbi davomining sfera bilan kesishgan nuqtasi esa *olamning janubiy qutbi P'* deyiladi. Olam qutblarini tutashtiruvchi o'qni *olam o'qi* deb yuritiladi. Osmon sferasining markazidan o'tib, olam o'qiga tik tekislik bilan kesishishidan hosil bo'lgan katta aylana *osmon ekvatori* deyiladi. Osmon ekvatori Yer ekvatori bilan bir tekislikda yotadi. Osmon ekvatori tekisli-

giga parallel tekisliklar bilan sferaning kesishishidan hosil bo'lgan aylanalar *sutkalik parallellar* deyiladi. Olam o'qi orqali o'tuvchi tekisliklar bilan osmon sferasi kesishishidan hosil bo'lgan katta aylanalar esa *og'ish aylanalari* deb ataladi.

Olam qutblari, zenit va nadir nuqtalaridan o'tuvchi katta aylana *osmon meridiani* deyiladi. Uning matematik gorizont bilan kesishgan nuqtalari gorizontning *Shimol* (*N*, olamning shimoliy qutbiga yaqini) va *Janub* (*S*, olamning janubiy qutbiga yaqini) *nuqtalari* deb ataladi. Osmon ekvatorining matematik gorizont bilan kesishgan nuqtalari *Sharq* (*E*) va *G'arb* (*W*) *nuqtalari* deyiladi. Shimol va Janub nuqtalarini tutashtiruvchi to'g'ri chiziqli kesmasi *tush chizig'i* deb yuritiladi.

5-§. Quyoshning yillik ko'rinma harakati. Ekliptika

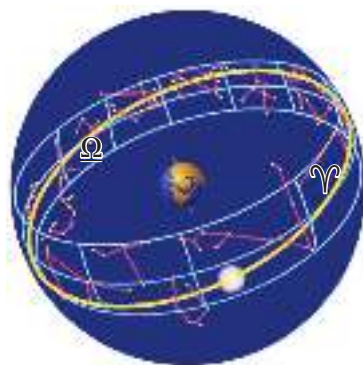
Quyoshning yulduzlar oralab g'arbdan sharqqa tomon ko'rinma (haqiqiy emas) siljishi juda qadimdan ma'lum. Bu siljish har sutkada salkam 1° ga teng. Quyoshning bu yillik ko'rinma yo'li katta aylana bo'lib, u *ekliptika* deb yuritiladi. Yil davomida, sistemali ravishda, tush paytida ma'lum bir joydan turib Quyoshning zenitdan uzoqligini o'lchash, uning osmon ekvatoridan og'ishi $+23^\circ26'$ dan $-23^\circ26'$ ga qadar o'zgarishini ko'rsatadi. Bundan ekliptika tekisligining osmon ekvatoriga og'maligi $\varepsilon=23^\circ26'$ ga teng ekanligi ma'lum



5-rasm. Quyoshning yillik ko'rinma harakati. Ekliptika (ε – ekliptika va osmon ekvatori hosil qilgan burchagi).

bo'ladi (5-rasm). Ekliptikaning o'ziga xos to'rtta asosiy nuqtasi bo'lib, ulardan ikkitasi uning osmon ekvatori bilan kesishgan nuqtalarini, qolgan ikkitasi esa osmon ekvatoridan eng katta og'ishga ega bo'lgan nuqtalarini ifodalaydi. Uning ekvator bilan kesishgan nuqtalaridan biri (Quyosh osmonining janubiy yarimsharidan shimoliy yarimshariga kesib o'tayotganda hosil bo'lgani) *bahorgi tengkunlik nuqtasi* (γ) deyilib, Quyosh undan 21-mart kuni o'tadi. Ikkinchisi esa *kuzgi tengkunlik nuqtasi* (Ω) deyilib, Quyosh u nuqtadan 23-sentabr kuni o'tadi. Ekliptikaning, osmonning shimoliy yarimsharida eng katta og'ishga ($+23^\circ26'$) ega bo'lgan nuqtasi (\mathcal{E}) *yozgi quyoshturishi* deyilib, bu nuqtadan

Quyosh 22-iyunda o'tadi. Janubiy yarimsharda ekliptikaning eng katta og'ishga ($-23^{\circ}26'$) ega bo'lgan nuqtasi esa *qishki quyoshturishi* (\mathcal{E}') nuqtasi deyilib, Quyosh undan har doim 22-dekabrda o'tadi. Quyoshning yillik ko'rinma harakat yo'li bo'ylab joylashgan yulduz turkumlarining sohasi *zodiak soha* deyiladi. Bu sohada joylashgan 12 yulduz turkumi *Hut, Hamal, Savr, Javzo, Saraton, Asad, Sunbula, Mezon, Aqrab, Qavs, Jaddi, Dalv* nomlari bilan yuritiladi (6-rasm). Quyoshning yulduzlar fonida yillik ko'rinma harakat qilishi aslida Yerning Quyosh atrofida yillik *haqiqiy* harakati tufayli sodir bo'ladi. Shuning uchun ham Quyoshning yillik ko'rinma harakati tekisligi Yerning orbita tekisligi bilan ustma-ust tushadi. Binobarin, ekliptikaning osmon ekvatoriga og'maligi ham Yer ekvatorining o'z orbita tekisligiga og'maligi bilan bir xil ($23^{\circ}26'$) bo'ladi.



6-rasm. Ekliptika tekisligi bo'ylab joylashgan yulduz turkumlari – zodiak soha.

Savol va topshiriqlar:

1. Yulduzlar osmonining sharqdan g'arbga aylanishining sababi nimada?
2. Quyosh va Oyning Yer atrofida sharqdan g'arbga tomon harakatlari haqiqiy harakatmi?
3. Yerning o'z o'qi atrofida aylanishi qanday isbotlanadi?
4. Osmon sferasining nuqta, chiziq va aylanalarini osmon sferasining modelida ko'rsating.
5. Ekliptika tekisligi osmon ekvatoriga qanday burchak ostida og'gan?
6. Ekliptikaning asosiy nuqtalari (bahorgi va kuzgi tengkunlik nuqtalari, qishki va yozgi quyoshturishi nuqtalari)ni ta'riflang.

3-MAVZU. 6-§. Osmon koordinatalari

Osmon koordinatalarini o'rganishda, geografiya kursidan bizga tanish bo'lgan, Yer sirtida aholi punktlarining koordinatalari uchun hisob boshi qilib Buyuk Britaniyaning Grinvich shahridan o'tgan Yer meridianining ekvator bilan kesishgan nuqtasi olinganini eslaylik (7-rasm). Unda Toshkent shahrining

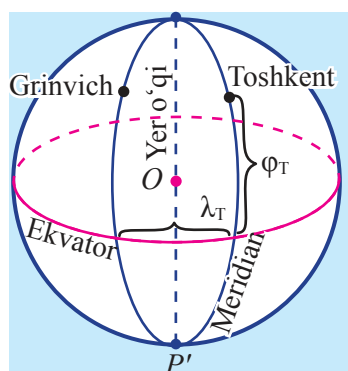
koordinatalari – geografik uzunlama – λ_T va φ_T kenglamasini belgilashda barchamizga ma’lum bo’lgan geografik koordinatalarni esga tushiramiz. Osmonning ekvatorial koordinatalar sistemasida ham Yerdagi kabi yoritgichlarning o’rni ikkita – to’g’ri chiqish α (alfa) va og’ish δ (delta) deb ataluvchi koordinatalar bilan belgilanadi.

Bunda, shartli ravishda, hisob boshi qilib ekliptika bilan osmon ekvatorining kesishgan – bahorgi tengkunlik nuqtasi – Υ olinadi (8-a, b rasmlar).

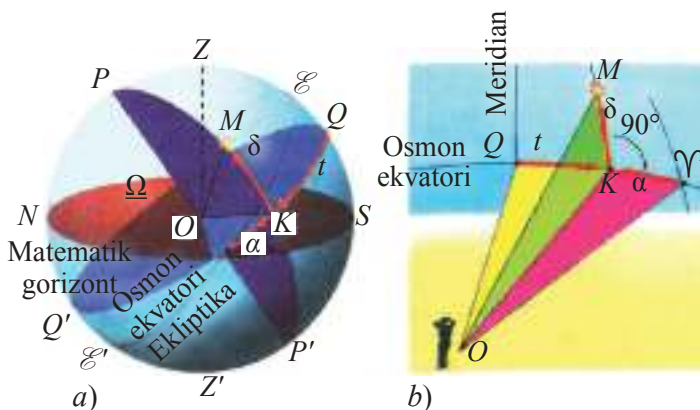
Ixtiyoriy M yoritgichning to’g’ri chiqishini topish uchun undan yarim og’ish aylanasi o’tkazilib, uning osmon ekvatori bilan kesishgan nuqtasi K topiladi. K nuqtaning bahorgi tengkunlik nuqtasidan yoy uzoqligi M yoritgichning to’g’ri chiqishini xarakterlaydi, ya’ni: $\alpha = \Upsilon K$. Bu yoy sfera markazi (O) dagi kuzatuvchi uchun markaziy $\angle \Upsilon OK$ burchak bilan o’lchanadi.

M yoritgichning ikkinchi koordinatasi, ya’ni og’ishi (δ) esa, K nuqtadan og’ish aylanasi bo’ylab yoritgichgacha bo’lgan yoy (KM) bilan o’lchanadi (8-a, b rasmlar). Markazdagi kuzatuvchi uchun bu yoy unga tiralgan markaziy burchak, ya’ni $\delta = \angle KOM$ tekis burchak bilan topiladi.

Yoritgichning to’g’ri chiqishi, odatda, osmonning sutkalik ko’rinma aylanishiga qarama-qarshi yo’nalishda o’lchanib, soat, minut, sekundlarda ifodalanadi. O’lchanish chegarasi 0 soatdan 24 soatgacha bo’ladi. Yoritgichlarning og’ishi esa yoy graduslari, minutlari va sekundlarida o’lchanib, 0 gradusdan $\pm 90^\circ$ gacha (minus ishorasi janubiy yarimshardagi yoritgichlar uchun) o’lchanadi. Yulduz xaritalarini tuzishda aynan shu koordinatalar asos qilib olinadi.



7-rasm. Geografik koordinatalar sistemasi.



8-rasm. Ekvatorial koordinatalar sistemasi.

Ekvatorial koordinatalar sistemasida yoritgichlarning koordinatalaridan yana biri *soat burchagi* (t) deyilib, osmon meridianining janubiy qismi bilan osmon ekvatorining kesishgan nuqtasi Q dan to yoritgichdan o'tgan og'ish aylanasi bilan kesishgan nuqtasi K gacha bo'lgan yoy \widehat{QK} yoki markaziy burchak $\angle QOK$ bilan o'lchanadi. Yoritgichning soat burchagi t ham soat, minut va sekundlarda o'lchanadi (δ -a, b rasmlar). O'lchanish chegarasi 0 soatdan ± 12 soatgacha (minus ishorasi – osmonning sutkalik aylanishiga qarama-qarshi yo'nalishda o'lchanganda) yoki ba'zan 0 soatdan 24 soatgacha bo'ladi. Vaqt bo'yicha soatlar, minutlar va sekundlarda ifodalangan ma'lum burchakni (yoxud yoyni) yoy graduslari, minutlari va sekundlariga (yoki aksincha) o'tkazishda ushbu *1-jadval*dan foydalaniladi.

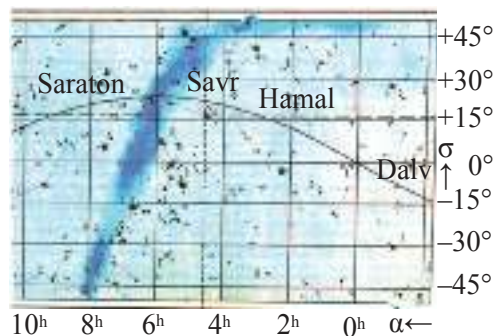
1-jadval

Yoy o'lchamida	360°	15°	1°	15'	1'	15''
Vaqt o'lchamida	24 ^h	1 ^h	4 ^m	1 ^m	4 ^s	1 ^s

7-§. Yulduzlarning xaritalari

Yulduzlarning xaritalari ham geografik xaritalar kabi ko'pincha yulduzlarning tekislikdagi proyeksiyasi ko'rinishida ishlanadi. Bunday xaritalardan biri *9-rasmda* keltirilgan.

Unda yulduzlarning α – to'g'ri chiqish va δ – og'ish yoylari o'zaro perpendikular koordinata o'qlarida aks ettirilgan. Xaritada keltirilgan M yulduzning koordinatalarini topish uchun bu yulduzdan osmon ekvatorini ifodalovchi chiziqqa (abssissa o'qi) perpendikular qilib o'tkazilgan og'ish aylanasi yoyini ifodalovchi chiziqning (chizmada vertikal chiziq) α o'qi bilan kesishgan nuqtasidan mazkur yulduzning to'g'ri chiqishi olinadi. M yulduzning δ og'ishi undan o'tgan sutkalik parallel yoyini ifodalovchi chiziqning (chizmada gorizontal chiziq) δ o'qi (o'ng tomonda darajalangan o'q)



9-rasm. Yulduz xaritasi.

bilan kesishgan nuqtasidan olinadi. Unda xaritada M yulduzning shunday yo‘l bilan topilgan koordinatalari: $\alpha \approx 4^{\text{h}}35^{\text{m}}$, $\delta \approx +16^\circ$ ekanligi ko‘rinib turibdi.

8-§. Yulduzlarning ko‘rinma yulduz kattaliklari *

Yulduzlar Koinotning nisbatan keng tarqalgan obyektlaridan hisoblanadi. Shu bois ularning fizik tabiatini o‘rganish astronomiyada muhim masalalardan sanaladi. Yulduzlarning ko‘rinma ravshanliklarini (yarqiroqlik darajasini) bir-birlaridan farqlash uchun astronomiyada *yulduz kattaligi* degan tushuncha qabul qilingan. Yoritgichning yoritilganligi undan Yergacha yetib kelgan yoritilganliklari bo‘lib, u yoritgich umumiy nurlanishining arziyas qisminigina tashkil etadi.

Ma’lumki, yoritgichlarning ko‘rinma nurlanish intensivliklari, ularning nurlanishini qayd qiluvchi qurilmalarda (ko‘z, fotoplastinka, fotoelement va boshqalar) hosil qilgan *yoritilganliklariga* ko‘ra aniqlanadi. Astronomiyada yoritgichlarning yarqiroqligi fizikadagi kabi yoritilganlik birliklarida (lukslarda) emas, balki *yulduz kattaliklari* deb ataluvchi nisbiy birliklarda ifodalanadi va m harfi bilan belgilanadi.

Shuni eslatish joizki, yulduz kattaliklarining shkalasi m : -5^{m} , -4^{m} , -3^{m} , -2^{m} , -1^{m} , 0^{m} , 1^{m} , 2^{m} , 3^{m} , 4^{m} , 5^{m} , ... ketma-ketlik ko‘rinishida ifodalanib, u ortgan sayin yulduzdan Yergacha kelgan intensivlik (yoritilganlik) kamayib boradi.

Yulduzlarning yarqiroqligini yulduz kattaliklarida belgilashni miloddan avvalgi II asrda inson ko‘zining nurga sezgiriligiga tayangan holda yunon astronomi Gipparx boshlab bergan. U qabul qilgan shkalaga ko‘ra, bir-biridan 1 yulduz kattaligiga farq qilgan yulduzlar ravshanliklarining farqi taxminan 2,5 martaga to‘g‘ri kelgan.

Ayni paytda, yulduz kattaliklarini belgilash ilmiy asosda, ya’ni inson ko‘zi sezgiriligining psixofiziologik qonunlariga amal qilgan holda qabul qilingan. Buning uchun ravshanliklari bir-biridan 100 martaga farq qiluvchi ikki yulduzning yulduz kattaliklarining farqi, shartli ravishda, besh yulduz kattaligiga teng deb qabul qilingan. Yulduz kattaliklarining bu farqi besh yulduz kattaligi intervali uchun qabul qilinganidan, bir yulduz kattaligiga to‘g‘ri kelgan ikki yulduz ravshanliklari yoki yarqiroqliklarining farqi $\sqrt[5]{100} = 2,512$ ga teng bo‘ladi. Agar eslatilgan bu ikki yulduzning ko‘rinma yulduz kattaliklari, mos ravishda, m_1 va m_2 , ularning ko‘rinma yarqiroqliklarini ifodalovchi yoritilganliklari E_1 va E_2 bo‘lsa, u holda $E_1 = 100E_2$ bo‘lganidan $m_2 - m_1 = 5$ bo‘ladi. Binobarin, bu ikki

yulduz yoritilganliklarining nisbati, ularning ko‘rinma yulduz kattaliklarining farqi bilan quyidagicha bog‘lanadi:

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

yoki bu tenglikning har ikkala tomonini logarifmlab:

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

ifodaga ega bo‘lamiz. Bu ifoda *Pogson formulasi* deb yuritiladi.

Xulosa qilib aytganda, yulduz kattaliklarining shkalasi deb, kuzatiladigan yoritgichlar yoritilganliklarini solishtiradigan logarifmik shkalaga aytiladi.

Odamning normal ko‘zi 6-kattalikkacha bo‘lgan yulduzlarni ko‘radi. Ravshan yulduzlardan Vengning (Lira yulduz turkumining eng yorug‘ yulduzi) yulduz kattaligi +0,04^m ni, Veneraniki –4,4^m (eng ravshan paytida)ni, to‘liqni –12,5^m ni, Quyoshniki esa –26,7^m ni tashkil etadi. Hozirgi zamon teleskoplari ko‘zimiz ko‘radigan xira yulduzlardan 100 mln. martagacha xira bo‘lgan (yulduz kattaligi +24^m, +25^m) yulduzlarni ko‘ra oladi.

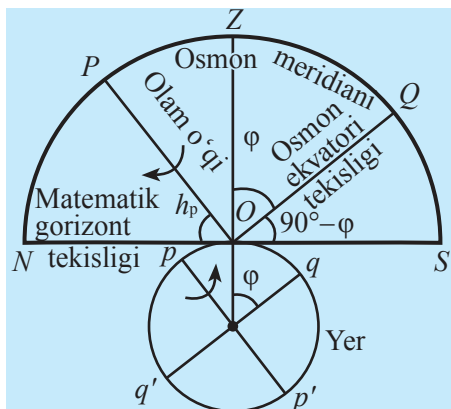
Savol va topshiriqlar:

1. Berilgan yulduzlar xaritasida vertikal chiziqlar osmon sferasidagi qanday aylanalarning yoylarini ifodalaydi? Gorizontall chiziqlar-chi?
2. Osmonning ekvatorial koordinatalari bo‘yicha yoritgichlarning to‘g‘ri chiqishi (α) va og‘ishi (δ) qanday o‘lchanishini chizmadan tushuntiring.
3. Yoritgichning soat burchagi (t) qanday koordinata va u qanday o‘lchanadi?
4. Yulduzlarning ko‘rinma kattaliklari va ularning yoritilganliklari orasidagi munosabat qanday nom bilan ataladi?
5. Pogson formulasini tushuntiring.

4-MAVZU.

9-§. Olam qutbining balandligi va joyning geografik kenglamasi orasidagi bog‘lanish

Yer sharining istalgan nuqtasidan kuzatilganda olam qutbining matematik gorizontdan balandligi h_p , shu joyning geografik kenglamasi φ ga teng bo‘ladi.



10-rasm. Olam qutbining balandligi va kuzatish joyining kengligi orasidagi bog‘lanish.

Bu hol quyidagicha isbot qilinadi: 10-rasmdan ko‘rinishicha, osmon meridiani bo‘ylab zenitdan ekvator tekisligigacha bo‘lgan yoy uzunligi – ZQ , Yer sirtidagi kuzatuvchi turgan O nuqta geografik kenglamasining yoyi $qO = \varphi$ bilan bir xil qiymatli markaziy tekis burchak ($\angle QOZ$) ni tashkil qiladi. Olam qutbining balandligini xarakterlovchi yoy – NP ga tiralgan burchak NOP va eslatilgan QOZ tekis burchakning mos tomonlari o‘zaro perpendikular ekanligini ko‘rish qiyin emas, ya’ni $ON \perp OZ$ va $OP \perp OQ$. Binobarin, mos tomonlari o‘zaro perpendikular bo‘lgan burchaklarning o‘zaro tengligidan $\angle NOP = \angle QOZ$ bo‘ladi. Biroq

$\angle NOP = h_p$, $\angle QOZ = \varphi$. Shunga ko‘ra: $h_p = \varphi$ bo‘ladi.

10-§. Turli geografik kenglamalarda osmon sferasining sutkalik ko‘rinma aylanishlari

Osmon sferasining *sutkalik ko‘rinma aylanishi* Yerning o‘z o‘qi atrofida aylanishining natijasi ekanligidan, turli geografik kenglamalarda osmon yoritgichlarining gorizontga nisbatan ko‘rinma aylanishi turlicha bo‘lishini tushunish qiyin emas. Tanlab olingan uch xil geografik kenglamada yulduzlar osmonining sutkalik ko‘rinma aylanishlarini o‘rganish, bu hodisaning turli kenglamalarda qanday kechishi haqida yetarli tushuncha bera oladi.

1-hol. Kuzatuvchi $\varphi = 0^\circ$ geografik kenglamada, ya’ni ekvatorida bo‘lsin, u holda olam qutbining balandligi bilan joyning kengligi orasidagi bog‘lanishga muvofiq, olamning qutblari matematik gorizont bilan ustma-ust tushadi (chunki $h_p = \varphi = 0$), olam o‘qi esa tush chizig‘i bo‘ylab yo‘naladi (11-a rasm).

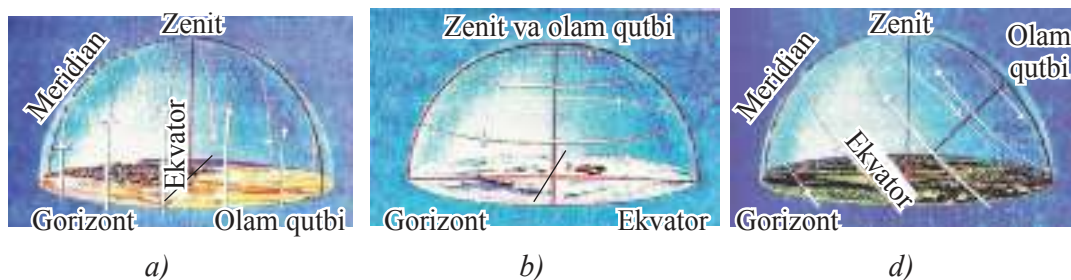
Osmon ekvatorining tekisligi olam o‘qiga tik bo‘lganidan, ekvator aylanasi zenit va nadir nuqtalari orqali o‘tadi. U holda yoritgichlarning sutkalik yo‘llari ekvatorga parallel bo‘lgan – *sutkalik parallellar* bo‘ylab yo‘nalganidan ular ham matematik gorizontga tik joylashadi va u bilan teng ikkiga bo‘linadi.

Bundan ko‘rinishicha, ekvatoridagi kuzatuvchi uchun osmonning shimoliy va janubiy yarimsharlardagi barcha yoritgichlarning gorizont ustida va ostida bo‘lish vaqtlari o‘zaro teng bo‘ladi. Ularning meridiandagi balandliklari $h=90^{\circ}-|\delta|$ ifodadan topiladi. Ekvatoridagi kuzatuvchi uchun barcha yoritgichlar chiqadi va botadi. Agar yoritgich ekvator bo‘ylab sutkalik ko‘rinma harakat qilayotgan bo‘lsa (ya’ni $\delta=0$ bo‘lsa), u zenit orqali o‘tadi.

Quyoshning ma’lum kunga tegishli sutkalik harakatini aniqlash uchun esa dastlab berilgan kun uchun Quyoshning ekliptikadagi o‘rni topiladi va topilgan nuqtadan olam ekvatori tekisligiga parallel tekislikda yotuvchi sutkalik parallel aylanasi o‘tkaziladi. Quyoshning berilgan kundagi ko‘rinma harakati aynan shu aylana bo‘ylab kuzatiladi.

Ayrim xarakterli kunlarda ekvatoridagi kuzatuvchi uchun Quyoshning gorizontga nisbatan sutkalik ko‘rinma harakati qanday kechishini ko‘raylik. 22-dekabr kuni qishki quyoshturishi nuqtasi orqali o‘tkazilgan sutkalik paralleldan ko‘rinadiki, bu kuni Quyosh osmonning janubiy yarimsharida Sharq nuqtasidan $23^{\circ}26'$ ga teng yoy masofada matematik gorizontga tik chiqadi. Quyoshning meridiandagi balandligi $h=90^{\circ}-23^{\circ}26'=66^{\circ}34'$ ni tashkil qiladi. Quyoshning 21-mart va 23-sentabr kunlaridagi sutkalik yo‘li esa ekvator bo‘ylab kuzatiladi. Bu kunlari tush paytida Quyosh zenitdan o‘tadi. 22-iyunda Quyoshning sutkalik yo‘li shimoliy yarimsharda olam ekvatoridan $23^{\circ}26'$ yoy masofadan o‘tuvchi sutkalik parallel bo‘ylab kuzatiladi. Tush paytida Quyosh, 22-dekabrda kabi, matematik gorizontdan $66^{\circ}34'$ balandda bo‘ladi (*12-rasm*). Shunday qilib, ekvatorida to‘rt fasl o‘rniga asosan ikki fasl – bizda kuz va bahor paytlari bo‘lganda – eng issiq davr, yoz va qish paytlarida esa mo‘tadil, salqin davr kuzatiladi. Bu yerda yil davomida kunduzi bilan kechasi teng bo‘ladi.

2-hol. $\varphi=\pm 90^{\circ}$, ya’ni kuzatuvchi Yer qutblarida bo‘lsin. Agar kuzatuvchi Yerning shimoliy qutbida bo‘lsa, olam shimoliy qutbining balandligi $hp=\varphi=90^{\circ}$ bo‘lib, u zenit bilan ustma-ust tushadi (*11-b rasm*). U holda olam o‘qi vertikal o‘q bilan, olam ekvatori esa matematik gorizont bilan ustma-ust tushadi. Bunda osmonning shimoliy yarimsharidagi barcha yulduzlar matematik gorizontga parallel holda aylanadi va botmaydi. Ularning aylanish balandliklari yil davomida o‘zgarmas bo‘lib, shu yoritgichlarning og‘ish burchaklariga (δ) teng bo‘ladi. Osmonning janubiy yarimsharidagi yoritgichlar esa, aksincha, butunlay chiqmay, gorizont ostida unga parallel harakatlanadi.



*11-rasm. Turli kengliklarda yulduzlar osmonining sutkalik ko‘rinma aylanishi:
a) Yer ekvatorida; b) Yerning qutbida; d) o‘rta geografik kengliklarda.*

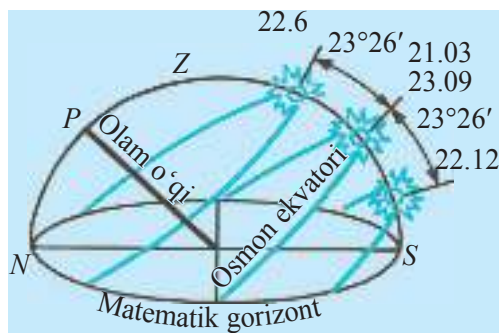
Quyoshning sutkalik harakati Yer qutbida juda qiziq manzara kasb etib, har sutkada chiqib botmaydi. Ekliptika bu yerda matematik gorizont bilan teng ikkiga bo‘linganidan Quyosh qutbdagi kuzatuvchi uchun 21-mart kuni chiqadi va spiral bo‘ylab aylanib, har kuni qariyb chorak gradusdan ko‘tarilib boradi. 22-iyunda Quyoshning balandligi maksimumga erishib, $h_0 = \delta_0 = 23^\circ 26'$ ga yetadi. Shundan so‘ng Quyosh, botmagan holda, spiral bo‘ylab balandligini pasaytirib boradi va, nihoyat, 23-sentabr kuni botadi va to kelgusi yilning 21-martiga qadar chiqmaydi. Agar kuzatuvchi Yerning janubiy qutbida bo‘lsa, Quyosh 6 oygacha – 21-martdan 23-sentabrgacha chiqmaydi (*12-rasm*).

3-hol. $0 < \varphi < 90^\circ$, ya’ni kuzatuvchi Yer ekvatori va qutbidan boshqa nuqtalarda (o‘rta kengliklarda) bo‘lsin (*11-d rasm*). Bu joylarda sutkalik parallel aylanalari matematik gorizont bilan kesishmasligi yoki kesishgach, teng ikkiga bo‘linmasligi mumkin. Osmon ekvatori bundan mustasno. Shimoliy yarimsharda harakatlanayotgan yoritgichlar sutkalik parallel aylanalarining gorizont ustidagi qismi gorizont ostidagi qismidan katta bo‘ladi. Bu farq yoritgichning og‘ish burchagi δ ga bog‘liq bo‘lib, u qancha katta bo‘lsa, farq ham shuncha ko‘p bo‘ladi.

Janubiy yarimshardagi yoritgichlar sutkalik aylanalarining gorizont ostidagi qismlari esa, aksincha, ustidagisidan katta, boshqacha aytganda, yoritgichlar gorizont ostida uning ustidagiga qaraganda ko‘proq vaqt bo‘ladi. Shuningdek, bu joylarda, ya’ni osmonning har ikkala – shimoliy va janubiy yarimsharlarida ham sutkalik yo‘llari matematik gorizont bilan kesishmaydigan yoritgichlar mavjud bo‘lib, ular, mos ravishda, sutkalik harakatlari davomida butunlay botmaydi yoki, aksincha, chiqmaydi. Ular osmonning qanchalik katta yoki kichik maydonini egallashi kuzatuvchi turgan joyning geografik kengligiga bog‘liq. Rasmga qarab chiqmaydigan va botmaydigan yoritgichlarning og‘ishi uchun quyidagi

munosabatni keltirib chiqarish mumkin: $\delta > 90^\circ - \varphi$, shimoliy yarimshardagi botmaydigan yoritgichlar uchun; $|\delta| > 90^\circ - \varphi$, janubiy yarimshardagi chiqmaydigan yoritgichlar uchun.

Bunday kengliklarda Quyoshning sutkalik yo'li u shimoliy yarimsharda bo'lganda (ya'ni 21-martdan to 23-sentabrga qadar), kunduz tundan uzun, janubiy yarimsharda bo'lganda esa (ya'ni 23-sentabrdan to kelgusi yilning 21-martiga qadar) tuni kunduzidan uzun ekani kuza-tiladi. Agar joyning geografik kenglamasi qutb aylanasi- dan shimolda (ya'ni $66^\circ 34'$ dan katta) bo'lsa, bunday joylarda 22-iyunga yaqin bir necha kun yoki bir necha oy davomida Quyoshning botmasligini, 22-dekabr atrofida- gi kunlarda esa chiqmasligini kuzatish mumkin (12-rasm).



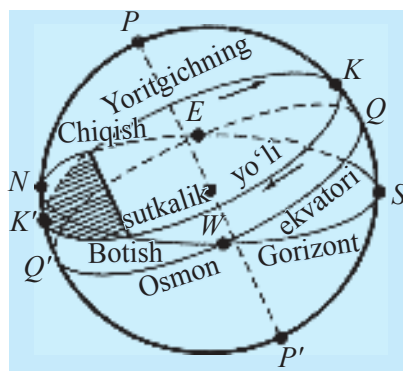
12-rasm. Yil davomida, tush paytida Quyosh balandligining o'zgarishi.

11-§. Yoritgichlarning kulminatsiyasi va kulminatsiya balandliklari

Yoritgichlarning sutkalik ko'rinma harakatlari paytida osmon meridianini kesib o'tish hodisasi ularning *kulminatsiyalari* deyiladi. Ixtiyoriy yoritgich bunday harakat tufayli har sutkada osmon meridianini ikki marta kesib o'tadi, binobarin, ikki marta kulminatsiyada bo'ladi. Bu ikki kulminatsiyadan zenitga yaqini (K) *yuqori kulminatsiya*, ikkinchisi esa (K') *quyi kulminatsiya* deb ataladi (13-rasm).

Kulminatsiya paytida yoritgichning balandligi kuzatish joyining geografik kengligi (φ) va yoritgichning og'ishiga (δ) bog'liq bo'ladi.

K yoritgichning yuqori kulminatsiyasi paytidagi balandligi SK yoy bilan o'lchanib, u $h_y = \widehat{SK} = \widehat{SQ} + \widehat{QK}$ bo'ladi. \widehat{SQ} – osmon ekvatori te-



13-rasm. Yoritgichlarning kulminatsiya hodisasi.

kisligining gorizont tekisligiga ogʻmaligiga teng boʻlib, u $\widetilde{SQ}=90^{\circ}-\varphi$ ifoda orqali hisoblanadi. QK yoy esa yoritgichning ogʻishiga (δ) tengligidan yoritgichning yuqori kulminatsiyasi: $h_y=90^{\circ}-\varphi+\delta$ tenglamadan topiladi. Yoritgichning quyi kulminatsiyasi ham shunday yoʻl bilan hisoblanib, u $h_q=\varphi+\delta-90^{\circ}$ ga tengligi oson topiladi. Quyoshning yuqori kulminatsiya holati tush payti deyilib, quyi kulminatsiya holati yarim kechaga toʻgʻri keladi.

12-§. Astronomik kuzatishlar asosida joyning geografik kenglamasini taxminiy aniqlash **

1-metod. Qutb yulduzi (Kichik Ayyiq yulduz turkumining eng yorugʻ yulduzi – alfasi) Olam qutbidan 1° dan ham kichik yoy masofada joylashgan. Oldin aniqlaganimizdek, maʼlum bir joyning geografik kenglamasi φ , oʻsha joyda Olam qutbining gorizontdan balandligiga (h_p) teng boʻladi, yaʼni $\varphi=h_p$. Binobarin, Toshkentda Olam qutbining balandligi taxminan $41^{\circ}20'$ ga tengligidan, Toshkentning geografik kengligi $41^{\circ}20'$ ga teng boʻladi, deb xulosa qilish mumkin.

Boshqacha aytganda, Yer sharining maʼlum bir joyida turib, bu joyning geografik kenglamasini taxminan aniqlash zarur boʻlsa, shu joyda Olam qutbining gorizontdan balandligini oʻlchash kifoya.

2-metod. Maʼlum bir aholi yashaydigan punktda Quyoshning tush paytidagi h_o balandligini bevosita oʻlchab va aynan shu kun uchun Quyoshning δ_o ogʻishiga koʻra, bu joyning geografik kenglamasini quyidagicha topish mumkin:

$$h_o = 90^{\circ} - \varphi + \delta_o, \text{ bu yerdan } \varphi = 90^{\circ} - h_o + \delta_o \text{ ga teng boʻladi.}$$

Savol va topshiriqlar:

1. Olam qutbining balandligi va joyning geografik kengligi orasida qanday bogʻlanish borligini tushuntiring.
2. Kuzatuvchi Yerning ixtiyoriy nuqtasi boʻlganda yulduzlar osmonining gorizontga nisbatan sutkalik koʻrinma aylanishi qanday boʻlishini tushuntiring. Ekvatorda boʻlsa-chi?
3. Turli kenglamalarda yil davomida Quyoshning sutkalik koʻrinma aylanishi qanday kechadi?
4. Kuzatuvchi turgan joyning kenglamasini taxminan aniqlashning qanday oddiy metodlari mavjud?

5. Termizda ($\varphi=35^\circ$) Olamning shimoliy qutbi qanday balandlikka ega bo'ladi?
6. Yoritgichlarning kulminatsiyasi deb qanday hodisaga aytiladi va u necha xil bo'ladi?
7. Yoritgichlarning kulminatsiyasi uning og'ishi va kuzatuvchining kenglamasi orqali qanday ifodalanadi?

5-MAVZU. 13-§. Vaqtning o'lchash asoslari *

Kishilar vaqtning o'lchashga juda qadimdan ehtiyoj sezganlar. Quyoshli kunlarda ixtiyoriy jismning soyasi turli vaqtda turlicha holatlarda bo'lishi va uzunligini o'zgartirib turishini bilgan kishilar soyaning bu xususiyatidan foydalanib, undan vaqtning o'lchash uchun foydalanganlar. Qadimda hindlar foydalangan shunday soatlardan biri *14-rasm*da tasvirlangan. Vaqt o'tishi bilan kishilar vaqtning o'lchashning aniq metodlarini o'ylab topdilar. Bular ichida Yerning o'z o'qi atrofida to'la aylanish davriga tayanib vaqtning o'lchash metodi eng qulayi bo'lib, kishilar vaqtning o'lchashning bu metodidan hozirga qadar foydalanadilar.

Yerning osmondagi biron-bir yulduzga nisbatan to'la aylanish davri *yulduz sutkasi* deyiladi. Biroq kundalik turmushimiz Quyoshning chiqish va botish vaqtlari bilan belgilanganidan, biz Quyosh sutkasi bilan ish ko'ramiz. Shu boisdan, amalda biz ishlatadigan vaqtning o'lchashda Yerning o'z o'qi atrofida Quyoshga nisbatan bir to'la aylanib chiqish vaqti – Quyosh sutkasi asos qilib olingan. *Quyosh sutkasi* deb, Quyoshning ikki marta ketma-ket yuqori kulminatsiyasidan (boshqacha aytganda, tush paytidan) o'tishi uchun ketgan vaqtga aytiladi.

Quyosh vaqti deb, Quyoshning sutkalik ko'rinma harakatida markazining quyi kulminatsiyadan ketib, osmonning ma'lum nuqtasiga borguncha ketgan vaqtning Quyosh sutkasi ulushlarida ifodalanganligiga aytiladi.

Bu vaqt oralig'i aslida doimo bir xil bo'lmay, biroz o'zgarib turadi. Buning sababi Quyoshning ekliptika bo'ylab ko'rinma harakatining notekisligidir. Shu sababdan amalda sutkaning



14-rasm. Qadimda hindlar foydalangan Quyosh soati.

uzunligi uchun yil davomida o'zgarib turuvchi Quyosh sutkasining o'rtacha qiymati olinadi va u 24 soat qilib belgilanadi.

Quyosh vaqtini aniqlash va soatlarni tekshirish uchun Quyoshning kulminatsiyadalik paytini (ya'ni tush paytini) belgilash muhim. Biroq Quyoshning diametri kattagina burchak ($\sim 30'$) ostida ko'ringanidan, uning markazining kulminatsiyada bo'lish vaqtini aniq belgilash mushkul. Shuning uchun ham astronomlar Quyosh o'rniga yulduzlardan ixtiyoriy birining kulminatsiyasini belgilab olib, keyin unga tayangan holda, Quyoshning aniq kulminatsiya vaqtini topadilar. Buning uchun tanlangan yulduz va Quyoshning kulminatsiyasida bo'lish vaqtlarining farqi istalgan vaqt uchun astronomlar tomonidan oldindan hisoblanib, jadval ko'rinishida tuzib qo'yilgan bo'ladi. Shu jadval asosida, unda keltirilgan biror yulduz kulminatsiyada bo'lganda, unga ko'ra Quyoshning kulminatsiya vaqti (tush payti) aniqlanadi. Keyin bu ma'lumotga tayanib, Quyosh vaqti oson topiladi.

Ma'lum joyning aniq *mahalliy vaqtini* bilish, bu joyning geografik uzunlamasini aniqlash uchun ham zarurdir.

Ixtiyoriy λ_1 va λ_2 uzunlamalarga ega bo'lgan punktlarning mahalliy vaqtlari T_1 va T_2 orasida quyidagicha bog'lanish mavjud:

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

Dunyo vaqti. Uzunlamasi nolga teng bo'lgan meridianning (ya'ni Grinвич meridianining) mahalliy vaqti shartli ravishda dunyo vaqti T_0 qilib olingan (*15-rasm*). Ixtiyoriy λ uzunlamaga ega bo'lgan punktning mahalliy vaqti T_λ , dunyo vaqti T_0 orqali quyidagicha topiladi (chunki $\lambda_0 = 0$):



15-rasm. Vaqt hisobi Grinвич meridian vaqtidan boshlanadi.

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

Poyas vaqti. Yer sharida cheksiz ko'p meridian o'tkazish mumkin bo'lib, ularga tegishli mahalliy vaqtlar ham cheksiz ko'p bo'ladi. Shuning uchun ham amalda mahalliy vaqtdan foydalanib bo'lmaydi. Shu boisdan, Xalqaro kelishuvga muvofiq, Yer shari 24 ta poyasga bo'lingan (*16-rasm*). Har bir poyas uchun alohida vaqt belgilanadi. Ular bir-

biridan uzunlamalari o'rtacha 15° farq qiluvchi meridianlar bilan chegaralanadi va tartib bilan 0 dan 23 gacha (0, 1, 2, 3, ..., 23) raqamlanadi. Shuningdek, har bir poyas chegarasida yotgan bittadan meridian *asosiy meridian* qilib tanlanadi. Asosiy meridianlarning uzunliklari (λ_{as}) mos ravishda 0^h , 1^h , 2^h , 3^h , 4^h , ..., 23^h qilib qabul qilingan. Bunda uzunligi 0° bo'lgan meridian 0-poyas o'rtasidan, 1^h bo'lgan meridian esa 1-poyas o'rtasidan o'tadigan va h.k. qilib olinadi.

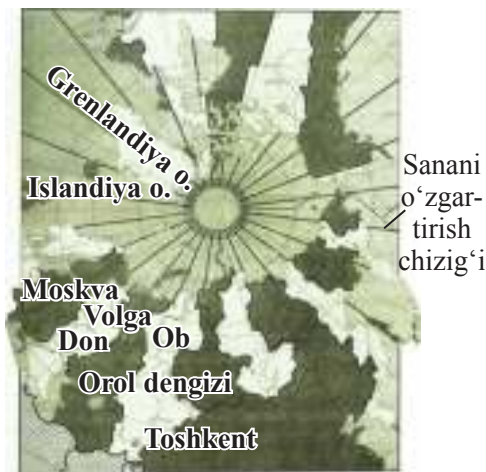
Bunda ixtiyoriy N raqamli poyasning poyas vaqti qilib, shu poyas o'rtasidan o'tgan asosiy meridianning mahalliy vaqti olinadi. Ixtiyoriy λ_m uzunlamali joyning mahalliy va u joylashgan poyasning vaqtlari orasida quyidagicha bog'lanish mavjud:

$$\lambda_m - \lambda_{as} = T_m - T_p,$$

bu yerda: λ_{as} – mazkur poyas asosiy meridianining uzunlamasini; T_p – uning vaqtini; T_m esa λ_m – uzunlama meridianiga tegishli mahalliy vaqtni ifodalaydi.

Aslida $\lambda_{as} = N^h$ bo'lganidan, bu ifoda ko'pincha $\lambda_m - N^h = T_m - T_p$ ko'rinishida yoziladi. Shu bois, poyas vaqti (T_p) berilgan bo'lsa, mahalliy vaqtni (T_m) yoki, aksincha, poyas vaqtini topish quyidagi tenglamalar yordamida bajariladi:

$$T_p = T_m - \lambda_m + N^h \quad \text{yoki} \quad T_m = T_p - N^h + \lambda_m.$$



16-rasm. Yer shari poyaslari.

14-§. Kalendarlar

Quyosh kalendari. Uzoq muddatni vaqtning o'lchamlari (sutka – kun, hafta, oy va yillar) bo'yicha sistemaga solish *kalendar* deyiladi. Kalendar tuzishda Oy fazalarining almashinish davri yoki yil fasllarining almashinish davri (tropik yil) asos qilib olinadi. Oy fazalarining almashinish davri (29,53 sutka) asos qilib olingan taqvimlar *oy kalendarlari*, yil fasllarining almashinish davri asos qilib olinganlari esa *quyosh kalendarlari* deb yuritiladi.

Quyosh kalendari Qadimgi Misrda miloddan avvalgi 3000-yillarda paydo bo'lgan. U paytda yil fasllarining almashinish davri 360 kunga teng deb, 12 oy 30 kundan qilib olingan. Keyinchalik yil uzunligi 365 kun deb topilib, uning barcha oylari 30 kundan, 12-oyi esa 35 kun qilib belgilangan. Va, nihoyat, miloddan oldingi III asrda Misrda astronomlar yil uzunligining 365,25 kunga tengligini aniqladilar. Shundan so'ng, miloddan avvalgi I asrda rimlik sarkarda Yuliy Sezar yilning uzunligi 365,25 kunga teng kalendarni astronomlar yordamida tuzib, uni amalda joriy qildi. Keyinchalik bu taqvim Yuliy Sezar sharafiga *yulian kalendari* deb ataladigan bo'ldi. Bu taqvimga ko'ra, uch yil ketma-ket keladigan yillarning uzunligi 365 kundan bo'lib, to'rtinchi yili 366 kun qilib olinadi, chunki to'rt yilda 0,25 kunlik (yillik) qoldiq yig'ilib, 1 kunga teng bo'ladi. Bu qo'shimcha kunni fevral oyiga qo'shib berishga (ya'ni uni 29 kun qilib ishlatishga) kelishib olindi.

Biroq yuz yilliklar o'tishi bilan bu taqvim yilining uzunligida hali ham xatolik borligi ma'lum bo'ldi. Uni tuzatish uchun 1582-yilning fevralida rim papasi Grigoriy XIII yil uzunligining aniqroq olingan qiymatini (365,242 kun) yangi quyosh kalendari uchun asos qilib oldi. Isloh qilingan bu kalendar rim papasi sharafiga *grigorian kalendari* deb ataladigan bo'ldi. Ayni paytda biz ishlatayotgan kalendarimiz grigorian kalendari bo'lib, uning davri Iso payg'ambarning tug'ilgan yilidan boshlangan.

Bu kalendarning 12 oyidan oltitasi qadimgi rimliklarning afsonaviy xudolarining nomlari bilan (Yanus, Februus, Afrodita, Mars, Maya, Yunona), iyul va avgust oylari rim imperatorlari Yuliy Sezar va Avgust nomlari bilan, qolganlari esa o'zlarining tartib raqamlari (sentabr – yettinchi, oktabr – sakkizinchi, noyabr – to'qqizinchi, dekabr – o'ninchi) bilan ataldi, chunki qadimda yil boshi 1-martda kirgan. Aprel oyi – «aperire» – «ochilish» («uyg'onish») degan so'zdan olingan bo'lib, bahorda tabiatning uyg'onishidan darak beradi. Bu taqvim bo'yicha yil boshi ilgari martda bo'lib, so'ngra 1-yanvarga ko'chirilgan. Rossiyada yil boshi qadimda yiliga ikki marta – 1-martda va 1-sentabrda bayram qilinardi. 1342-yildan Moskva mitropoliti (hokimi) Yangi yil bayrami bundan buyon faqat 1-sentabrda o'tkazilishi haqida buyruq berdi. XVII asrning oxirida podsho Pyotr I buyrug'i bilan 1700-yilda kalendar yilining boshi 1-yanvarga ko'chirildi. Shundan buyon bu taqvim bo'yicha Yangi yil bayrami 1-yanvarda nishonlanadigan bo'ldi.

Savol va topshiriqlar:

1. Vaqtni o'lchashda qaysi osmon jismining davri asos qilib olinadi?
2. Yulduz va quyosh sutkalari qanday topiladi? Ular o'zaro tengmi?
3. Mahalliy va dunyo vaqtlari deb qanday vaqtlarga aytiladi?
4. Poyas vaqti qanday topiladi? Bu vaqtlar orasida qanday bog'lanish mavjud?
5. Kalendarlarni tuzishda qaysi osmon jismlarining davrlari asos qilib olinadi?
6. Oyning sinodik davri (Oy fazalarining qaytarilish davri) asos qilib olingan kalendarlar qanday kalendarlar deyiladi? Tropik yil asos qilib olinganlari-chi?
7. Yulian va grigorian kalendarlari haqida nimalar bilasiz?

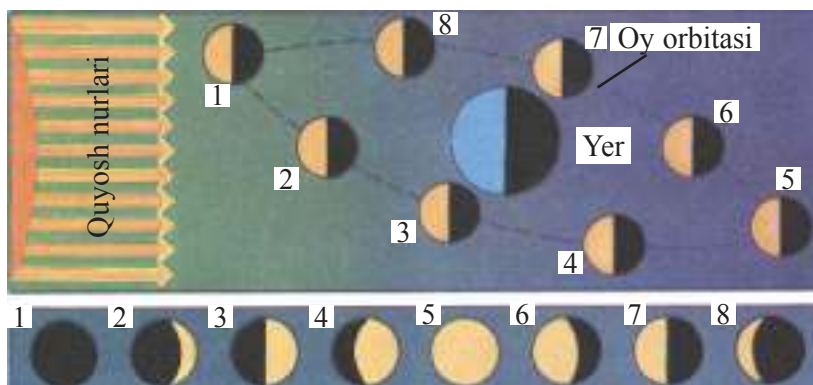
6-MAVZU. 15-§. Oyning harakati, fazalari va davrlari

Oy planetamiz Yerning tabiiy yo'ldoshi bo'lib, uning atrofida 27,32 sutkalik davr bilan aylanadi. Bu davr Oyning *siderik davri* yoki *yulduz davri* deb yuritiladi. Oyning Yer atrofida aylanish yo'nalishi yulduzlarning Yer atrofidagi ko'rinma aylanishiga qarama-qarshi bo'lib, u g'arbdan sharqqa (ya'ni Yerning o'z o'qi atrofida aylanish yo'nalishi bilan bir xil yo'nalishda) harakat qiladi. Oyning o'z orbitasi bo'ylab harakat tezligi sekundiga 1 kilometrni tashkil etib, yulduzlarga nisbatan har sutkada taxminan 13° siljib boradi.

Oy orbitasining tekisligi Yerning Quyosh atrofida aylanish tekisligi (ekliptika) bilan 5°9' li burchak tashkil qiladi. Qizig'i shundaki, Oy o'z o'qi va Yer atrofida bir xil – 27,32 sutkalik davr bilan aylanadi. Oyning o'z o'qi va Yer atrofida aylanish davrlari o'zaro teng bo'lganidan, Oy Yerdan qaraganda har doim bir tomoni bilan ko'rinadi.

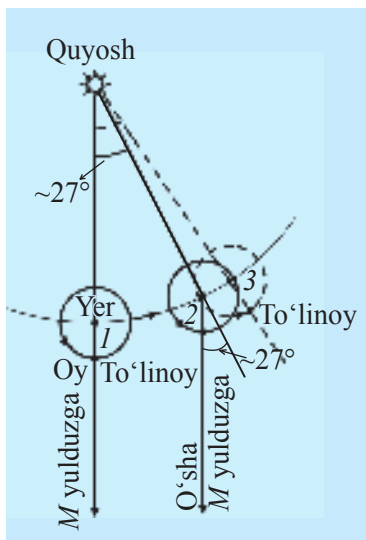
Ma'lumki, Oy Yer atrofida aylanayotganda, Quyosh nurlarini qaytarishi tufayli bizga ko'rinadi. Bu ko'rinish ayni o'sha paytda Oyning Quyoshga nisbatan qanday joylashishiga ko'ra turlicha bo'ladi. Yerdan qaraganda Oyning turli shakllarda (yangioy, yarimoy, to'linoy) ko'rinishi uning *fazalari* deyiladi.

Quyosh botgach, Oyning ingichka o'roq shaklida g'arb tomonda birinchi ko'rinishi xalq tilida *yangioy* (yoki *hilol*) deyilib, u, odatda, Oy boshidan keyin ikkinchi kuni ko'rinadi. Bunday holatda Oyning Quyosh bilan yoritilmagan qismi ham xira kulrang shaklda ko'zga tashlanadi. Oyning Quyosh bilan yoritilmagan qismining bunday xira ko'rinishi Yerdan qaytgan Quyosh nurlari bilan uning



17-rasm. Oy fazalarining almashinishi (1. Astronomik yangioy. 3. Birinchi chorak fazasi. 5. To‘linoy. 7. Oxirgi chorak fazasi).

yoritilganligi tufayli sodir bo‘ladi. Oy fazalarining almashinishi uning Yer va Quyoshga nisbatan tutgan vaziyatiga bog‘liqligi 17-rasmga keltirilgan.



18-rasm. Oyning Yer atrofida aylanish siderik va sinodik davrlarini tushuntirish.

Oyning ma’lum fazasidan (masalan, to‘linoydan) ikki marta ketma-ket o‘tishi orasidagi vaqt 29,53 sutkani tashkil etib, u Oyning *sinodik davri* deyiladi.

18-rasmga Oyning sinodik davri qanday qilib siderik davridan katta bo‘lishi tushuntirilgan. Bunda Oy Yerning atrofida aylanayotib 1-holatda bo‘lganda, u *M* yulduzning to‘g‘risida to‘linoy fazasida bo‘lishi chizmadan aniq ko‘rinib turibdi. 27,32 kundan so‘ng, ya’ni Oyning Yer atrofida bir marta to‘la aylanib chiqqanidan keyin u 2-holatda bo‘lib, yana *M* yulduzning to‘g‘risida turadi, lekin hali to‘linoy fazasigacha yetib bormagan bo‘ladi. Yer orbitasi bo‘ylab har kuni deyarli bir gradusga yaqin siljishini e’tiborga olsak, bu davrda u 1-dan 2-holatgacha taxminan 27 gradusga siljiganligi ma’lum bo‘ladi (18-rasmga qarang). Binobarin, Oyning 2-holatida, undan *M* yulduzga tomon yo‘nalish bilan Quyoshga tomon yo‘nalishning

davomi orasida ham aynan shunday burchak hosil bo'lganini tushunish qiyin emas. U holda, Oyning o'z orbitasi bo'ylab kuniga taxminan 13 gradusga siljishiga ko'ra, u 27 gradusli yoyni o'tishi uchun 2 kundan ko'proq vaqt kerak bo'ladi.

Natijada Oyning to'linoy fazasidan ketib yana to'linoy fazasiga kelguncha (18-rasmda 3-holat) 29 sutkadan ko'proq vaqt talab qilinishi oydin bo'ladi.

16-§. Musulmonlarning oy va quyosh hijriy kalendarlari *

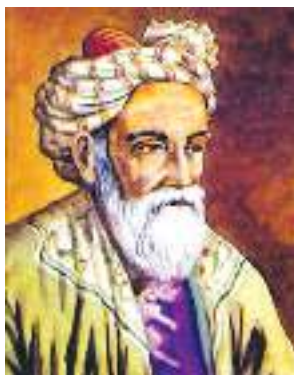
Oy-hijriy kalendar. Sinodik oy 29,53 sutkaga, yil fasllarining almashinish davri – tropik yil esa 365,2422 sutkaga teng bo'lib, ular butun sutkalarda (kunlarda) ifodalana olmasligi kalendarlar tuzishni mushkullashtiradi. Chunki kalendar oyi ham, yili ham amalda butun sutkalarda ifodalashni talab etadi.

Birinchi oy kalendar miloddan oldingi 2500-yillarda Qadimgi Bobilda paydo bo'lgan. Yetti kunlik hafta ham o'sha paytlarda, yulduzlar fonida harakatlanadigan yetti osmon jismi (Quyosh, Oy va 5 planeta) soniga teng qilib joriy qilindi. Bu bilan osmon jismlari ilohiylashtirilib, haftaning bittadan kuni ularga bag'ishlandi.

Keyinchalik musulmonlar taqvimi deb ataladigan *oy kalendar* shakllandi. Ko'pgina Osiyo mamlakatlarida qo'llaniladigan bu taqvim yilining uzunligi 354 kun bo'lib, u 12 oyga taqsimlangan. Unda oylar 29 va 30 kundan almashinib, o'rtacha Oy fazalarining almashinish davri – 29,5 kunga teng bo'ladi. Uning oylari osmonda yangioy (hilol) ko'rinishi bilan boshlanadi. Kalendar oylari oy fazalariga mos kelishi uchun musulmonlar taqvimida taxminan har 3 yilda yillar 355 kun qilib olinadi.

Bu kalendar yilining uzunligi biz ishlatadigan kalendar (milodiy) yilidan o'rtacha 11 kunga qisqaligidan, har yili uning yangi yili taxminan 11 kun oldin keladi va natijada 33 yilda bir yilga ilgarilab ketadi. Boshqacha aytganda, oy kalendar bo'yicha 34 yil o'tadi.

Ushbu kalendar erasi Muhammad payg'ambarning Makkadan Madinaga ko'chgan yilining boshidan boshlanib, u milodiy taqvim bo'yicha 622-yilning 16-iyuliga to'g'ri keladi. Musulmonlarning bu taqvimlari hijriy, to'la qilib aytganda, *oy-hijriy* yoki *qamariy-hijriy* taqvim deb ataladi («hijratun» – arabcha «ko'chib o'tmoq» degan ma'noni bildiradi). Bu taqvimning 12 oyi quyidagi



19-rasm.
Umar Xayyom.

nomlar bilan yuritiladi: *Muharram, Safar, Rabi ul-avval, Rabi us-soni, Jumad ul-avval, Jumad us-soniy, Rajab, Sha'bon, Ramadon, Shavvol, Zulqa'da, Zulhijja*.

Mazkur taqvim bo'yicha yangi – 1440-oddiy yilning 1-muharrami 2018-yilning 13-sentabr kuni kiradi.

Quyosh-hijriy kalendari. Umar Xayyomning quyosh-hijriy kalendari. XI asrda Nishopurda (Xuroson) yashab, matematika, astronomiya sohasida ijod etgan taniqli shoir Umar Xayyom (1048–1131) (19-rasm) 1070-yilda saljuq sultoni Malikshoh va uning vaziri Nizom ul-Mulk tomonidan saroyga taklif etiladi. Uning iltimosiga ko'ra shoh Xayyom va uning shogirdlariga 1076-yili Isfaxonda (Eron) rasadxona qurib beradi. Malikshoh vafotiga qadar

(1092-y.) ishlagan bu rasadxonadagi astronomik kuzatishlar natijasida yuzdan ortiq yorug' yulduzlarning koordinatalarini hamda Oy, Quyosh va planetalarning harakatlarini aks ettirgan jadvallarni o'z ichiga olgan «zij» tuzildi. Bu astronomik risola keyinchalik «Malikshoh ziji» degan nom bilan jahon astronomiya tarixidan o'rin oldi.

Abu Rayhon Beruniy o'zining «Qadimgi xalqlardan qolgan yodgorliklar» asarida Eronda kalendar yilining uzunligi 365 kun bo'lib, 12 ta oyning birinchi 11 tasi 30 kundan, 12-si esa 35 kundan bo'lganini ma'lum qiladi. Bu taqvimning yil boshisi har doim bahorgi tengkunlik (21-mart) bilan ustma-ust tushadi. Tropik yilning uzunligi aslida 365 kun bo'lmay, undan 6 soatga uzunligi tufayli, yillar o'tishi bilan taqvim yilining boshi tengkunlikdan siljib ketishiga (har to'rt yilda taxminan 1 kun) sabab bo'lgan. Kalendaridagi bunday kamchilikni bartaraf qilish uchun Malikshoh astronom va matematiklardan iborat kengash tuzib, unga rahbarlik qilishni Umar Xayyomga topshiradi. Kengashning bosh vazifasi taqvim yillarini boshi («Navro'z») bahorgi tengkunlikdan siljmaydigan qilib tuzishdan iborat edi. Buning uchun kengash 366 kunlik kabisa yilini joriy qilib, uning kelish tartibini, rimliklarning yulian kalendaridan boshqacharoq shaklini taklif etdi.

Keyinchalik *Umar Xayyom kalendari* deb nom olgan bu taqvimda kabisa yili 33 yilda 8 marta kelib (rimliklar taqvimida 32 yilda), dastlabki 7 tasi har to'rtinchi yilda, oxirgi 8-si esa 5-yili keladigan etib qabul qilindi. Boshqacha

aytganda, 33 yillik davrning 4-, 8-, 12-, 16-, 20-, 24-, 28- va 33-yillari kabisa yillari sanalib, 366 kundan qilindi, qolgan 25 yili 365 kundan edi.

Umar Xayyom kalendarida yilning o'rtacha uzunligi $365\frac{8}{33}=365,24242$

kunga teng bo'lib, tropik yilning haqiqiy uzunligidan (365,24220 kun) atigi 0,00022 sutkaga, ya'ni 19,5 sekundgagina uzun edi, xolos. Bu xatolik shu qadar kichik ediki, u yig'ilib-yig'ilib 4500 yil o'tgandan so'nggina 1 kunga yetardi. Biz ishlatayotgan grigorian kalendarining xatosi bir kunga yetishi uchun esa 3300 yil (ya'ni Xayyom kalendaridagidan 1200 yil kam vaqt) kerak bo'ladi.

Umar Xayyomning bu kalendari ayni paytda Eronda ishlatiladigan Jaloliy (Malikshohning taxallusi) kalendarining asosini tashkil etadi.

Mazkur kalendar davrining boshi ham keyinchalik musulmonlarning hijriy-qamariy taqvimi erasidagi kabi 622-yilning 16-iyuliga ko'chirilib, u *quyosh-hijriy taqvimi* degan nom bilan ataladigan bo'ldi. Bu taqvimdagi oylar bizda Quyoshning yillik ko'rinma harakati davomida kesib o'tadigan yulduz turkumlarining nomlari bilan *Hamal, Savr, Javzo, Saraton, Asad, Sunbula, Mezon, Aqrab, Qavs, Jaddi, Dalv, Hut* deb yuritiladi.

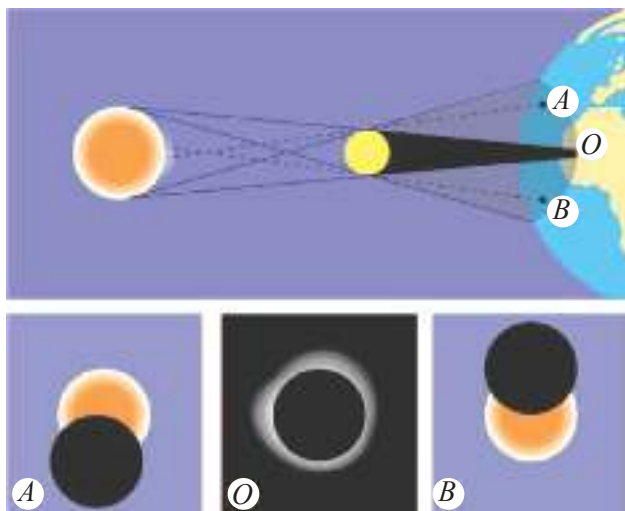
Quyosh-hijriy kalendari bo'yicha yangi – 1397-yil 2018-yilning 21-martida kirdi.

17-§. Quyosh va Oy tutilishlari

1. *Quyosh tutilishi*. Oy Yerning atrofida aylanayotib, ba'zan Quyoshni bizdan to'sib o'tadi (20-rasm). Bunday hol *Quyosh tutilishi* deyiladi. Bu hodisa har doim Oyning yangiyo holatida ro'y beradi.

Agar bunda Yerdagi kuzatuvchi Oyning soyasi ichida (*O*) qolsa, u Quyoshni qisqa vaqtga (bir necha minut) butunlay ko'rmaydi, ya'ni uning uchun Quyosh to'la tutiladi. Yerdagi kuzatuvchi Oyning yarimsoyasi ichida (*A* yoki *B* nuqtasida) qolsa, unda u Quyoshning bir qismini to'silgan holda ko'radi, ya'ni Quyosh *qisman tutilayotgan* bo'ladi. Ba'zan Quyoshning tutilishi *halqasimon* bo'ladi.

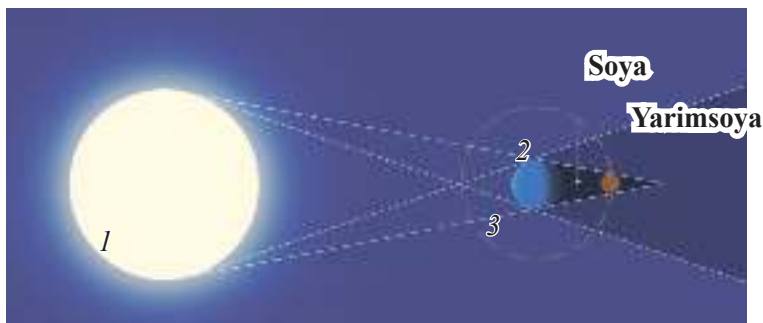
2. *Oy tutilishi*. Oy Yer atrofida aylanayotib, ba'zan Yerning soyasi orqali o'tadi. Bunday hodisa *Oy tutilishi* deyiladi (21-rasm). Agar bunda Oy Yerning soyasi ichidan o'tsa, *to'la tutilish*, bordi-yu yarimsoyaning ichidan o'tsa, u holda *yarimsoyali tutilish* deyiladi. Oy tutilayotganda, u har doim to'linoy fazasida bo'ladi.



20-rasm. Quyosh tutilishi hodisasi (ostki rasmlarda Yer sirtining A, O, B nuqtalarida Quyosh tutilishining ko'rinishlari).

Yerning ma'lum bir joyida Quyosh tutilishiga nisbatan Oy tutilishlari ko'proq kuzatiladi. Chunki Quyosh tutilishlari Yerning Oy soyasi tushgan va uncha katta bo'lmagan maydonidagina kuzatiladi. Oy tutilishi esa Yerning Quyoshga qarama-qarshi yarimsharining hamma qismida bir vaqtda ko'rinadi.

Oyning to'la tutilishi paytida (ya'ni u Yer soyasiga to'liq kirganda) Oy ko'zdan butunlay g'oyib bo'lmay, to'q qizil rangda jilolanadi. Buning sababi, bu paytda Oyning Yer atmosferasida sochilgan va singan Quyosh nurlari bilan yoritilishidir. Bunda Yer atmosferasi ko'k va havorang nurlarni kuchli yutib va keskin sochib yuborib, Oy tomonga asosan qizil nurlarni sindirib o'tkazadi. Natijada Oy aynan shu nurlar bilan yoritiladi va qizarib ko'rinadi. Oy orbitasining ekliptika tekisligiga og'maligi tufayli, Oy va Quyosh tutilishlari yangioy va to'linoy paytlarida har doim ham kuzatilmaydi.



21-rasm. Oy tutilishi hodisasi (1 – Quyosh; 2 – Yer; 3 – Oy orbitasi. Oy Yer soyasi ichida turibdi).

Quyosh va Oy tutilishlarining shartlariga ko'ra, Quyosh tutilayotganda Oy astronomik yangioy fazasida bo'lib, Quyosh markazi Oy tugunlarining ixtiyoriy biridan $16,5^\circ$ dan kichik; Oy tutilayotganda esa Oy to'linoy fazasida bo'lib, Quyosh markazi Oy tugunlarining ixtiyoriy biridan $10,6^\circ$ dan kichik yoy masofada bo'lishi lozim. Bunday hol Quyosh tutilishi uchun har yili kamida 2 marta, ko'pi bilan esa 5 martagacha; Oy tutilishi uchun esa bir marta ham bo'lmasligi yoki, ko'pi bilan esa 3 martagacha bo'ladi. Binobarin, bir yilda ko'pi bilan umumiy tutilishlar 7 ta, kamida 2 ta (faqat Quyosh) bo'lishi mumkin.

Qadimda Quyosh va Oy tutilayotganda, ularning yuqorida bayon qilingan ko'rinishlari kishilarda qo'rqinch va vahima uyg'otgan. Endi esa Quyosh va Oy tutilishlarining siri to'la fosh etilgan bo'lib, u hech kimda vahima tug'dirmaydi.

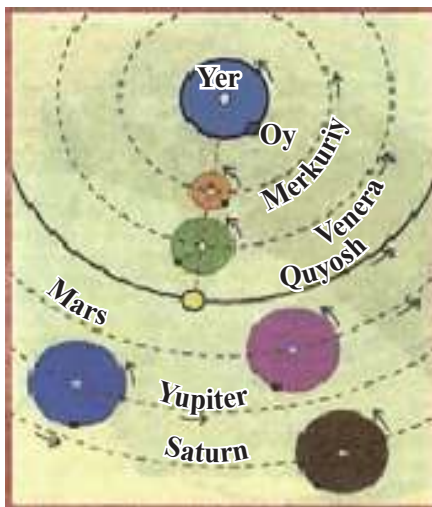
Savol va topshiriqlar:

1. Oy o'z o'qi atrofida qanday davr bilan aylanadi? Yer atrofida-chi?
2. Oyning har doim Yerga bir tomoni bilan ko'rinishining sababi nimada?
3. Oyning asosiy fazalari qanday nomlar bilan ataladi?
4. Oyning sinodik davri deb nimaga aytiladi?
5. Umar Xayyom kalendarining aniqligini grigorian kalendar aniqligi bilan solishtiring.
6. Oy va Quyosh tutilishi hodisasini tushuntiring.
7. Quyosh nega har yangi oyda, Oy esa nega har to'linoyda tutilmasligining sabablarini ayting.

II BOB. QUYOSH SISTEMASINING TUZILISHI VA OSMON JISMLARINING HARAKATI

7-MAVZU. 18-§. Quyosh sistemasining tuzilishi

1. *Quyosh sistemasining tuzilishi to'g'risidagi tasavvurlarning rivojlanishi.* Olamning qanday tuzilganligi haqidagi tasavvurlarning rivojlanish tarixi juda qadimdan boshlangan. Qadimda ajdodlarimiz tabiat va uning hodisalarini tushuntirishga ojizlik qilib, Olam jismlarining harakatlarini boshqaruvchi g'ayritabiyy



22-rasm. Ptolemeyning
geosentrik sistemasi.

22-rasmda keltirilgan tartib bilan aylanishini bayon etdi. Shuningdek, bu ta'limotga ko'ra, eng so'nggi sferada yulduzlar Yerdan bir xil masofada joylashib, uning atrofida aylanadi, degan xulosaga kelindi.

Biroq vaqt o'tishi bilan planetalar harakatlarini sinchiklab o'rganish, planetalarning yulduzlar fonida kuzatiladigan murakkab harakatlarini bu nazariya bo'yicha tushuntirishni qiyinlashtirib yubordi. Oqibatda, bu nazariya Olam tuzilishini to'g'ri aks ettira olmasligi aniq bo'lgach, uni kuzatish natijalariga mos yangi nazariya bilan almashtirish ehtiyoji tug'ildi.

2. *Kopernikning olam tuzilishining geliosentrik ta'limoti.* XVI asrda mashhur polyak astronomi Nikolay Kopernik (1473–1543) tomonidan ko'p yillik astronomik kuzatishlar asosida Olam tuzilishining geliosentrik nazariyasi yaratildi.

Bu nazariyaga ko'ra, Olamning markazida Quyosh turib, barcha planetalar, jumladan, Yer uning atrofida tartib bilan aylanadi (23-rasm). Yulduzlar esa, Ptolemey nazariyasidagi kabi eng oxirgi sferada joylashib, Quyoshning atrofida, bir-biriga nisbatan qo'zg'almagan holda aylanadi.

Kopernik birinchi bo'lib, planetalarning yulduzlar fonidagi sirtmoqsimon harakatlanishining sababi Yerning Quyosh atrofida boshqa barcha planetalar qatori aylanishi tufayli sodir bo'lishini aniqladi (24-rasm). Kopernikning Olam tuzilishi haqidagi bu nazariyasi *geliosentrik nazariya* deb nom oldi.

kuch bor deb ishonar edilar. Ular Olam ham aynan shu kuch tomonidan yaratilgan degan fikrda bo'lganlar.

Miloddan oldingi IV asrda mashhur yunon faylasufi Aristotel tomonidan Yerning shar shaklida ekanligi isbotlangach, kishilar ongida Koinotning markazida qattiq Yer shari joylashib, uning atrofida qattiq osmon yulduzlari bilan joylashadi va aylanadi, degan tasavvur hukmronlik qilardi.

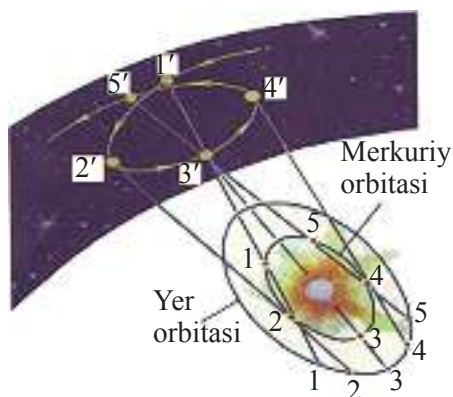
Milodning II asrida astronom Ptolemey Olam tuzilishining *geosentrik* (ya'ni *markazida Yer turadigan*) *sistemasini* yoqlab, Koinotning markazida Yer turib, boshqa planetalar, jumladan, Quyosh uning atrofida

Olam tuzilishining geliosentrik nazariyasi mashhur italiyalik olim, faylasuf Jordano Bruno (1548–1600) tomonidan rivojlantirildi. U o‘z nazariyasida Olam qo‘zg‘almas yulduzlar sferasi bilan chegaralanmaganligini, yulduzlar Quyoshdan turli masofalarda yotuvchi unga o‘xshagan obyektlar ekanligini, ularning atroflarida ham Quyosh atrofidagi kabi o‘z planetalari bo‘lishi mumkinligini uqtirdi. Keyingi yuz yilliklar ichida o‘tkazilgan astronomik kuzatishlar uning haq ekanligini ko‘rsatdi.

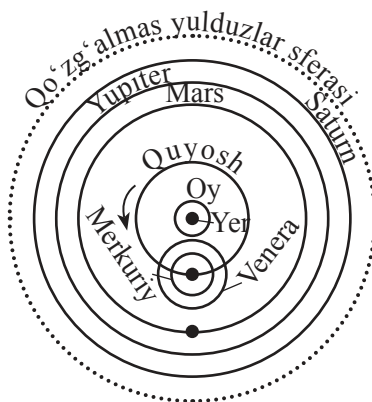
Olam tuzilishi haqidagi tasavvurlarning shakllanishida vatandoshimiz Abu Rayhon Beruniyning (973–1048) katta xizmati bor. U ko‘p yillik astronomik kuzatishlariga tayanib, planetalardan Merkuriy va Venera Quyoshdan uzoq keta olmasligini (yoy o‘lchovi bilan hisoblanganda) aniqladi va shu asosda, bu ikki planeta Quyoshning atrofida aylansa kerak degan to‘g‘ri xulosaga keldi (25-rasm). Aslida Beruniy geosentrik



23-rasm. Olam tuzilishining geliosentrik sistemasi (markazda Quyosh).



24-rasm. Planetalarning ko‘rinma sirtmoqsimon harakatini tushuntirish.



25-rasm. Beruniyning olam tuzilishi haqidagi qarashlariga ko‘ra, Quyosh o‘z atrofida aylanayotgan yo‘ldoshlari – Merkuriy va Venera bilan birga Yer atrofida aylanadi.

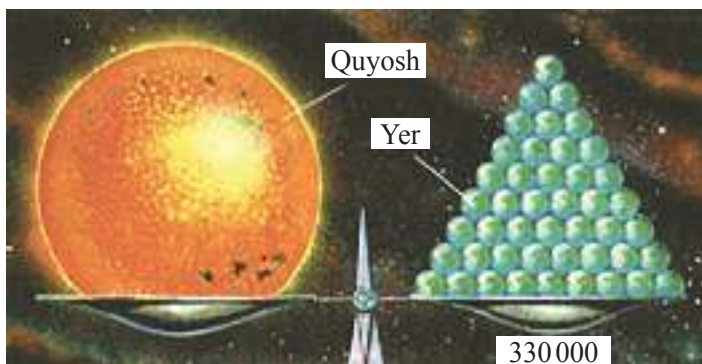
sistemaning tarafdori bo‘lib qolgan bo‘lsa-da, uning ichki planetalar (Merkuriy va Venera)ga tegishli bu xulosasi XI asrda Olam tuzilishining geliosentrik sistemasi uchun qo‘yilgan ilk qadam edi.

19-§. Quyosh sistemasining masshtabi va a‘zolari

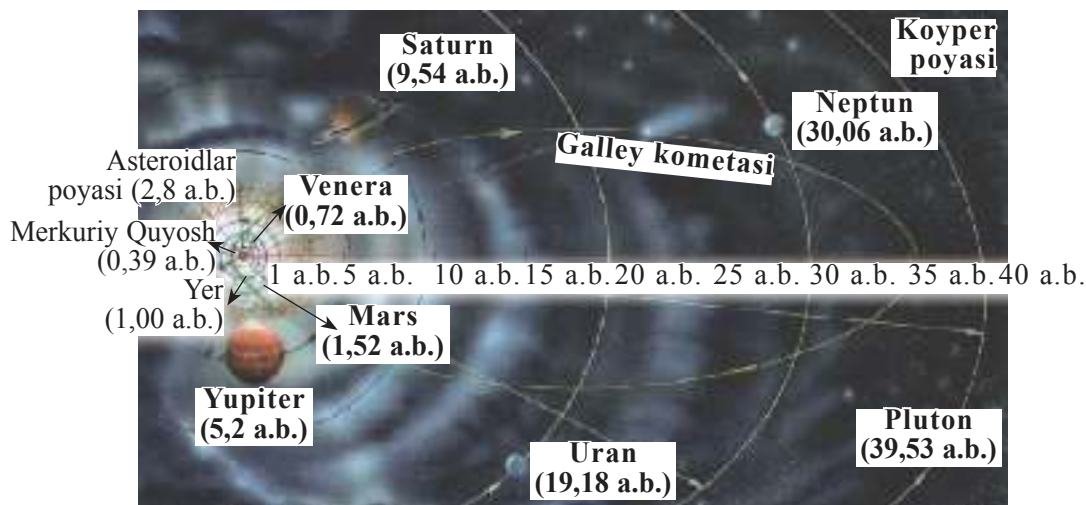
Quyosh sistemasiga kiruvchi jismlar bilan biz dastlab «Tabiatshunoslik» darslarida tanishgan edik. Ma’lumki, bu sistemaning eng yirik jismi Quyosh bo‘lib, uning diametri Yernikidan 109 marta katta, massasi esa 330 000 Yer massasiga teng (26-rasm). Uning atrofida 8 ta yirik planeta bir-biriga yaqin tekisliklarda, turli davrlar bilan aylanadi. Quyoshdan uzoqligiga ko‘ra bu planetalar uning atrofida quyidagi tartib bilan joylashgan: *Merkuriy, Venera, Yer, Mars, Yupiter, Saturn, Uran, Neptun*.

Quyosh sistemasini shartli ravishda chegaralovchi Neptun Quyoshdan Yerga qaraganda salkam 30 marta uzoqda joylashgan. Yerning Quyoshdan o‘rtacha uzoqligi 149,6 million kilometr, binobarin, Neptunning Quyoshdan uzoqligi o‘rtacha 4554,4 million kilometrni tashkil etadi. Quyoshdan Yergacha uning nurlari 8 minutdan sal ko‘proq vaqtda yetib kelgani holda, Quyoshdan Neptungacha 4,5 soat atrofida boradi (27-rasm).

Quyosh sistemasida yirik planetalar bilan birga minglab mayda planetalar (kattaliklari bir necha yuz metrdan bir necha yuz kilometrgacha keladigan) ham aylanib, ularning aksariyatining orbitalari Mars bilan Yupiterning oralig‘ida yotadi.



26-rasm. Yer massasini Quyosh massasi bilan solishtirish.



27-rasm. Quyosh sistemasining masshtabi (a.b – astronomik birlik).

Shuningdek, Quyosh sistemasida juda choʻzinchoq elliptik orbitalar boʻylab harakatlanadigan va qattiq yadrosi gaz qobigʻi bilan oʻralib, Quyosh yaqinida «dum» hosil qilib oʻtadigan kometalar deb ataluvchi jismlar ham mavjud.

Bulardan tashqari, Quyosh sistemi chegarasida, Quyosh atrofida son-sanoqsiz, oʻlchamlari qum zarralari kattaligidagi jismlar ham elliptik orbitalar bilan aylanadi. Ular *meteor jismlar* deyiladi.

Quyosh sistemasida harakatlanuvchi yirik planetalar har qancha katta boʻlishiga qaramay, Quyosh bilan solishtirganda, unga nisbatan juda kichik osmon jismlari hisoblanadi. Planetalar va barcha mayda jismlarning massasi birgalikda Quyosh sistemi jismlari umumiy massasining 0,15% ini, Quyoshning massasi esa taxminan 99,85% ni tashkil etadi. Shuning uchun ham Quyosh oʻz sistemasiga kiruvchi barcha jismlarning harakatlarini boshqaradi.

20-§. Planetalarning konfiguratsiyalari va koʻrinish shartlari *

Quyosh atrofida harakatlanayotgan planetalarning yulduzlar fonidagi vaziyatlari harakatlanayotgan Yerdan kuzatilganligi tufayli, murakkab koʻrinishga ega boʻladi. Planetalarning Yerdan qaraganda Quyoshga nisbatan egallagan vaziyatlari ularning *konfiguratsiyalari* deyiladi.

21-§. Planetalarning Quyosh atrofida aylanish davrlari *

Barcha planetalar Quyosh atrofida bir tomonga qarab, ya'ni g'arbdan sharqqa tomon harakatlanib aylanadi. Quyoshdan uzoqliklariga ko'ra, ularning aylanish davrlari har xil bo'lib, Quyoshga yaqinlari kichik, uzoqdagilari esa katta davrlar bilan aylanadi. Masalan, Quyoshga eng yaqin Merkuriy uning atrofida taxminan 88 kunda aylanib chiqqani holda, Neptun Quyosh atrofida salkam 165 yillik davr bilan aylanadi. Ularning harakat tezliklari ham har xil bo'lib, Quyoshdan uzoq masofada aylanadigan planetalar yaqin masofadagilariga qaraganda ancha kichik tezlik bilan harakatlanadi.

Darslik so'ngida berilgan ilovada planetalarning Quyosh atrofida aylanishlariga tegishli ma'lumotlar keltirilgan. Jumladan, unda planetalarning orbital tezliklari, Quyosh atrofida aylanish davrlari, planetalar uchun 2-kosmik tezliklar va o'qlari atrofida aylanish davrlari berilgan. Barcha planetalar ekliptika tekisligiga yaqin joylashgan orbitalar bo'ylab harakatlanadi.

Planetalarning Quyosh atrofida haqiqiy aylanish davrlari ularning *siderik* yoki *yulduz davri* deyiladi. Planetaning *siderik davri* (T_{pl}) deb, Quyoshdan qaraganda uning ma'lum bir yulduzga nisbatan to'la aylanib chiqishi uchun ketgan vaqtga aytiladi. Planetaning *sinodik davri* (S_{pl}) deb esa, Yerning konfiguratsion holatlarining ixtiyoriy biridan ikki marta ketma-ket o'tishi uchun zarur bo'lgan vaqt oralig'iga aytiladi.

Planetaning sinodik davri S_{pl} Yerning harakati bilan bog'liq bo'lib, Yerning siderik davri T_{\oplus} va planetaning siderik davri T_{pl} bilan quyidagicha bog'langan.

Ichki planetalar uchun Yer va planetaning sutkalik siljishlari farqiga ko'ra:

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

bu yerdan planetaning siderik davri:

$$T_{pl} = \frac{T_{\oplus} \cdot S_{pl}}{T_{\oplus} + S_{pl}} \quad \text{bo'ladi.}$$

Shu yo'l bilan topilgan tashqi planetalar uchun:

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

bu yerdan $T_{pl} = \frac{T_{\oplus} \cdot S_{pl}}{S_{pl} - T_{\oplus}}$ bo'ladi.

Savol va topshiriqlar:

1. Olam tuzilishining geosentrik va geliosentrik ta'limotlarining farqini tushuntiring.
2. Planetalarning yulduzlar fonidagi sirtmoqsimon harakatlari geliosentrik ta'limot asosida qanday tushuntiriladi?
3. J.Bruno Olam tuzilishiga tegishli qanday yangi fikrlarni o'rta tashladi?
4. Beruniyning Olam tuzilishi haqidagi modelini chizib ko'rsating.
5. Quyosh diametri va massasiga ko'ra Yerdan necha marta katta?
6. Ichki va tashqi planetalar Quyosh atrofida harakatlanayotib, qanday konfiguratsion holatlarda bo'ladi?
7. Planetalarning sinodik davrlari deb nimaga aytiladi?
8. Planetalarning siderik davrlari ularning sinodik davrlariga ko'ra qanday topiladi?

8-MAVZU.

22-§. Sutkalik va sutkalik-gorizontal parallaks. Quyosh sistemasi jismlarigacha bo'lgan masofalarni aniqlash

1. Quyosh sistemasiga kiruvchi jismlargacha (planetalar, Oy, mayda planetalar va hokazo) bo'lgan masofalar trigonometrik yo'l bilan sutkalik parallaks deyiluvchi metod yordamida topiladi.

Osmon jismidan (M), kuzatuvchi (K) dan o'tgan Yer radiusi uchlariga tortilgan to'g'ri chiziqlar orasidagi burchak mazkur osmon jismining (yoritgichning) sutkalik *parallaks burchagi* (u juda kichik bo'lib, yoy sekundlarida o'lchanadi) deyiladi (29-rasm).

Biror planetaning sutkalik parallaks burchagini topish uchun bir vaqtda Yerni ma'lum meridianning ikki nuqtasidan (K va C) kuzatish kerak bo'ladi. Bunda planeta uzoqdagi yulduzlarning fonida parallaktik siljigan holda ikki (M_1 va M_2) nuqtada ko'rinadi. Agar yoritgich kuzatuvchiga nisbatan gorizontda joylashgan (M_0 nuqtada) bo'lsa (rasmga qarang), uning parallaksi *sutkalik gorizontal parallaks* (p_0) deyiladi. Planetaning parallaktik siljishi asosida uning sutkalik

The diagram illustrates the Earth's internal structure with a vertical Z-axis. The Earth is labeled 'Yer' and 'O'. The Z-axis is vertical. Points K, C, and L are marked. Lines M_0 , M_1 , M_2 , and L are shown. Angles p and p_0 are indicated.

bundan
$$L = \frac{R_{\oplus}}{\sin p_0''} = \frac{206265}{p_0} \cdot R_{\oplus}, \quad \text{chunki}$$

29-rasm. Yoritgichlarning
sutkalik (p) va sutkalik gorizontal (p_0)
parallaksi.

radiusini ifodalaydi.

Bunda Yerdan birorta planetagacha yuborilgan radiosignalning (elektromagnit to'liqin) unga borib qaytib kelishi uchun ketgan vaqt t bo'lsa, u holda uning o'tgan yo'li $2L$ ekanini hamda radioto'liqinning tarqalish tezligi yorug'lik tezligi c bilan bir xilligini e'tiborga olib, $c = \frac{2L}{t}$ deb yozish mumkin. Bunda osmon jismigacha masofa

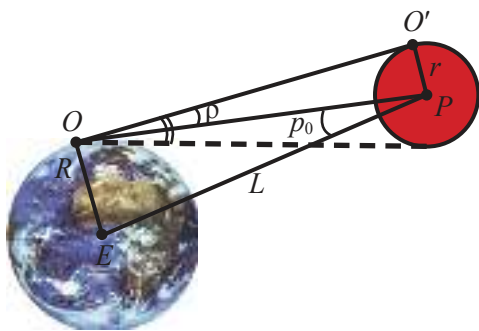
$$L = \frac{ct}{2}$$

Xuddi shu metod bilan Yerdan Quyosh sistemasining boshqa jismlarigacha bo'lgan masofalar, jumladan, Quyoshgacha bo'lgan masofa (1 astronomik birlik = 149 598 500 km) juda katta aniqlik bilan topilgan.

23-§. Quyosh sistemasi jismlarining radiuslarini aniqlash **

Rasmda keltirilgan planetaning r radiusini aniqlash uchun bu planetaning sutkalik parallaksi p_0 to'g'ri burchakli uchburchak OEP dan (30-rasm):

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



30-rasm. Quyosh sistemasida jismlarining radiuslarini hisoblash metodlari.

bo'ladi. To'g'ri burchakli uchburchak OPO' dan planetaning ko'rinma radiusi ρ :

$$\sin \rho = \frac{O'P}{OP} = \frac{r}{L} \quad \text{bo'ladi, bu yerdan}$$

r ni topsak, u: $r = L \sin \rho$. Endi L ning oldingi paragrafda topilgan qiymatini bu tenglamaga qo'yib, planeta radiusi (r) ni quyidagicha aniqlash mumkin:

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

bu yerda p_0 va ρ burchaklar sekundli yoylarda o'lchanganligidan, planetaning radiusini, Yer radiusi R_{\oplus} birligida quyidagi

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

ifodadan topishimiz mumkin, chunki $\sin p_0'' = p_0 \cdot \sin 1''$, $\sin \rho'' = \rho \cdot \sin 1''$.

Bordi-yu osmon jismining ko'rinma radiusi yetarlicha katta bo'lsa (masalan, Oy uchun), ungacha masofa:

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

Savol va topshiriqlar:

1. Quyosh sistemasidagi biror jismning parallaks burchagi deb qanday burchakka aytiladi?
2. Quyosh sistemasidagi jismlargacha bo'lgan masofalar qanday topiladi?
3. Radiolokatsion metod yordamida osmon jismlarigacha bo'lgan masofalar qanday topiladi?
4. Quyosh sistemasiga kiruvchi jismlarning o'lchamlari (radiuslari) qanday topiladi? Buning uchun dastlab ularning qanday parametrlarini aniqlash zarur?
5. Planetalarning sutkalik gorizontal parallaksi (p_0) va ko'rinma radiuslariga (ρ) ko'ra ularning radiuslarini (r) hisoblash formulasini yozing.

9-MAVZU. 24-§. Astronomiyada uzunlik o'lchov birliklari

Astronomiyada uzunlikni Xalqaro sistemada qabul qilingan birlikda (metrlarda) ifodalash har doim ham qulay bo'lavermaydi. Shuning uchun ham astronomiyada uzunlik, uning mavjud birliklaridan tashqari, yana quyidagi maxsus birliklar bilan ham o'lchanadi:

1. **Astronomik birlik (a.b.)** – Quyoshdan Yergacha bo'lgan o'rtacha masofa taxminan 149,6 million kilometr ga teng. Bu birlikdan, asosan, Quyosh sistemasidagi osmon jismlarigacha (planetalar, kometalar, Oy va boshqalar) bo'lgan masofalarni ifodalashda foydalaniladi.

2. **Yorug'lik yili (y.y.)** – yorug'likning bir yilda o'tgan yo'li bilan tavsiflanadi. Buning uchun 1 yilni sekundlarda ifodalab, so'ngra yorug'lik tezligiga ko'paytirishimiz lozim. Unda 1 yorug'lik yili (1 y.y.) $9,46 \cdot 10^{15}$ km ga tengligini aniqlaymiz. Topilgan natijani 149,6 mln. km ga bo'lsak, 1 y.y.ning astronomik birliklardagi qiymatini topamiz. U 63240 a.b. ga teng bo'ladi.

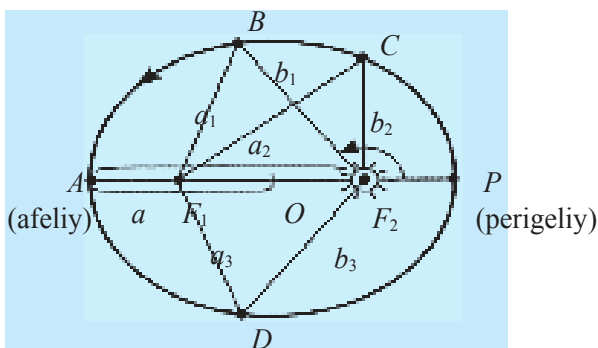
3. **Parsek (pk)** – «parallaks» va «sekund» so'zlaridan olingan bo'lib, yillik parallaksi 1" ga teng bo'lgan yoritgichgacha masofani ifodalaydi:

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

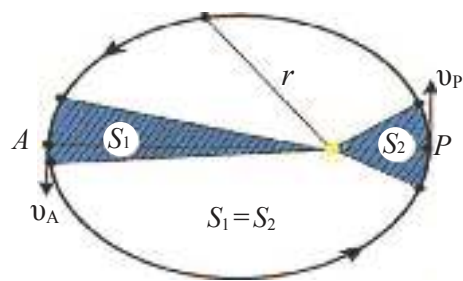
Odatda, uzunlikning yorug'lik yili, parsek, kiloparsek (1000 pk) va megaparsek ($\text{Mpk} = 10^6 \text{ pk}$) birliklari Quyosh sistemasidan tashqaridagi osmon jismlarigacha (yulduzlar, yulduz to'dalari, tumanliklar va hokazo) masofalarni, shuningdek, tashqi galaktikalar, galaktik to'dalarning o'lchamlari va ularning orasidagi masofalarni o'lchashda ishlatiladi.

25-§. Kepler qonunlari

XVI asrda planetalarning harakatlarini kuzatib, ularning o'rinlarini aniq belgilashda daniyalik olim Tixo Brage (1546–1601) katta yutuqlarni qo'lga kiritdi. U o'zining astronomik kuzatish asboblari yordamida yoritgichlarning osmondagi o'rinlarini juda katta aniqlikda belgilashga erishdi. Bu aniqlik 2' ni tashkil etdi. Umrining oxirgi yillarini Pragada o'tkazgan Brage shogirdlikka nemis astronomi Keplerni taklif etdi. Kepler taklifni qabul qilib, Pragaga ko'chib keldi. Biroq ko'p o'tmay ustози Brage vafot etdi va uning qimmatli kuzatish ma'lumotlari shogirdi Keplerga qoldi.



31-rasm. Planetaning ellips bo'ylab harakati.



32-rasm. Planeta radius-vektorlarining teng vaqtlarda chizgan teng yuzalari.

Kepler ko'p yillik hisoblashlar natijasida Yerning Quyoshdan uzoqligi va Mars bilan Quyosh orasidagi masofalarni aniqlab, Marsning Quyosh atrofidagi orbitasining ellips deyiluvchi yopiq egri chiziq ekanligini topdi. Ellipsning xarakterli joyi shundaki, uning ixtiyoriy nuqtalarining (B , C , D) ellips fokuslari deyiluvchi ikki nuqtasidan uzoqliklarining (31-rasm) yig'indisi o'zgarmas kattalik:

$$a_1 + b_1 = a_2 + b_2 = a_3 + b_3 = 2a = \text{const}$$

bo'lib, undagi F_1 va F_2 nuqtalar *ellipsning fokuslari* deyiladi. Ellipsdagi bir-biridan eng uzoq nuqtalarini tutashtiruvchi va fokuslar orqali o'tuvchi kesmasi esa uning *katta o'qi* ($2a$) deyilib, Quyosh va planeta orasidagi o'rtacha masofa shu o'qning yarmiga teng bo'ladi va *katta yarim o'q* (a) deyiladi. Salkam 24 yillik kuzatish natijalarini umumlashtirib, Kepler planetalar harakatiga tegishli quyidagi uchta qonunni kashf etdi:

1. Har bir planeta Quyosh atrofida ellips bo'ylab aylanadi va mazkur ellips fokuslarining birida Quyosh yotadi.
2. Planetalarning radius-vektorlari (planetani Quyosh bilan tutashtiruvchi kesma) teng vaqtlar ichida teng yuzalar chizadi (32-rasm).
3. Ixtiyoriy ikki planetaning Quyosh atrofida aylanish siderik (haqiqiy) davrlari kvadratlarining nisbati, ularning orbitalari katta yarim o'qlarining kublari nisbatiga teng bo'ladi, ya'ni

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

bu yerda: a_1, T_1 – 1-planetaning katta yarim o‘qi va davri; a_2, T_2 – 2-planetaning katta yarim o‘qi va davri. Bu ifoda kuzatishdan aniqlangan ixtiyoriy planetaning davriga (T) ko‘ra, Quyoshdan ungacha bo‘lgan o‘rtacha masofani (a) topishda astronomlarga juda qo‘l keldi, ya’ni (bu yerda $T_2 = T_{\oplus} = 1$ yil, $a_2 = a_{\oplus} = 1$ a.b.):

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

26-§. Osmon jismlarining massalarini hisoblash *

Yerning massasi va zichligi. Nyutonning butun olam tortishish qonuni barcha osmon jismlari uchun muhim xarakteristik kattalik – massalarini hisoblashga imkon beradi. Xususan, bu qonun asosida Yerning massasini hisoblaydigan bo‘lsak, unda Yerning erkin tushish tezlanishi va massasi orasidagi quyidagi bog‘lanishdan foydalanib, shuni yoza olamiz:

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

bu yerda: M – Yerning massasini; R – uning radiusini; G – gravitatsion doimiylikni xarakterlashini inobatga olib, ularning qiymatlariga ($g=9,8$ m/s², $R=6370$ km, $G=6,67 \cdot 10^{-11}$ N·m²/kg²) ko‘ra topilgan Yer massasi $M=6 \cdot 10^{24}$ kg ni tashkil etadi.

Endi bevosita osmon jismlarining massalarini hisoblashga to‘xtalsak, uni aniqlashda Keplerning Nyuton tomonidan umumlashtirilgan (yoki aniqlashtirilgan) ushbu III qonunidan foydalaniladi:

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

bu yerda: T_1 va T_2 – Quyosh atrofida aylanuvchi ixtiyoriy ikki planetaning siderik davrlarini (ya’ni Quyosh atrofida haqiqiy aylanish davrlarini); M – Quyosh massasini; m_1 va m_2 – eslatilgan ikki planetaning massalarini; a_1 va a_2 lar esa, mos ravishda, ularning orbitalari katta yarim o‘qlarini ifodalaydi.

Bu qonunning universalligidan foydalanib, shu asosda boshqa biror planetaning massasini aniqlash uchun ham Keplerning aniqlashtirilgan III qonunidan foydalaniladi. Bunda massasi topilishi mo‘ljallangan planetaning yo‘ldoshi bilan Yer yo‘ldoshining harakati (davrlari va orbitalarining katta yarim o‘qlari) solishtiriladi, ya’ni

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

bu yerda: T_{pl} va T_{\oplus} – planeta va Yer yo‘ldoshlarining aylanish davrlarini; m_{pl} va m_{\oplus} – planeta va Yerning massalarini; m_1 va m_2 – mos ravishda, ularning yo‘ldoshlarining massalarini; a_1 va a_2 esa planeta va Yer yo‘ldoshlari (tabiiy yoki sun‘iy) orbitalarining katta yarim o‘qlarini ifodalaydi.

Odatda, planetalarning massalariga nisbatan ularning yo‘ldoshlarining massalari juda kichik bo‘lganidan (Yer va uning tabiiy yo‘ldoshi – Oy bundan mustasno), m_2 o‘rniga Yer yo‘ldoshining massasini olsak, u holda $m_{pl} \gg m_1$, $m_{\oplus} \gg m_2$ deb yozish mumkin. Unda yuqoridagi formula (m_1 va m_2 hisobga olinmaganda)

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

ko‘rinishni oladi, bu yerda T_{\oplus} va T_{pl} hamda a_1 va a_2 parametrlar, mos ravishda, planeta va Yer yo‘ldoshiga tegishli.

Quyosh massasini ham Yer massasi birliklarida shu yo‘l bilan oson hisoblash mumkin:

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

$$\frac{M_{\odot}}{m_{\oplus}} = \left(\frac{T_{\oplus}}{T_{s.y.}} \right) \cdot \left(\frac{a_{\oplus}}{a_{s.y.}} \right)^3 \text{ yoki } M_{\odot} = \left(\frac{a_{\oplus}}{a_{s.y.}} \right)^3 \cdot \left(\frac{T_{\oplus}}{T_{s.y.}} \right)^2 \cdot m_{\oplus}$$

ifodadan foydalaniladi, bu yerda: M_{\odot} va m_{\oplus} – Quyosh va Yer massalarini; T_{\oplus} va a_{\oplus} – Yerning Quyosh atrofida aylanish davri va orbitasining katta yarim o‘qini; $T_{s.y.}$ va $a_{s.y.}$ lar esa Yer sun‘iy yo‘ldoshining davrini va orbitasining katta yarim o‘qini ifodalaydi.

Savol va topshiriqlar:

1. Ellips deb qanday yopiq egri chiziqqa aytiladi?
2. Keplerning birinchi va ikkinchi qonunlarini ta’riflang.
3. Keplerning uchinchi qonunida planetaning davri uning orbitasining katta yarim o‘qi bilan qanday bog‘langan?

4. Keplerning umumlashtirilgan III qonunining matematik ifodasini yozib tushuntiring. Quyosh sistemasi jismlarining massalari bu qonun asosida qanday hisoblanadi?
5. Quyosh massasi Yer massasi birliklarida qanday topiladi?

10-MAVZU. 27-§. Ikki jism masalasi. Kosmik tezliklar

Nyuton, tabiatda butun olam tortishish qonuni mavjudligi tufayli planetalar Kepler qonunlariga ko‘ra Quyosh atrofida aylanishlarini isbotlagan. Bu qonunlar Nyuton tomonidan yanada aniqroq ko‘rinishga keltirildi. Aniq sharoitlarda biror jism boshqa jismning tortishish maydonida Kepler ta’kidlaganidek, faqat ellips bo‘ylabgina emas, balki aylana, parabola va giperbola kabi konus kesimlarini beruvchi egri chiziqlar bo‘yicha ham harakatlanishini isbotladi.

Xususan, u massasi Yernikidek bo‘lgan bir jinsli, ideal sferik shakldagi jismning sirtidan ma’lum boshlang‘ich tezlik bilan gorizontaal yo‘nalishda uloqtirilgan jism (33-rasm) Yerning tortishish maydoni ta’sirida uning atrofida Yer radiusiga teng masofadagi aylanma orbitaga chiqarilishi mumkinligini uqtirdi. Bunda boshlang‘ich tezlikning kattaligi Yerning radiusi va massasiga bog‘liq bo‘lib, ushbu

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

formuladan topiladi. Bu yerda G – gravitatsion doimiy-

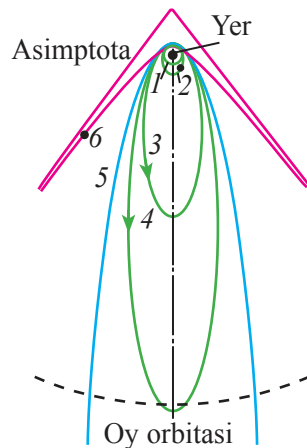
lik bo‘lib, uning qiymati $6,67 \cdot 10^{11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$ bilan xarak-

terlanadi. Yerning R_{\oplus} – o‘rtacha radiusi 6370 km, M_{\oplus} – massasi $6 \cdot 10^{24}$ kg ga teng. Bu kattaliklarni formulaga

qo‘yib hisoblaganda v_0 boshlang‘ich tezlik $7,91 \frac{\text{km}}{\text{s}}$

ga teng bo‘lib, u Yer uchun *birinchi kosmik tezlik* deb yuritiladi. Bu degani, atmosferasi yo‘q, massasi Yerdek

bir jinsli, ideal sferik shakldagi jism sirtidan gorizontaal yo‘nalishda birinchi kosmik tezlik bilan ko‘tarilgan raketa, uning atrofidagi aylanma orbitaga chiqa olishini bildiradi. Aslida Yer atmosferasi mavjudligi bois undan $h=150$ km dan kam bo‘lmagan balandlikka gorizontaal



33-rasm. Yer tortishish maydonida jismlarning harakat trayektoriyalari.

yoʻnalishda chiqqan jismning tezligi $v = \sqrt{\frac{GM}{R_{\oplus} + h}}$ ga teng boʻlgandagina u Yerning sunʻiy yoʻldoshi aylana boʻylab harakatlanadi (33-rasmda – 1 bilan koʻrsatilgan).

Bordi-yu Yer sirtidan koʻtarilgan sunʻiy yoʻldoshning boshlangʻich tezligi birinchi kosmik tezlikdan katta boʻlsa, sunʻiy yoʻldosh orbitasining shakli ellips korinishida boʻladi (33-rasmda – 2, 3, 4). Boshqacha aytganda, boshlangʻich tezlikning qiymati $v_0 = \sqrt{\frac{2GM}{R_{\oplus}}}$ erishgandan soʻnggina, sunʻiy yoʻldosh Yer atrofida unga nisbatan parabolik trayektoriya boʻylab harakatlanadi (33-rasmda – 5). Bunday tezlikning kattaligi $11,2 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, yaʼni $(7,91 \times 1,41) \frac{\text{km}}{\text{s}}$ boʻlib, u *ikkinchi kosmik tezlik* deyiladi.

Sunʻiy yoʻldoshning boshlangʻich tezligi $11,2 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ dan ortgach, u Yerga nisbatan *giperbolik trayektoriya* boʻylab harakatlana boshlaydi (33-rasmda – 6). Bunday sunʻiy yoʻldosh Yerdan cheksizlikda harakatlanayotib, uning trayektoriyasi giperbolaning asimptotasiga yaqinlashib boraveradi. Binobarin, uning cheksizlikdagi trayektoriyasini toʻgʻri chiziqli trayektoriya deb qarash mumkin boʻladi.

Bunda gap ikki jism (Yer va atrofida geosentrik trayektoriya boʻylab harakatlanuvchi yoʻldoshi) ustida ketib, Quyosh sistemasining boshqa planetalari, hatto Quyoshning ham, Yer yaqinida harakatlanayotgan jismga (jumladan, sunʻiy yoʻldoshga) taʼsiri tufayli sunʻiy yoʻldoshning oladigan chetlantiruvchi tezlanishi Yer taʼsirida olayotgan tezlanishidan juda kichik boʻladi. Bunda tortishish maydonida harakatlanayotgan jism trayektoriyasining fokusida joylashgan ideal sferik shakldagi bir jinsli jismning gravitatsiya maydoni alohida xossaga ega boʻlgan *tortishishning markaziy maydoni* nomi bilan ataladi. Tortishishning markaziy maydonini beradigan jismning massasi uning markazida nuqtasida mujassamlashgan deb qaraladi.

Savol va topshiriqlar:

1. Tortishish maydonida harakatlanayotgan jismning trayektoriyalari qanday koʻrinishda boʻladi?
2. Tortishishning maydonida harakatlanayotgan jismning birinchi va ikkinchi kosmik tezliklari qanday formulalardan topiladi?
3. Tortishishning markaziy maydoni boʻlib qanday jismning maydoni qabul qilingan?

III BOB. ASTROFIZIKA VA UNING TADQIQOT METODLARI

11-MAVZU. 28-§. Osmonni elektromagnit to‘lqinli nurlarda o‘rganish – keng to‘lqinli astronomiyaning asosi

Osmon jismlarining fizik tabiatlariga tegishli erishgan bilimlarimiz, ulardan kelayotgan optik va boshqa diapazonlarga tegishli elektromagnit nurlar yordamida erishilgan. Ulardan kelayotgan nurlar, bir tomondan, uzluksiz chiqarilmay, alohida kvantlar, xususiylar energiyaga ega zarrachalar ko‘rinishida chiqariladi. Ko‘zga ko‘rinadigan nurlarning kvantlari 2–3 eV energiyaga ega bo‘lib, astrofizikada qo‘llaniladigan nurlarning kichik bir sohasini egallaydi. Ikkinchi tomondan, ular elektromagnit to‘lqin ko‘rinishida qayd qilinadi. Vakuumda nurlanishning barcha turlariga tegishli bu elektromagnit to‘lqinlar bir xil – $3 \cdot 10^8$ m/s tezlik bilan tarqaladi. Nurlanishning to‘lqin sifatida tarqalishida, uning interferensiya va difraksiya hodisalarida namoyon bo‘lgani bois, uni ham har qanday to‘lqin kabi xarakterlab, ν chastotasi va λ to‘lqin uzunligi ko‘paytmasini to‘lqinning tarqalish tezligiga teng ko‘rinishda, ya’ni:

$$\nu\lambda = c$$

deb yozish mumkin, bu yerda c – yorug‘lik tezligini xarakterlaydi.

Maxsus asbob yordamida elektromagnit tebranishlarni turli to‘lqin uzunlikli spektrga ajratish mumkin. Yorug‘lik nuri shaffof uchburchakli prizma orqali o‘tkazilganda, u aynan shunday tashkil etuvchilarga ajralib, unda tartib bilan ketma-ket joylashgan nurlar jilolanadi. Bunday oq nurdan tashkil topgan nurning ranglari ularning to‘lqin uzunliklari bilan aniqlanadi. Kishining normal ko‘zi taxminan 0,4 mkm dan (binafsha nur) 0,7 mkm gacha (qizil nur) yaxshi ko‘radi. Optik nurlar deb ataluvchi bu nurlar elektromagnit nurlanishning birgina turi bo‘lib, ularning barchasining majmuyi birgalikda elektromagnit to‘lqinlar shkalasini tashkil etadi. Bu shkaladagi eng qisqa to‘lqin uzunlikli nurlanishlar gamma-nurlar bo‘lib, eng uzuni esa radioto‘lqinlar deyiladi.

Ma’lumki, Yer atmosferasi ko‘zga ko‘rinadigan elektromagnit (optik) nurlar, shuningdek, ko‘zga qisman ko‘rinadigan ultrabinafsha va infraqizil hamda radiodiapazonning millimetrli sohasidan to 10–20 metrli qismigacha bo‘lgan

diapazondagi nurlar uchun shaffof hisoblanadi. Elektromagnit to‘lqinlarning qolgan barcha qismlari Yer atmosferasining turli qatlamlarida kuchli yutilib, Yer sirtigacha yetib kela olmaydi.

Fotografiya ixtiro qilinguniga qadar, faqat kuzatuvchining ko‘zi yoritgichlarning nurlanishini qayd qiluvchi yagona tabiiy qurilma bo‘lgan edi. Nurlanishlarni qayd qiluvchi fotografik metod ishga tushgach, maxsus fotografik va fotoelektrik qurilmalar yordamida Yer atmosferasida yutilib qolayotgan ultrabinafsha va infraqizil diapazonga tegishli bir qism nurlanishlarni ham qayd qilishning imkoni tug‘ildi.

O‘tgan asrning 30–40-yillarida radiotexnikaning rivojlanishi sababli kosmik radionurlanish manbalari ochildi. Natijada bizning Koinot haqidagi bilimlarimizni kengaytiradigan astronomiyaning radioastronomiya bo‘limi ishga tushdi.

XX asrning ikkinchi yarmida esa, kosmonavtikaning «tug‘ilishi» sun‘iy yo‘ldoshlarning Yer atrofi orbitasiga chiqarilishiga va ularga o‘rnatilgan qurilmalar yordamida qisqa to‘lqinda (*rentgen va gamma*) nurlanuvchi obyektlarning topilishiga olib keldi. Shu sababli oxirgi o‘n yilliklarda kosmik stansiyalarga o‘rnatilgan maxsus *rentgen va gamma teleskoplar* yordamida topilgan ko‘plab quvvatli manbalarni o‘rganish imkoni vujudga keldi.

Astrofizikada uzoq ultrabinafsha va infraqizil diapazonlardagi kabi, rentgen va gamma diapazonlarda ham osmon obyektlarini sistemali o‘rganish boshlandi. Oqibatda, bugungi astronomiya *keng to‘lqinli astronomiyaga* aylandi.

29-§. Optik teleskoplar

Astronomlarning eng muhim kuzatish quroli teleskoplardir. Teleskoplar osmon jismlarining ko‘rinma burchaklarini kattalashtirib hamda ularni bir necha marta ravshanlashtirib ko‘rsatadi. Shuning uchun ham teleskoplar yordamida osmonga qaralganda, Yerga yaqin joylashgan osmon jismlarining (Quyosh, planetalar va Oyning) sirtida ko‘z ilg‘amaydigan detallarini va xiraligi tufayli ko‘zga ko‘rinmaydigan ko‘plab yulduzlarni ko‘rish mumkin bo‘ldi.

Teleskoplarning asosiy qismi *obyektiv* deb atalib, u qavariq shaffof linza yoki botiq sferik ko‘zgudan yasaladi (*34- va 35-rasmlar*). Obyektiv kuzatilayotgan osmon jisimidan kelayotgan nurni yig‘ib, mazkur jismning tasvirini yasaydi. Osmon jismining obyektiv tomonidan hosil qilingan tasviri *okular* deb atala-

digan linza orqali kuzatiladi. Hozirgi zamon teleskoplarida obyektiv yasagan tasvir ko'pincha fotoplastinkalarda yoxud raqamli qayd qilgich (PZS) qurilmalarda amalga oshiriladi. Agar teleskopning obyektivi linzadan yoki linzalar sistemasidan tuzilgan bo'lsa, bunday teleskop *refraktor* deyiladi. Refraktorda nurning yo'li 34-rasmda ko'rsatilgan. Obyektivi botiq sferik ko'zgudan iborat bo'lgan teleskop esa *reflektor* deyiladi. Turli xil reflektorda manbadan kelayotgan nurning yo'li 35-rasmda tasvirlangan.

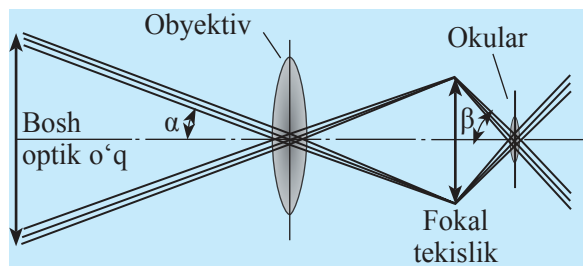
Teleskoplarining asosiy vazifalarini quyidagicha belgilash mumkin:

1. Yoritgichdan kelayotgan nurlanishni qayd qilish (ko'z, fotografik plastinka, fotoelektrik qayd qilgich, spektrograf va hokazolar yordamida).

2. Obyektivning fokal tekisligida, kuzatilayotgan yoritgichning yoki ixtiyoriy osmon jismining ravshanlashtirilgan tasvirini yasash.

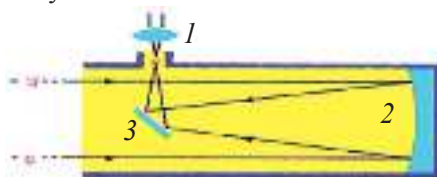
3. Qurollanmagan ko'z bilan qaralganda, ajratib ko'rib bo'lmaydigan, o'zaro juda kichik yoy masofada joylashgan obyektlarni ajratib ko'rsatish.

Endi oddiy refraktorning ishlash tamoyili bilan tanishaylik. Bunda teleskop obyektivi yoritgichdan kelayotgan nurni uning fokusi F da yig'adi va shu nuqtadan bosh optik o'qqa tik o'tuvchi tekislikda (fokal tekisligida) yoritgichning tasvirini yasaydi. Yasalgan tasvirga lupa rolini o'tovchi qavariq linza (okular) yordamida qarab, kuzatilayotgan osmon jismi (planeta, Oy yoki Quyosh) burchak o'lchamining kattalashganini ko'ramiz. Binobarin, teleskop bizga qaralayotgan osmon jismini

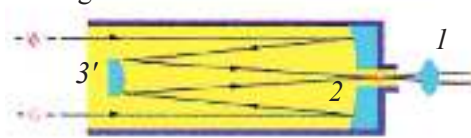


34-rasm. Linza teleskop (refraktor)ning tuzilishi (nurning yo'li).

Nyuton sistemasi



Kassegren sistemasi



Lomonosov-Gershel sistemasi



35-rasm. Ko'zguli teleskop (reflektor)larning tuzilishi: 1 – okular; 2 – obyektiv; 3 – yassi ko'zgu; 3' – qavariq ko'zgu).



36-rasm. Galiley yasagan birinchi teleskop-refraktor.



37-rasm. Shimoliy Kavkazdagi ko'zgusining diametri 6 metrli teleskop-reflektor minorasining ko'rinishi.

ham ravshanlashtirib, ham kattalashtirib berayotganiga guvoh bo'lamiz. Yasalgan tasvirning ravshanlashishi teleskop obyektivining diametriga va fokus masofasiga, aniqrog'i, ularning nisbati $\left(\frac{D}{f}\right)^2$ ga bog'liq bo'lgani holda, uning kattalashtirishi obyektiv va okularning fokus masofalarining nisbati $\frac{F}{f} = \frac{\beta}{\alpha}$ ga bog'liq bo'ladi.

Teleskop tasvirning ajrata olish xususiyati λ/D bilan xarakterlanadi. Bu yerda λ nurning to'lqin uzunligini, D esa teleskop obyektivining diametrini xarakterlaydi.



38-rasm. Diametri 8 metrli teleskop ko'zgusiga sexda sayqal berish jarayoni.

Tasvirni fotoplastinka yoki fotoelektrik yo'l bilan qayd qilishga mo'ljallangan bo'lsa, unda okular kerak bo'lmay, fotoplastinka yoki elektrofotometrning kiritish diafragmasi bevosita teleskopning fokal tekisligida joylashtiriladi.

Birinchi refraktor mashhur italyan olimi G.Galiley tomonidan 1610-yili ishga tushirildi (36-rasm). Birinchi reflektorni esa 1648-yilda taniqli ingliz olimi I.Nyuton yasadi.

Dunyodagi eng yirik refraktor obyektivining diametri 1 metrni tashkil etib, u AQSHda qurilgan. Nisbatan yirik reflektorlardan biri ko'zgusining diametri 6 m bo'lib, Shimoliy Kavkazda o'rnatilgan (37-rasm). O'zbekistonda eng yirik refraktor teleskopi (qo'shaloq astrograf) Kitob shahri yaqinidagi sobiq Xalqaro kenglik stansiyasida joylashgan. Uning obyektivining diametri 40 santimert. Qashqadaryo viloyatining Qamashi tumani hududida taxminan 3000 metr balandlikdagi Maydanak tog'larida yirik astronomik observatoriya qurilgan bo'lib, u yerda o'rnatilgan reflektorning diametri 1,5 metr keladi.

30-§. Teleskoplarning asosiy xarakteristik kattaliklari **

Teleskopning xususiyatini xarakterlovchi asosiy parametrlar uning obyektivining diametri D va fokus oralig'i F bo'lib, obyektiv yig'adigan yorug'lik oqimi:

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

bo'ladi, bu yerda: E – obyektivning yoritilganligini; S – yuzasini; R esa uning radiusini xarakterlaydi.

Teleskopni xarakterlovchi boshqa bir parametr *nisbiy teshik* yoki *yorug'lik kuchi* deyilib, u $A = \frac{D}{F}$ ifoda bilan belgilanadi. Obyektiv yasagan nuqtaviy bo'l-magan obyekt tasvirining yoritilganligi

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

bo'lib, nisbiy teshikning kvadratiga proporsional bo'ladi. Biroq teleskopning nisbiy teshigini istalgancha katta qilishga bosh optik o'qdan tashqari aberratsiyaning vujudga kelishi xalaqit qiladi. Shuning uchun ham reflektorda nisbiy teshikni 0,33 gacha, ko'zguli-linzali teleskoplarda esa 1 gachagina olish mumkin.

Vizual teleskoplarning boshqa bir asosiy xarakteristikasi teleskopning *kattalashtirishi* bo'lib, u obyektivning F fokus oralig'ining f okularning fokus oralig'iga nisbati bilan topiladi:

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

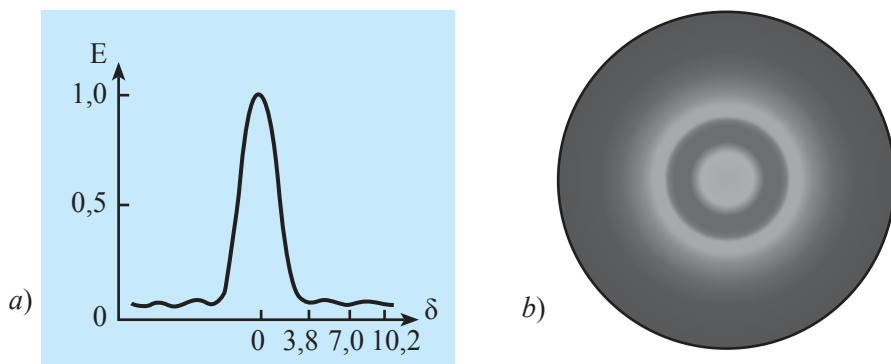
bu yerda: α – yoritgichning oddiy ko'z bilan qaralgandagi ko'rinish burchagini; β – teleskop orqali qaralganda uning ko'rinish burchagini xarakterlaydi

(34-rasmga qarang). Ma'lum obyektivli teleskopda uning kattalashtirishi tanlangan okularning fokus oralig'iga bog'liq bo'lib, u oraliq qancha kichik bo'lsa, shuncha katta kattalashtirishga erishiladi. Biroq bu ma'lum obyektiv uchun istalgancha kichik fokus oraliqli okularni qo'llab, teleskopda xohlagancha kattalashtirishga erishish mumkin degani emas. Chunki kattalashtirish ortgani sayin, teleskopda ko'rish maydoni unda yasalgan tasvir uchun torlik qilib qoladi. Masalan, 30 marta kattalashtiruvchi teleskopda, diametrining yoy o'lchami 32' bo'lgan Oy butunlay ko'rinsa, 300 marta kattalashtiruvchi teleskopda uning ko'rish maydoni Oy sirtining faqat bir qisminigina (anchayin mayda detallari bilan, albatta) sig'dira oladi. Shu tufayli ma'lum teleskopda maksimal foydali kattalashtirishga erishish uchun, fokus oraliqlari aniq qiymat bilan chegaralangan okulardan foydalaniladi. Normal teleskoplarning maksimal foydali kattalashtirishi millimetrlarda hisoblangan obyektiv diametridan taxminan ikki marta katta bo'ladi.

Teleskopni xarakterlovchi yana bir muhim parametr *uning burchagiy ajrata olish kuchi* deyilib, tasvirning sifatini xarakterlaydi. Garchi bir qarashda, go'yo teleskop qancha ko'p kattalashtirsa, tasvirda kuzatilayotgan obyektning shuncha mayda detallarini ko'rish mumkindek tuyulsa-da, aslida difraksiya hodisasi tufayli eng sifatli obyektiv ham nuqtaviy obyektning tasvirini nuqta ko'rinishida yasay olmaydi. Teleskopning fokal tekisligida nuqtaviy tasvir o'rniga difraksion halqalar bilan o'ralgan dumaloq dog'cha vujudga kelib (39-rasm: *a* – tasvirning konturi; *b* – obyektning tasviri), bu dumaloq dog'chaning burchak diametri

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

ifoda bilan radianda o'lchanadi; bu yerda: *D* – obyektivning diametrini; λ – yorug'likning to'lqin uzunligini xarakterlaydi. Agar teleskopda nurlanishni qayd qiluvchi (priyomnik) vazifasini ko'z bajarayotgan bo'lsa, uning *ajrata olish kuchini* topish uchun λ o'rniga ko'zning spektral sezgirlikning maksimumiga to'g'ri kelgan nurlanishning to'lqin uzunligi ($\lambda=5500 \text{ \AA}$) olinadi. Bordi-yu nurlanish fotografik yoki fotoelektrik yo'l bilan qayd qilinayotgan bo'lsa, λ uchun, mos ravishda, fotografik emulsiyaning yoki fotokuchaytirgich katodining spektral sezgirliklari maksimumiga to'g'ri kelgan nurlanishlarning to'lqin uzunliklaridan foydalaniladi. Lekin shuni ham aytish kerakki, yuqoridagi ifodadan topilgan δ ning qiymati teleskopning *nazariy ajrata olish kuchi*



39-rasm. Teleskop tasvirida nuqtaviy manba ravshanligining taqsimlanishi.

deyilib, amalda esa teleskopning ajrata olish kuchini obyektдан kelayotgan nur yoʻnalishidagi Yer atmosferasi qatlamlarining toʻlqinlanishi vujudga keltiradigan tasvir tebranishining titrash darajasi belgilaydi. Titrash darajasi joyning astroiqlim sharoitlari, teleskop minorasining kattaligi hamda konstruksiyasi va boshqa omillarga bogʻliq boʻladi.

Bu kattaliklar (λ va D) sm larda oʻlchanganda δ radianlarda chiqadi. 1 radian $\sim 0,2'' \cdot 10^6$ yoy sekundiga teng boʻlgandan topilgan natija bu songa koʻpaytirilsa, natija ham yoy sekundlarida chiqadi.

31-§. Radioteleskoplar haqida tushuncha

Astronomiyada radionurlanishlarni qayd qilish uchun radioteleskoplardan foydalaniladi. Odatda, radioteleskoplar juda katta antennalarga (ularning uzun toʻlqinlarda ishlashi bunga imkon beradi) ega boʻlib, ular juda sezgir priyomniklarga ulangan boʻladi. Qabul qilingan radiosignallar ularda kuchaytirilib, soʻngra maxsus elektron hisoblash mashinalari bilan bogʻlangan signallarni qayd qilish apparaturalariga uzatiladi va ularda yozib olinadi.

Radioteleskoplarning antenasi oddiy radioaloqa antennalaridan farq qilib, yuqori yoʻnalganlik xususiyatiga ega. Shu bois ular osmonning juda kichik qismidagi radionurlanish manbalarini ajratib koʻra olish imkoniga ega boʻladi. Radionurlanish uchun muhim parametr hisoblangan teleskopning ajrata olish xususiyati radioteleskoplarda ham optik teleskoplardagi kabi aniqlanib, λ/D (bu yerda λ radiotoʻlqin uzunligini, D esa radioteleskop koʻzgusining diametrini

xarakterlaydi) ifoda bilan topiladi. Bunda radioto‘lqinning uzunligi optik nurlarning to‘lqin uzunligidan millionlab marta katta bo‘ladi.

Shimoliy Kavkazda o‘rnatilgan, radioteleskopining diametri 600 metr bo‘lgan o‘zgaruvchan profilli antenna (RATAN-600) Yevropadagi eng yirik teleskop sanaladi. Shuningdek, ayni paytda yuqori ajrata olish xususiyatiga ega bo‘lgan radioteleskoplar bir-biridan juda katta masofada yotuvchi antennalar sistemasi yordamida ham amalga oshiriladi. Radioantennalarning bunday sistemasi asosida ishlaydigan radioteleskoplar *radiointerferometrlar* deb ataladi. Bunday radioantennalar sistemasi bir-biridan juda katta masofada (ba’zan turli Yer qit’alarida) yotib, ular ma’lum radioobyektni bir vaqtda kuzatish imkoniga egadir. Radioteleskoplarning fokuslarida yig‘ilgan radioto‘lqinlarning interferensiya jarayoni asosida qayd qilingandan katta ajrata olish xususiyatiga erishadi.

Ayni paytda planetamizda o‘ta sezgir radioteleskoplar ishlaydi. Ko‘zgusining diametri 65 m (Avstraliya), 76 m (Angliya), 100 m (Germaniya), 300 m (AQSH) va 600 m (Rossiya) keladigan radioteleskoplar Koinotning tabiiy radiostansiyalaridan astronomlarga «axborot» beradi. Dunyodagi eng quvvatli radioteleskop AQSHning Puerto-Riko orolida o‘rnatilgan (*40-rasm*).

O‘zbekiston hududida Jizzax viloyatining Zomin tumani tog‘ etagining Supa nomli joyida metall ko‘zgusining diametri 70 metr keladigan yirik radioteleskop qurilmoqda (*41-rasm*). Bu teleskop Koinotning «radioyuzi»ni mayda detallari bilan ko‘rishga imkon beradi.



40-rasm. AQSHning Puerto-Riko orolida o‘rnatilgan dunyodagi eng quvvatli radioteleskop.



41-rasm. Jizzax viloyati Zomin tog‘lari etagida qurilayotgan, metall ko‘zgusining diametri 70 metrli radioteleskop.

32-§. Ulug‘bek rasadxonasining «bosh teleskopi»

Ulug‘bek rasadxonasi. Osmon jismlarini o‘rganishda buyuk vatandoshlarimizning ham xizmatlari katta bo‘lgan. Ulardan biri Amir Temurning nabirasi Mirzo Ulug‘bekdir (1394–1449). XV asrda Ulug‘bek Movarounnahrning taniqli astronomlaridan Qozizoda Rumiy, Jamshid Koshiylarni Samarqandga taklif etib, ular bilan osmon jismlarini tekshiradigan astronomik rasadxona, jumladan, eng yirik kuzatish asbobi – *sestantni* qurish bo‘yicha maslahat qildi. Olimlar bir ovozdan bu fikrni ma’qullashgach, 1420-yillarning boshida Samarqandning Ko‘hak degan tepalik ustida radiusi 40,2 metrga teng bo‘lgan astronomik kuzatish asbobini qurishni boshladilar (42-rasm). Bu asbob yordamida olimlar Quyosh, Oy va planetalarning yulduzlar oralab harakatlarini, mingdan ortiq yulduzlarning koordinatalarini aniqladilar va shular asosida Movarounnahrdagi yuzlab shaharlarning koordinatalarini topdilar. Mazkur asbob yoyi aylanasi uzunligining $\frac{1}{6}$ qismini, aniqrog‘i, 70° ini tashkil qilib, salkam 50 metrga teng edi. Bu astronomik asbob Yer sirtida 11 metrcha chuqurlikdan boshlanib, mazkur sirtidan ko‘tarilgan, balandligi esa qariyb 30 metr kelardi. Asbobning 1° ga teng yoyining uzunligi 70,2 cm ga to‘g‘ri kelib, o‘lchash aniqligi $10''$ li yoyga teng edi. Bu ulkan kuzatish asbobi yuz yillar davomida Samarqand «boshidan kechirgan» urushlar oqibatida nurab vayron bo‘ldi va keyinchalik izsiz yo‘qoldi.

1908-yili arxeolog V.L.Vyatkin tomonidan uning o‘rni aniqlanib, tuproqdan tozalangach, uning qoldiqlari hisoblangan yerosti qismi



Mirzo Ulug‘bek.



42-rasm. Ulug‘bek «teleskopi»ning qoldiq qismi.

ochildi. Samarqandda o'rnatilgan bu yirik «teleskop» minorasining tashqi ko'rinishi aslida qanday bo'lganligi noma'lum bo'lib, olimlar orasida tortishuv hanuzgacha davom etmoqda.

Ulug'bek rasadxonasi o'rta asrlarda dunyodagi mavjud rasadxonalar ichida eng yirigi bo'lib, o'lchash aniqligi va hashamatligi bilan ajralib turgan. Samarqand rasadxonasida Ulug'bekdan tashqari Jamshid Koshiy, Qozizoda Rumi, Mo'yniddin Koshiy, Ali Qushchilar faoliyat ko'rsatdilar. Mazkur maktab olimlari merosi maxsus «Zij»da yoritilgan.

Savol va topshiriqlar:

1. Teleskoplar osmon jismini qanday qilib kattalashtiradi va yaqinlashtiradi?
2. Teleskoplarning qanday xarakteristik kattaliklarini bilasiz?
3. Ulug'bek rasadxonasining asosiy kuzatish asbobi qanday ataladi?
4. Ulug'bek rasadxonasida astronomlar tomonidan bajarilgan asosiy ishlar haqida nimalar bilasiz?

12-MAVZU. 33-§. Nurlanish qonunlari va osmon jismlarining fizik tabiatlarini spektral metodlar yordamida o'rganish

Ko'pchilik osmon yoritgichlarining nurlanishlari ular haqidagi fizik ma'lumotlarning manbayi hisoblanadi. Ularning nurlanish spektrini o'rganish orqali yoritgich manbayining miqdoriy tarkibi, temperaturasi, magnit maydoni, qarash chizig'i yo'nalishida harakat tezligi (nuriy tezlik) va ularning boshqa fizik xarakteristikalariga doir ma'lumotlarni olish mumkin. Bunday metod *spektral analiz* deb yuritilib, u yorug'likning dispersiya hodisasiga asoslangan. Xususan, qizdirilgan jism sirtidan chiqayotgan nurlanish energiyasi uning absolut temperaturasi bilan 4-darajasiga proporsional. Uning 1 m² yuzasidan chiqayotgan energiyasi Stefan-Bolsman qonuniga ko'ra $\epsilon = \sigma T^4$ dan boshlanadi, bunda σ doimiylik $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ J}/(\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{s})$ ga teng.

Yorug'lik nurlari elektromagnit to'lqinlar tarzida tarqaladi. Bunda har bir rangiga bu to'lqinlarning ma'lum uzunlikdagisi to'g'ri keladi. Yorug'lik nurining spektrida ko'zga ko'rinadigan to'lqin uzunliklari qizil nurlardan binafsha nurlarga tomon taxminan 0,7 mkm dan to 0,4 mkm gacha kamayib boradi. Spektrda binafsha nurlardan keyin turadigan va ko'zga ko'rinmaydigan ultrabinafsha

nurlar, sezgirligi bu nurlarda yuqori bo‘lgan fotoplastinkalarda qayd qilinadi. Yoritgichlardan keladigan undan ham qisqa to‘lqinli nurlar *rentgen nurlar* deyilib, yer atmosferasidan o‘ta olmasligi tufayli ularni Yer atmosferasidan tashqarida, kosmik stansiyalarga o‘rnatilgan maxsus teleskoplardagina kuzatish mumkin. Hozirgi paytda spektrning qizil uchastkasida yotgan infraqizil va radionurlarni ham maxsus qayd qilgich qurilmalar yordamida kuzatish mumkin.

Quyosh va yuduzlar atmosferasi qaynoq gaz bilan qoplangani bois ularning uzluksiz spektri nurlanishi yulduzlar atmosferasidan o‘tishda u yerdagi atomlar tomonidan yutilgani tufayli, qora chiziqlar bilan kesilgan yutilish spektri ko‘rinishini oladi. Shu bois Quyosh va yulduzlarning spektri yutilish spektrlaridir (43-rasm).

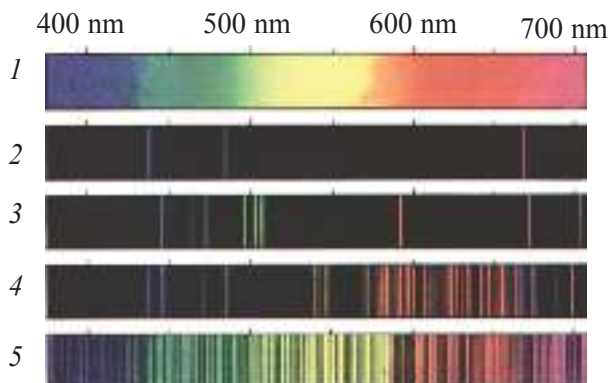
Osmon jismining Yerga nisbatan qarash chizig‘i yo‘nalishidagi nuriy tezligi uning spektrini tahlil qilish asosida topiladi. Agar yorug‘lik manbayi yerga yaqinlashayotgan bo‘lsa, ularning spektridagi chiziqlarning to‘lqin uzunligi spektrning qisqa to‘lqinli tomoniga kamayadi, agar u uzoqlashayotgan bo‘lsa, u holda chiziqlar spektrning uzun to‘lqinli tomoniga (qizil tomoniga) siljiydi.

Bunday hodisani quyidagi formula ko‘rinishida yozish mumkin:

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

bu yerda manbaning v – nuriy tezligini λ_0 – qo‘zg‘almas manbadan kelayotgan nurning to‘lqin uzunligi; λ – harakatdagi manbaning to‘lqin uzunligi va c – yorug‘lik tezligi orqali aniqlash mumkin.

Spektrga ko‘ra yoritgichning temperaturasini ham aniqlash mumkin. Jism qip-qizil rangga kirguncha qizdirilsa, uning tutash spektrining qizil qismi qolgan



43-rasm. Yoritgichning tutash (1), solishtirish (2, 3, 4) va Quyoshning chiziqli (5) spektrlari.

qismlariga nisbatan ravshan ko‘rinadi. U yanada qizdirilsa, uning spektridagi ravshan sohasi tartib bilan sariq, yashil, keyin havorang qismlarga siljib boradi. Bu hodisa yoritgich spektridagi nurlanish energiyasi maksimumiga mos to‘lqin uzunligining manba temperaturasiga bog‘liqligini Vinning ushbu

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

formulasi yordamida aniqlashga imkon beradi.

Nurlanayotgan plazma atomlari Quyosh dog‘ining magnit maydonida bo‘lganda, alohida spektral chiziqlarning bo‘laklarga bo‘linishi kuzatiladi (ayniqsa, Quyosh dog‘ining yadrosiga tegishli qismida). Bu hodisa *Zeeman effekti* deb yuritiladi. Zeeman effektiga ko‘ra, kuzatiladigan dog‘ sohasida magnit maydon kuchlanganligi vektorining qarash chizig‘i yo‘nalishiga nisbatan joylashganligiga qarab, spektral chiziq ikkita yoki uchta tashkil etuvchiga bo‘linadi. Bunda magnit maydoni kuchlanganligining kattaligi H , hosil bo‘lgan spektral chiziqlarning chetki komponentalar to‘lqin uzunliklarining ayirmasiga $\Delta\lambda$ proporsional bo‘lib, quyidagicha topiladi:

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

bu yerda k – proporsionallik koeffitsiyenti bo‘lib, u spektral chiziqlarning magnit sezgirligiga bog‘liq bo‘ladi.

Savol va topshiriqlar:

1. Optik nurlar elektromagnit to‘lqinlari shkalasida qanday intervalda yotadi?
2. Shkalada ko‘zga ko‘rinadigan va ko‘rinmaydigan nurlar qanday sohalarni egallaydi?
3. Ayni paytda optik astronomiyada yoritgichlar elektromagnit to‘lqinlari shkalasining qanday to‘lqin uzunliklarida o‘rganiladi?
4. Yoritgich spektridagi nurlanish energiyasi maksimumi to‘lqin uzunligi asosida uning temperaturasi qanday aniqlanadi?
5. Spekrda manbaning magnit maydoni bo‘lsa, uning kuchlanganligi qanday topiladi?

IV BOB. QUYOSH SISTEMASI JISMLARINING FIZIK TABIATI

13-MAVZU. 34-§. Quyosh eng yaqin yulduz. Quyosh haqida umumiy ma'lumot

Agar Quyosh so'nsa, Yerni qorong'ilik qoplab olardi, chunki Quyoshning yorug'ligini qaytarish hisobiga ko'rinadigan Oy va planetalar ham osmonda ko'rinmay qolib, faqat yulduzlarga xira shu'lalari bilan Yerni yoritardi, xolos. Shuningdek, butun Yer yuzini izg'irin sovuq o'z «iskanasiga» oladi. Bir haftaga qolmay tropiklar qor bilan qoplanar, daryolar oqishdan to'xtab, dengiz va okeanlar sekin-asta tubigacha muzlar, shamol ham esishdan to'xtardi.

Shuning uchun ham hayotimizning manbayi bo'lmish Quyosh har jihatdan diqqatga sazovor osmon jismi hisoblanadi. Quyosh milliardlab yulduzlarning bir vakili bo'lib, kattaligi va temperaturasiga ko'ra o'rtacha yulduzdir. Biroq planetamiz Yer uning yo'ldoshi sifatida boshqa yulduzlarga nisbatan Quyoshga millionlab marta yaqin bo'lganidan, yulduzlardan farq qilib, Quyosh bizga kattagina burchak (32') ostida ko'rinadi.

Yer ham boshqa planetalar qatorida Quyosh atrofida aylanma harakat qiladi. Yerdan Quyoshgacha bo'lgan masofa aniq o'lchanib (149,6 million kilometr), bir astronomik birlik (1 a.b.) deb yuritiladi. Nur bu masofani salkam 8,5 minutda bosib o'tadi. Quyoshning diametri 1 million 391 ming kilometr bo'lib, Yer diametridan taxminan 110 marta katta. Boshqacha aytganda, Quyosh hajmiga 1 million 300 mingdan ortiq Yer hajmidagi jism sig'adi. Massasi Yernikidan 330 ming marta og'ir. 44-rasmda Quyoshning o'lchami uning yo'ldoshlari – planetalar o'lchamlari bilan solishtirilgan. Quyosh sirtining temperaturasi Selsiy shkalasida 5800 gradus atrofida bo'lib, bu temperatura markazga tomon ortib boradi va uning yadrosida taxminan 15 million gradusga yetadi.

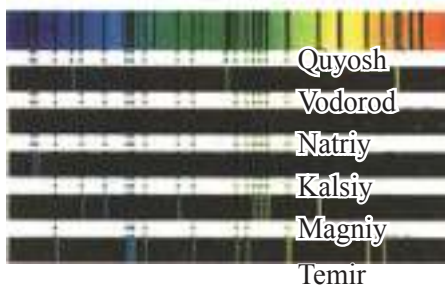
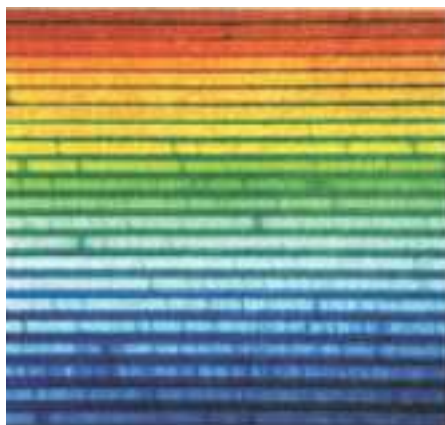
Quyoshning 1 sekund davomida chiqarayotgan energiyasi $4 \cdot 10^{26}$ J bo'lib, 12 ming trillion tonna ko'mirni yoqqanda ajraladigan energiya miqdoriga tengdir. Garchi uning Yerga tushayotgan energiyasining miqdori ham kam bo'lmasa-da, biroq u Quyoshdan ajralayotgan butun energiyaning atigi 2 milliarddan bir qisminigina tashkil qiladi.

Quyoshning markazida bosim 200 milliard atmosferaga yetadi. Uning o'rtacha zichligi $1,410 \text{ g/cm}^3$. Quyosh ulkan temperaturali olov shardan iborat bo'lib, uni



44-rasm. Quyoshning planetalar bilan solishtirilgan o'lchami.

45-rasm. Quyosh spektri. Yuqorida: qulaylik uchun qismlarga ajratilgan; pastda: uning turli kimyoviy elementlarga mosligi ko'rsatilgan.



tashkil qilgan gaz oddiy gazlardan farq qiladi va *plazma* deb yuritiladi. Plazma holatida modda asosan ionlashgan atomlar va erkin elektronlardan iborat bo'ladi.

Bunday yuqori temperaturali zich plazma tutash spektrni beradi. Biroq bunda nurlanish Quyoshning atmosfera qatlamlaridan o'tishda, turli atomlar tomonidan mos to'liq uzunliklaridagi nurlarning yutilishi tufayli Quyosh spektri chiziqli yutilish spektriga aylanadi (45-rasm). Quyosh ham barcha boshqa osmon jismlari kabi o'z o'qi atrofida aylanadi. Biroq uning aylanishi differensial bo'lib, ekvator sohasi o'rtacha 25 sutkalik davr bilan, qutblari sohasi esa 28–29 kunlik davr bilan aylanadi.

Quyosh doimiysi va Quyosh yorqinligi. Quyoshdan Yergacha bo'lgan o'rtacha masofada Yer atmosferasining tashqarisida Quyoshdan kelayotgan nurlarga perpendikular bo'lgan 1 cm² yuzaga 1 minut davomida tushayotgan energiyaning miqdori *Quyosh doimiysi* deb ataladi. Quyoshdan yuzaga kelayotgan uning energiyasi miqdori olimlar tomonidan sinchiklab o'rganilganda, uning qiymati

$2 \frac{\text{kal}}{\text{cm}^2 \cdot \text{min}}$ yoki xalqaro birlikda ($1,4 \cdot 10^3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$) ekanligi ma'lum bo'ldi.

Bu asosda topilgan Quyoshning to'la nurlanish energiyasi, ya'ni uning yorqinligini quyidagicha topish mumkin bo'lib, u $L_0 = 4 \cdot 10^{26} \text{ W}$ ga teng chiqadi.

Buning uchun Quyosh doimiysini ($1,4 \cdot 10^3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$), radiusi 1 a.b. bo'lgan sfera-ning yuzasiga ko'paytirilishi zarur bo'ladi. Bunda Quyosh energiyasi katta quvvatli Krasnoyarsk GESning energiyasidan ($6 \cdot 10^6 \text{ kW}$) $6,67 \cdot 10^{16}$ marta ko'p ekanligi ma'lum bo'ladi.

Savol va topshiriqlar:

1. Quyosh qanday osmon jismi hisoblanadi?
2. Quyoshning o'lchamlarini Yerning o'lchamlari bilan solishtiring.
3. Quyoshning fotosferasi qanday spektrga ega?
4. Quyosh qanday modda va elementlardan tashkil topgan?
5. Quyosh doimiysi deganda nima tushuniladi?

35-§. Quyosh fotosferasi va uning tuzilmalari. Quyosh dog'lari

Asosan, ko'zning ko'rish chegarasida yotuvchi to'lqin uzunligidagi nurlarni chiqaruvchi Quyosh atmosferasining ostki qatlami *fotosfera* deb ataladi (46-rasm). Fotosfera teleskoplar yordamida kuzatilganda, u oddiy ko'z bilan kuzatiladigan bir tekis ravshanlikka ega gardishdan katta farq qiladi. Stratosferada maxsus



46-rasm. Quyosh fotosferasi
(dog'lari bilan).

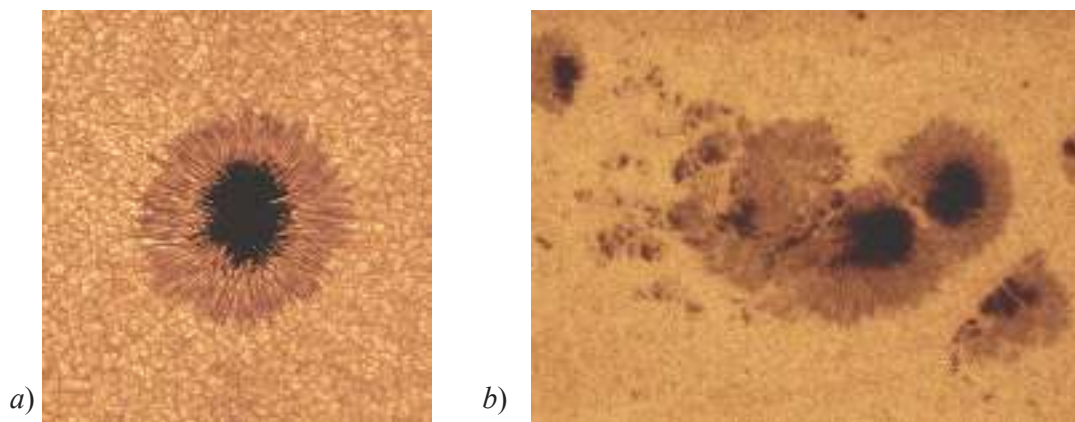


47-rasm. Quyosh sirtining haqiqiy
strukturasi – donadorlik (granulatsiya).

teleskop yordamida olingan Quyosh tasvirida koʻzga yaqqol tashlanadigan narsa uning sirtidagi asalari uyasini eslatuvchi donadorlikdir. Bunday donadorlik strukturasi fanda *granulatsiya* deb ataladi («granula» – mayda dona demakdir). Keyingi yillarda donadorlikning aniq rasmlari maxsus geliy gazi bilan toʻlatilgan ballonlarda stratosferaga uchirilgan Quyosh teleskoplari yordamida olindi. Bu rasmlar yordamida granularlarning ravshanligi, «yashash» davri va ularning fizik tabiatini spektral oʻrganishga doir koʻp yangi maʼlumotlar olindi. Jumladan, bu donador struktura fotosferada kechayotgan konvektiv jarayonni oʻzida aks ettirishi maʼlum boʻldi. Granularlarning oʻrtacha kattaligi 500 kilometrcha boʻlib, aslida 200 kilometrdan 700–800 kilometrgacha kattalikdagilari keng tarqalgan (47-rasm). Fotosferada granularlardan tashqari zanjirsimon shuʼlali sohalar ham teleskoplarda hosil qilingan Quyosh tasvirida koʻzga tashlanadi. Bunday sohalar *mashʼallar* deb ataladi. Mashʼallar aksariyat Quyosh dogʻlari bilan birgalikda uchraydi.

*Quyosh dogʻlari – magnit orollari**. Quyosh fotosferasida kuzatiladigan, fizik tabiati jihatidan jumboqlarga boy obyektlar uning *dogʻlaridir* (48-rasm). Quyosh dogʻlarining kattaligi turlicha boʻlib, ularning oʻlchami bir necha ming kilometrdan bir necha yuz ming kilometrgacha yetadi. Birinchi boʻlib 1610-yilda Galiley dogʻlar Quyoshning bevosita sirt qatlamiga tegishli ekanligini oʻzi yasagan teleskop yordamida kuzatib aniqladi.

Shundan buyon oʻtgan 4 asr vaqt davomida olimlar Quyosh dogʻlariga tegishli koʻp muammolarni, jumladan, ularning paydo boʻlishi va rivojlanishi hamda fizik



48-rasm. Quyosh dogʻlari: a) toʻgʻri dogʻ; b) dogʻ guruhi.

tabiatiga doir qator masalalarni hal qildilar. Quyosh dog‘larida kuchli magnit maydoni mujassamlashgan. Odatda, Quyoshda dog‘lar yakka holda juda kam uchraydi (48-a rasm). Ular guruh-guruh holida ko‘proq kuzatiladi (48-b rasm). Ma’lum dog‘ guruhida bitta yoki ikkita yirik qarama-qarshi magnit qutbiga ega bo‘lgan dog‘dan tashqari yana bir necha mayda dog‘lar bo‘ladi. Quyosh dog‘larining temperaturasi fotosferanikidan o‘rtacha 1500 °C ga pastligi tufayli ular fotosferada qorayib ko‘rinadi.

Quyosh dog‘larining «yashash» davri turlicha bo‘lib, bir necha kundan bir-ikki oygacha davom etadi. Bir-ikki oy davomida «yashay oladigan» dog‘lar ko‘p uchramaydi. Dog‘lar Quyosh sirtining hamma qismlarida paydo bo‘lavermay, uning $\pm 5^\circ$ dan $\pm 40^\circ$ kengliklari orasidagi sohada paydo bo‘ladi.

Quyosh fizikasiga tegishli muhim muammolardan biri undagi dog‘lar sonining yillar mobaynida sistemali o‘zgarib turishidir. Quyosh dog‘lari soniga tegishli qariyb 100 yillik materialni yig‘ib va bir necha o‘n yil davomida havaskor astronomlar orasida Quyosh dog‘larini sistemali kuzatishni yo‘lga qo‘ygan shveysariyalik olim Rudolf Volf Quyosh dog‘lari soni o‘zgarishining o‘rtacha davrini 11,1 yilga teng deb topdi.

Quyosh dog‘lari Quyoshdagi eng aktiv jarayonlardan ekanligi va Quyosh atmosferasi qatlamlarida uchraydigan barcha boshqa aktiv hodisalar bilan bevosita bog‘lanishda bo‘lganligi tufayli, Quyosh dog‘lari sonining 11,1 yillik davri *Quyosh faolligining davri* sifatida qabul qilingan.

Savol va topshiriqlar:

1. Quyosh fotosferasi deganda uning qaysi qatlamini tushunasiz?
2. Quyosh fotosferasida yaxshi kuzatish sharoitida qanday obyektlar kuzatiladi?
3. Granulatsiya (donadorlik) qanday ko‘rinishli struktura?
4. Quyosh dog‘larining ochilish tarixi haqida so‘zlab bering.
5. Dog‘lar fotosferada nimaga qorayib ko‘rinadi?
6. Alohida dog‘ va dog‘ guruhlarining magnit maydoni xususiyatlari qanday?
7. Quyoshda dog‘lar soni o‘rtacha qanday davr bilan o‘zgaradi?

Protuberaneslar – alanga «til»lari. Quyoshning fotosferadan yuqori qatlami *xromosfera* deyilib (yunoncha «*xromos*» – rang), balandligi 14000 km gacha boradi (49-rasm). Bu qatlamda uchraydigan ulkan obyektlardan biri protuberaneslardir. Quyoshdagi bu obyektlar tashqi ko‘rinishi bilan gulxan alangasining «tili»ni eslatadi. Alanga «til»larining spektri ularda gaz bosimi, temperaturasi va harakat tezligi kabi fizik kattaliklarini aniqlashga imkon beradi.

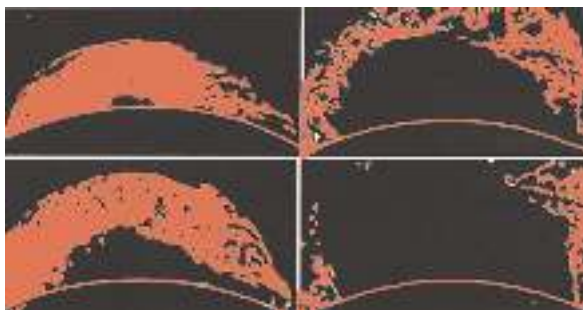
Ayniqsa, 1920-yilda fransuz olimi Y.Petit taklif qilgan va ayni paytda qo‘l-laniladigan metod xromosfera spektrining maxsus chiziqlarida ularni katta tezlik bilan kinoga olishga (sekundiga 16 kadr) imkon berib, tez o‘zgaradigan protuberaneslarning evolutsiyasini o‘rganish uchun juda qo‘l keldi. Protuberaneslar ham xromosferaning nurlanishi kabi kalsiyning ionlashgan chiziqlari (H va K) va vodorodning qizil ($H\alpha$ – to‘lqin uzunligi 6562\AA , $1\text{\AA}=10^{-8}\text{ cm}$) chizig‘ida kuchli nurlanadi. Shuning uchun ham u ko‘plab observatoriyalarda (jumladan, Toshkent observatoriyasida ham) shu chiziqning to‘lqin uzunligiga to‘g‘ri kelgan nurni o‘tkazuvchi monoxromatik filtrlar bilan qurollangan teleskoplarda o‘rganiladi. Bu nurda (6562\AA) olingan xromosferaning tasvirida protuberaneslar Quyosh diskida proyeksiyalanib, cho‘zinchoq egilgan qora tolalar ko‘rinishida bo‘ladi. Quyosh diametrini bilgan holda bu tola (protuberanes)larning o‘lchami aniqlanganda, ularning eni 6000–10000 km, uzunligi esa bir necha yuz ming kilometrgacha borishi ma’lum bo‘ldi. Alanga tili ko‘rinishida Quyosh chetidan ko‘tarilgan protuberaneslarning balandligi ham bir necha yuz ming kilometrdan kam bo‘lmashligi, ular Quyoshda naqadar ulkan jarayonlardan biri ekanligidan darak beradi.



49-rasm. Xromosferaning ulkan obyektlaridan biri – protuberaneslar.

Protuberaneslarning rivojlanishida magnet maydonining roli katta. Ularga tegishli magnet maydonining kuchlanganligini o‘lchash bunday tajribaning biroz bo‘lsa-da murakkabligi tufayli faqat o‘tgan asrning 60-yillaridagina yo‘lga qo‘yildi.

Protuberaneslar atrof xromosferaga nisbatan ancha zich plazma bulut (temperaturasi $5000\text{--}10000\text{ }^{\circ}\text{C}$, zichligi – 1 kub santimetrdan $10^{10}\text{--}10^{12}$ zarraga to‘g‘ri keladi)dan iborat



50-rasm. Quyosh dog‘lari bilan bog‘liq aktiv protuberanesning rivojlanishi.



51-rasm. Xromosferaning eng quvvatli obyekti – chaqnashlar.

bo‘lib, qariyb yuz marta issiqroq Quyosh toji bilan o‘ralgan. Protuberaneslar Quyosh gardishi chetida tepalik, pichan g‘arami, sirtmoqsimon va voronka kabi turli ko‘rinishlarda bo‘ladi. Ular aktivliklariga ko‘ra bir-biridan farqlanuvchi sokin, aktiv va eruptiv guruhlarga ajratilib o‘rganiladi. Aktiv va eruptiv protuberaneslar Quyosh dog‘lari bilan bevosita bog‘lanishda bo‘ladi (50-rasm).

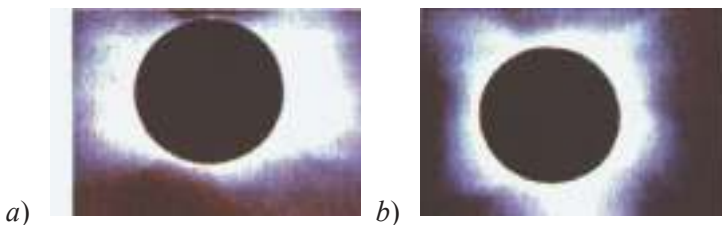
Xromosfera chaqnashlari. Quyoshda kuzatiladigan eng kuchli jarayonlardan boshqa biri *xromosfera chaqnashlaridir* (51-rasm). Bir necha minut davom etgan chaqnashdan ajraladigan energiyaning miqdori soatiga 100 trilliondan ming kvadrillion kilovatt ($10^{14} \div 10^{18}$ kW)gacha yetadi. Bu degani bitta kuchli Quyosh chaqnashi davomida ajralayotgan energiya Yerdagi butun yoqilg‘i zaxiralarining yonishidan ajraladigan energiya miqdoriga teng, demakdir.

Xromosfera chaqnashlari Quyosh dog‘lari bilan chambarchas bog‘liq bo‘lib, asosan, Quyoshning dog‘li sohalari yaqinida uchraydi.

Chaqnash sohasidagi gaz harakatini atomlarning spektral chiziqlarining holatiga ko‘ra o‘rganish, zarrachalar oqimining Quyoshdan tashqariga otilish tezligi sekundiga 500 dan 1000 kilometrgacha yetishini ma‘lum qiladi. Quyoshdan ko‘tarilgan siyrak korpuskular zarrachalarning oqimi «*quyosh shamoli*» deb yuritiladi. Bunday «shamol» 1,5–2 kunda Yer orbitasigacha yetib keladi. Quyosh shamoli Yerga yetib kelgach, turli geofizik hodisalarda o‘z aksini topadi va Yerning biosferasiga ham sezilarli darajada ta‘sir qiladi.

Quyosh toji. Quyosh to‘la tutilayotganda, ya‘ni Oy gardishi uni bizdan butunlay to‘sganda, Quyosh atrofida osmonning qora fonida, 1–2 Quyosh radiusi (ba‘zan undan ortiq) masofasigacha cho‘zilgan xira kumushsimon yog‘du

52-rasm. Quyosh tojining uning aktivligining darajasiga bogʻliqligi: a) aktivligining maksimumida; b) aktivligining pasayganida.



kuzatiladi (52-rasm). Quyosh toji deyiladigan bu hodisani kishilar juda qadimdan Quyosh toʻla tutilgan chogʻlarida kuzatganlar.

Tojning umumiy shakli Quyoshning aktivlik darajasi bilan bevosita bogʻliq boʻlib, u dogʻlar sonining *maksimumga* erishgan davrida Quyosh atrofini, Quyoshning aktiv sohalarining joylashishiga koʻra, turli xil balandlikda oʻraydi (52-a rasm), *minimum* davrida esa kumushrang shuʻla ekvator tekisligidagina kattaroq balandlikka koʻtariladi (52-b rasm).

Tojdagi kuzatiladigan oʻzgarishlar, jumladan, toj strukturasi xususiyatlari Quyosh atmosferasining tojosti qatlamlarida kechadigan aktiv hodisalar bilan bogʻlanishda ekanligini koʻrsatadi. Quyosh tojida kuzatiladigan eng yorugʻ va radius boʻyicha choʻzilgan oqimlari, asosan, fotosferadagi dogʻli sohalarining ustida uchraydi.

Quyoshning radiodiapazonda kuchli nurlanadigan qismi uning atmosferasining toj qatlamiga toʻgʻri keladi.

37-§. Quyosh energiyasining manbayi *

Tabiatning energiya uchun universal qonunidan maʼlumki, energiya saqlanish xususiyatiga ega: u bordan yoʻq boʻlmaydi va aksincha, yoʻqdan vujudga ham kelmaydi. Shunday ekan, tunda porlayotgan minglab yulduzlar va Quyoshimizning energiya manbayi nimada, degan tabiiy savol tugʻiladi. Quyoshning aniqlangan «yoshi» salkam 4,8 milliard yilga teng. Bunday katta davr davomida tinimsiz nurlanayotgan Quyosh, jumladan, yulduzlarning yoʻqotayotgan energiyasi qanday fizik jarayon hisobiga toʻlatilib turilishi muammosini hal qilish astronomlarning asriy orzularidan hisoblanar edi. 1938–1939-yillarga kelib, astrofiziklardan A.Edington, K.Veyszekker va G.Byoteler yulduzlarning energiya manbayi boʻla oladigan yadroviy reaksiyalarning nazariy hisob-kitobini ishlab chiqdilar.

Ma'lumki, atom yadrosini tashkil qiluvchi proton va neytronlar o'zaro juda katta tortishish kuchi (bu kuch yadroviy kuch deb yuritiladi) bilan bog'langan bo'ladi va shunga mos ravishda bog'lanish energiyasi ham juda katta bo'ladi. Bardi-yu, shunday bog'lanishdagi atom yadrosiga tashqaridan yana bir proton yoki neytron kira olsa, u yangi yadro hosil qiladi va yadrodan sezilarli energiyaning ajralib chiqishiga sabab bo'ladi. Chunki yadro zarrachalariga qo'shilgan yangi zarracha yadro kuchlari orqali ular bilan bog'lanadi. Natijada paydo bo'lgan ortiqcha energiya yadrodan proton yoki neytron bilan, yoxud elektron yoki pozitron bilan olib chiqib ketiladi. Bunday hodisa *yadroviy reaksiya* deyiladi. Biroq yangi proton yoki neytronning yadroga kirishi osonlikcha bo'lmaydi. Buning uchun kelib qo'shiladigan zarracha atom yadrosiga yadro kuchlari ta'siriga beriladigan darajada yaqin masofaga kelishi (proton uchun esa yadroning itarish kuchini ham yenggan holda) zarur bo'ladi. Demak, qo'shiluvchi proton yoki neytron yadro tomon juda katta tezlik bilan (ya'ni energiya bilan) yaqinlashishi lozim bo'ladi.

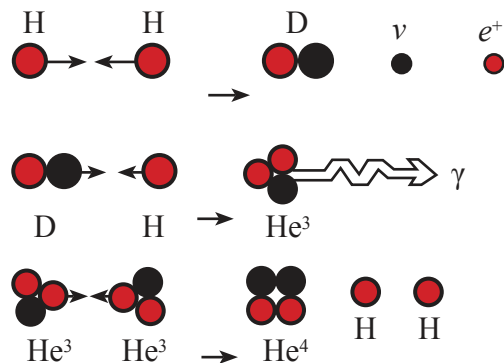
Nazariy hisoblashlar, yulduzlar (jumladan, Quyosh) markazidagi bir necha million gradusli temperatura protonlarga xuddi shunday tezlikni bera olishini, u yerda *termoyadro reaksiyasi* uchun qulay sharoit mavjudligini ma'lum qildi. Neytronlar esa bunday yuqori temperaturada turg'unligini yo'qotib, yarim soatga yetar-yetmay proton, elektron, neytrinoga parchalanib ketishi va yadroviy reaksiyalarda deyarli ishtirok etmasligini ko'rsatdi.

Yulduzlar markazidagi reaksiya (to'rtta protonning birikib, bitta geliy atomi yadrosini hosil qilishi)ning uzluksiz takrorlanishi yulduzning nurlanishi tufayli kosmik fazoga tarqalayotgan energiyasini to'ldirib turadi. Har bir protonning massasi atom birliklarida 1,00813 ni tashkil qilib, to'rtta protonniki 4,03252 bo'ladi. Geliy atomi yadrosining massasi 4,00389 ekanligini e'tiborga olsak, u holda mazkur yadroni hosil qiluvchi protonlar atom og'irligining 0,02863 birligiga ($4,03252 - 4,00389 = 0,02863$) teng bu massasi ajraladigan bog'lanish energiyasiga ekvivalent massa bo'lib, u *massa defekti* deb yuritiladi. Bitta geliy yadrosi hosil bo'lishida ajralgan energiya mashhur Eynshteyn formulasiga ko'ra:

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

ga teng bo'ladi. Bu yerda: $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/s – yorug'lik tezligi; m – massa defekti. Hisoblashlar: Quyosh markazida shunday yo'l bilan, har sekunda ajralayotgan energiya $4 \cdot 10^{26}$ W ni, ya'ni uning har sekunda yo'qotayotgan energiyasiga teng energiyaning tashkil etishini ma'lum qiladi. Hozirgi paytda to'rt protondan

53-rasm. Quyoshning yadrosida kechadigan proton-proton siklli yadroviy reaksiyaning ro'y berish jarayoni (H – vodorod; D – deyteriy; ν – neytrino; e^+ – pozitron; He^3 – geliy izotopi; He^4 – geliy; γ – gamma kvant).



geliy yadrosi hosil bo'lishi haqida ikki ketma-ketlik reaksiyasi ma'lum bo'lib, ulardan birinchisi *proton-proton siklli* (53-rasm) (aynan Quyosh markazida ro'y beradigani), ikkinchisi esa *uglerod-azot siklli* (ko'pincha yuqori sirt temperaturali yulduzlar markazida kechadigani) deb yuritiladi.

38-§. Quyosh aktivligi va uning Yerga ta'siri *

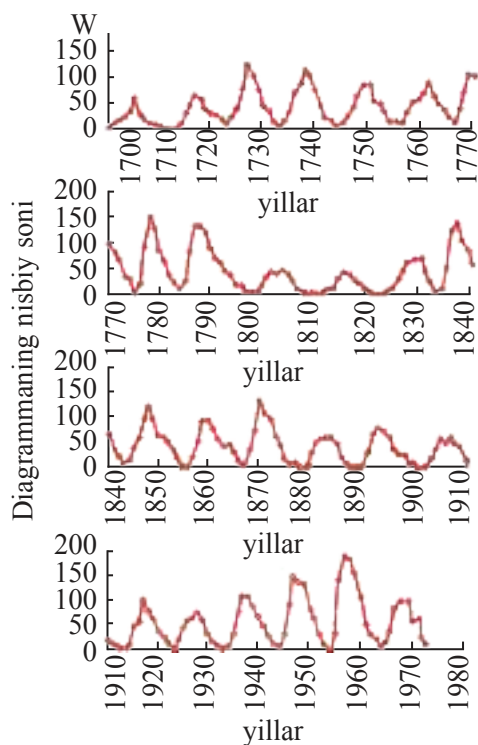
Yerda kuzatiladigan ko'plab fizik va biologik hodisalarning kechishi, xususan, iqlimning o'zgarishi, xilma-xil kasalliklarning davriy ravishda takrorlanishi, ionosferadagi hodisalar, Yerning magnit maydoni «bo'ronlari» va kosmonavtlar uchun radiatsiya xavfining tug'ilishi – bularning hammasiga Quyoshda ro'y beradigan turli aktiv jarayonlar sababchi ekanligi fanga anchadan buyon ma'lum. Garchi, bu muammo to'la hal qilinmagan bo'lsa-da, Quyosh aktivligining Yerda kuzatiladigan, eslatilgan hodisalar bilan aloqadorligini o'rganish borasida ko'p yutuqlar qo'lga kiritilgan.

Bir-biridan deyarli 150 million kilometr uzoqlikda joylashgan bu ikki osmon jismi (aniqrog'i, Quyosh va uning yo'ldoshi Yer) orasidagi kechadigan bunday uzviy bog'lanish qanday tushuntiriladi? Bu katta masofada vositachi rolini nima o'ynaydi?

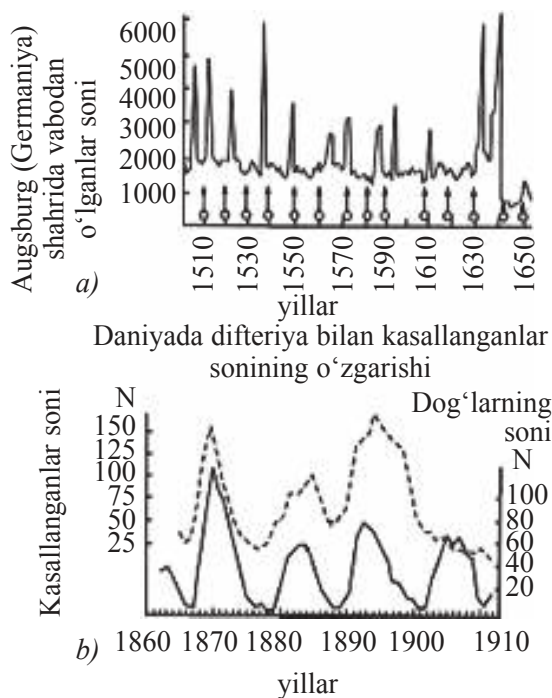
Yerda hayotning manbayi Quyosh ekanligi va bunda Quyosh nurlari yorituvchi va issiqlik baxsh etuvchi asosiy vositaligi qadimdan ma'lum. Biroq, shu bilan birga, Quyoshning elektromagnit to'lqinlarining ko'zga ko'rinmaydigan qisqa to'lqinli diapazonlarida ham yetarlicha intensiv nurlanish aniqlangan. Bu nurlar ultrabinafsha, rentgen va gamma-nurlari bo'lib, Quyoshdagi aktiv hodisalar

bu nurlar intensivligining ortishida asosiy manba bo‘lib xizmat qiladi. Quyosh chaqnashlari va eruptiv protuberaneslardagi portlashlar tufayli bu nurlar oqimiga katta energiyali elementar zarrachalar oqimi ham qo‘shiladi. «Quyosh shamoli» deyiluvchi bu oqimning intensivligi Quyosh aktivligining fazasiga mos ravishda o‘zgarib boradi.

Quyoshdan kelayotgan korpuskular zarrachalar, radiatsion nurlar intensivligining bu xilda o‘zgarib turishi Quyoshdagi dog‘lar sonining o‘zgarib turishi bilan bir xilda kechadi. 54-rasmda Quyosh aktivligining oxirgi bir necha o‘n yildagi o‘zgarishi aks ettirilgan. Shubhasiz, Quyosh shamoli Yerga yetib kelgach, turli geofizik hodisalarning, jumladan, *magnit bo‘ronlarining* kelib chiqishiga sabab bo‘ladi. Quyosh aktivligi, birinchi navbatda, Yer atmosferasining



54-rasm. Quyosh aktivligining (dog‘lari sonining yillar bo‘ylab) o‘zgarish grafigi.



55-rasm. Quyosh aktivligining maksimumi (doirachalar) bilan vabo (a) va difteriya (b) kasalliklarining birdan yoyilishi fazalari orasida bog‘lanish.

yuqori qatlamlarida «aks sado» berib, chiroyli qutb yogʻdularini vujudga keltiradi. Quyosh radiatsiyasi, shuningdek, ionosferaning ionlanish darajasini keskin orttiradi. Bu esa, oʻz navbatida, atmosferaning bu qatlamlarining elektr oʻtkazuvchanligi elektromagnit nurlarni qaytara olish xususiyatiga salbiy taʼsir koʻrsatadi.

Baʼzan Quyoshdan kelayotgan kuchli korpuskular oqim yuqori konsentratsiyali ionosferada qisqa toʻlqinli radionurlarning yutilish darajasini shu qadar orttiradiki, natijada uzoq masofaga qisqa toʻlqinli radiosignallarning uzatilishida bir necha minutali uzilish roʻy beradi.

Quyosh aktivligi va Yerdan roʻy beradigan epidemik kasalliklar orasidagi bogʻlanishni oʻrganishda rus olimi professor A.L. Chijevskiyning hissasi katta. U keng tarqaladigan oʻlat, vabo, difteriya, qaytalama terlama, boʻgʻma kabi epidemik kasalliklarni oʻrganib, ularning boshlanishi, rivojlanishi va tugashi Quyosh aktivligining turli fazalariga mos kelishini aniqladi (55-rasm).

R.P. Bogacheva va V.M. Boyko kabi olimlar esa oxirgi bir necha oʻn yillik davrda poliomiyelit (virusli miya shamollashi) kasalliklari dinamikasini Riga va Oʻzbekistonda oʻrganib, bu kasalliklarning avji Quyosh aktivligi davriy kechishiga mos kelishini aniqladilar. Olimlar Quyosh chaqnashining asab va yurak-tomir kasalliklariga taʼsirini oʻrganib, uning asab va yurak xastaligi kasalliklari bilan Quyosh chaqnashi orasida kuchli bogʻlanish mavjudligini topishdi. Biz Quyosh aktivligining Yer iqlimi sharoiti, oʻsimliklar biologiyasi va boshqa jarayonlarga taʼsiri muammolariga toʻxtalmadik. Biroq tekshirishlar aksariyat Quyosh aktivligi bu jarayonlarda ham oʻz aksini topishini koʻrsatadi.

Savol va topshiriqlar:

1. Quyosh atmosferasining qaysi qatlami xromosfera deyiladi?
2. Protuberaneslarning Quyosh dogʻlari bilan bogʻliqligi bormi?
3. Xromosfera chaqnashlarining quvvatini qanday tasavvur qilasiz?
4. Quyoshning radionurlanishi, asosan, atmosferasining qaysi qatlamida roʻy beradi?
5. Quyosh energiyasining manbayi nimada?
6. Quyosh aktivligi undagi qaysi obyektlarning soniga nisbatan belgilanadi?
7. Quyosh aktivligi Yer atmosferasidagi qanday hodisalarda va qanday kasallik bilan ogʻrigan bemorlarga salbiy taʼsir koʻrsatadi?

15-MAVZU. 39-§. Yer rusumidagi planetalar. Merkuriy va Venera

Merkuriy. Quyosh sistemasidagi sakkizta planeta ichida Quyoshga eng yaqini Merkuriy bo'lib, qadimda arablar uni Utorud deb atashgan. Utorudning orbitasi boshqa planetalarnikidan farq qilib, cho'zinchoq ellips shaklidir. Shuning uchun ham bu planetaning Quyoshdan uzoqligi 0,31 dan to 0,47 astronomik birlikkacha o'zgarib turadi. Planetaning Quyoshdan o'rtacha uzoqligi 57,91 million kilometrni tashkil qiladi. Merkuriyning diametri 4879 kilometr bo'lib, uning sirtida tortishish kuchi Yernikidan 2,6 marta kam. Boshqacha aytganda, og'irligi Yerda 80 kg bo'lgan odam Merkuriyda atigi 30 kg chiqadi. Bu planeta o'z orbitasi bo'ylab sekundiga o'rtacha 48 kilometr tezlik bilan harakatlanib, Quyosh atrofini 87,97 kunda to'la aylanib chiqadi.

Merkuriy sirtining kunduzgi o'rtacha temperaturasi +345 gradusgacha (Quyosh tik kelgan joylarida +480 gradusgacha – Selsiy shkalasida) ko'tarilgani holda, kechasi –180 gradusgacha pasayadi.

Planetalararo avtomatik stansiya 1974-yilda Merkuriydan 47 ming 981 kilometrlik masofadan o'tayotib, planeta sirtining 500 ga yaqin sifatli rasmlarini oldi. Bu rasmlar planeta «yuz tuzilishi» jihatidan Oyga juda o'xshashligini ko'rsatdi. Oy sirtidagi kabi Merkuriy yuzasi ham meteoritlar zarbidan «momataloq» bo'lib, turli kattaliklardagi kraterlar bilan qoplangani «Mariner-10» olgan planeta rasmlaridan shundoqqina ko'rinib turibdi (56- va 57-rasmlar).

Merkuriy sirt jinslarining zichligi Oynikidek, ya'ni $3,0\text{--}3,3\text{ g/cm}^3$ bo'lib, o'rtacha zichligi $5,44\text{ g/cm}^3$ ekanligi uning markaziy qismida temir yadrosi yoki



56-rasm. Merkuriy sirti
(«Mariner-10»dan olingan surat).



57-rasm. Merkuriy sirtining relyefi.

eng kamida silikat jinslar katta bosim ostida metallik holatga o'tayotganidan darak beradi. Planeta juda siyrak atmosferaga ega.

Merkuriyning yo'ldoshi yo'q.

Venera. Qadimgi rim afsonasida sevgi xudosining nomi bilan yuritiladigan bu planetaning Quyoshdan o'rtacha uzoqligi 108,81 million kilometrdir. Venera (o'zbekcha nomi Zuhro) orbitasi bo'ylab sekundiga 35 kilometr tezlik bilan harakatlanib, 225 kunda Quyosh atrofida bir marta to'la aylanib ulguradi.

Ravshanligi jihatidan Quyosh va Oydan keyin turadigan bu planeta juda qadimdan kishilar diqqatini o'ziga tortib, qo'zg'almas yulduzlar fonida harakatlanishi birinchi bo'lib sezilgan «adashgan» yoritgichdir. U tez-tez erta tongda Quyosh chiqishidan oldin sharqdan yarqirab ko'ringani bois unga «Tong yulduzi» ham deb nom berishgan.

1610-yildayoq G. Galiley o'zi yasagan teleskopda uni kuzatib, Veneraning Oy kabi turli fazalarda bo'lishining guvohi bo'ldi. Bu hodisa Venera ham Oy kabi shar shaklidagi osmon jismi ekanligining dastlabki isboti edi. Veneraning kattaligi salkam Yernikicha bo'lib, diametri 12 ming 104 kilometrni tashkil qiladi.

1761-yil 6-iyunda planetaning harakati Quyosh diskida proyeksiyalanib o'tdi. Bunday g'aroyib hodisani kuzatgan rus olimi M.V. Lomonosov Veneraning qalin atmosfera bilan qoplanganligini aniqladi.

Planetani kosmik apparatlar yordamida tekshirish XX asrning 60-yillaridan boshlangan, bu Veneraga tegishli ko'p jumboqlarni hal qilishga imkon berdi. Natijada Veneraning o'z o'qi va Quyosh atrofida haqiqiy aylanish davrlari aniqlandi.

Ma'lum bo'lishicha, planetaning aylanish o'qi uning orbita tekisligiga deyarli tik joylashib (anig'i 93°), unda Yerdagidek yil fasllari kuzatilmaydi. Shuningdek, planetani radioto'lqinlarda kuzatish Veneraning o'z o'qi atrofida yulduzlarga nisbatan aylanish davri 243,16 kunga tengligini hamda u Quyosh sistemasining (o'z o'qi atrofida) sharqdan g'arbga tomon aylanuvchi yagona planetasi ekanligini ma'lum qildi. «Tong yulduzi»ning bir kuni, ya'ni Quyoshga nisbatan o'z o'qi atrofida aylanish davri 117 Yer kuniga teng bo'lib, bir yili uning ikki kunidan sal kamroq chiqadi.

Ayniqsa, Veneraga sayohatga yo'l olgan «Venera-14» va «Venera-15» kosmik apparatlari planetani o'rganish tarixida muhim o'rin tutadi. «Venera-14» qo'ndiriluvchi apparati planeta sirtidan olingan birinchi tasvirlarni Yerga uzatdi (58-rasm).



58-rasm. Veneraning «Venera-14» kosmik apparati tomonidan olingan surati.

Keyinroq yo‘lga chiqqan AQSHning «Pioner-Venera-1 va 2» stansiyalarining qo‘ndiruvchi apparatlari Venera atmosferasi va sirtiga tegishli quyidagi yangi ma’lumotlarni qo‘lga kiritdi: planeta atmosferasining bosimi juda yuqori bo‘lib, olimlar hech kutmagan miqdorni – 90 atmosferani ko‘rsatdi. Uning 97% ini karbonat angidrid, 1% ini suv bug‘lari egallab, kislorod esa atigi 1,5% ni tashkil qilishi ma’lum bo‘ldi. Planeta sirti yaqinida o‘lchangan temperatura $+470^{\circ}\text{C}$ ga teng bo‘lib chiqdi. Bunday yuqori temperatura planeta atmosferasida karbonat angidridning mo‘lligi bilan tushuntiriladi.

Planeta bulutlarida nurning sochilishini o‘rganish, ularni tashkil qilgan tomchichalar, asosan, sulfat kislotaning 75–85% li suvdagi eritmasi degan xulosaga olib keldi. Planeta sirtidan 40 kilometrcha balandlikda shamolning tezligi sekundiga 100–140 metr bo‘lgani holda, 10 kilometrga yaqin balandlikda u keskin kamayib, 3–4 m/s ga tushib qoladi.

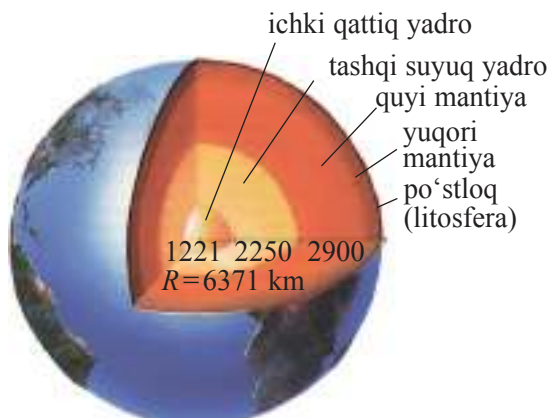
1991-yili Xalqaro Astronomik Ittifoqning (XAI) Bosh Assambleyasi Veneraning 116 ta relyefli elementiga jahonga tanilgan ayollarning nomini berdi. Faxrlanadigan joyi shundaki, bu ro‘yxatda vatandoshimiz shoira Nodirabegimning nomi ham bor. Veneradagi kraterlardan biri uning nomi bilan ataladigan bo‘ldi.

40-§. Yer va uning tabiiy yo‘ldoshi Oy. Mars

Yer Quyoshdan uzoqligi bo‘yicha uchinchi o‘rinda turuvchi planeta bo‘lib, Yer rusumidagi planetalar ichida eng yirigi hisoblanadi. Yer osmonda juda chiroyli ko‘rinish olishini uning Oy sirtidan olingan rasmi to‘la tasdiqlaydi (59-rasm). Planetamizning ekvatorial radiusi 6378 kilometr. Yer Quyosh atrofida



59-rasm. Yerning Oydan turib olingan surati.



60-rasm. Yerning ichki tuzilishi.

sekundiga 30 kilometr tezlik bilan harakatlanib, 365,24 kunda uning atrofida bir marta to'la aylanib chiqadi. Planetamizda bir yilda to'rt faslning kuzatilishi sababi, Yer o'qining orbita tekisligiga $66,5^\circ$ og'maligi bilan tushuntiriladi. Yer o'z o'qi atrofida 23 soat 56 minut 4 sekunda to'la aylanib chiqadi. Bu uning haqiqiy aylanish davridir. Biroq uning Quyoshga nisbatan o'rtacha aylanish davri 24 soat deb qabul qilingan.

Yerning o'rtacha zichligi har kub santimetrdan 5,51 grammga teng bo'lib, massasi taxminan $6 \cdot 10^{24}$ kilogramm. Planetamizning atmosferasi minglab kilometr balandlikkacha cho'zilib, og'irligi qariyb 5 ming 160 trillion tonna keladi. Bunday qalin atmosfera Yerdan hayotning paydo bo'lishi va rivojlanishida muhim rol o'ynagan. Xususan, 20–30 kilometr chamasida balandlikda joylashgan ozon qatlami Quyoshning qisqa to'lqinli ultrabinafsha nurlarini kuchli yutib, barcha tirik jonivorlarni, jumladan, odamzodni bunday nurlarning xavfli ta'siridan asraydi. Atmosferaning 21% ga yaqinini kislorod, taxminan 78% ini azot, qolgan qismini esa boshqa gazlar: argon, karbonat angidrid va suv bug'lari tashkil qiladi.

Yer *gidrosferasi* uning sirtining qariyb 71% ini tashkil qiladi. Quruqlikning o'rtacha balandligi dengiz sathidan 875 metr bo'lgani holda, Dunyo okeanining o'rtacha chuqurligi 3800 metrgacha boradi. Muzliklar planetamizning ancha qismini egallab, asosiy qismi Antarktida va Grenlandiya quruqliklarini qoplaydi.

Yerning 3450 km chuqurligidan ichki qismida suyuq holatdagi *yadrosi* aniqlangan. Bu yadro asosan ikki – radiusi 1221 km gacha boradigan ichki – qattiq va

uning ustida 2250 km qalinlikdagi suyuq qismlardan, ustki qismi esa 2900 km li mantiyadan iborat (*60-rasm*).

Litosferaning qattiq ostki qatlami ham bir jinsli bo'lmay, taxminan 40 kilometr chuqurlikda keskin chegara borligi aniqlandi. Bu sirtidan yuqori qatlam *litosfera po'stlog'i*, osti esa *mantiya* deb yuritiladi. Temperatura Yer markaziga tomon ortib borib, mantiyaning quyi ostida 5000 °C, markazda esa 10 000 °C gacha boradi.

Yer gigant magnit bo'lib, *61-rasmda* Quyosh «shamoli» ta'sirida uning kuch chiziqlari strukturasi o'zgarishi tasvirlangan.

Yerning geomagnit qutblari geografik Yer qutblari bilan ustma-ust tushmaydi. Shimoliy geomagnit qutbining geografik kenglamasi 78°5', uzunlamasi esa 290° sharqiy uzunlamani tashkil qiladi. Boshqacha aytganda, geomagnit o'q Yer o'qiga 11,5° li burchak ostida yotadi. Geomagnit maydonining kuchlanganligi ekvatoridan qutbga tomon 0,25–0,35 dan 0,6–0,7 Erstedga qadar ortadi.

Oy – Yerning tabiiy yo'ldoshi. Yerga eng yaqin osmon jismi Oy bo'lib, u planetamizning tabiiy yo'ldoshidir (*62-rasm*). Oyning Yer atrofidagi orbitasi barcha planetalarning Quyosh atrofida aylanish orbitasi kabi ellips ko'rinishda. Shu tufayli u Yerga eng yaqin kelganda 363 400 kilometr, eng uzoqlashganda (apogeyda) esa 405 400 kilometr masofada bo'ladi. Oyning diametri 3476 kilometr bo'lib, uning hajmi Yer hajmining yuzdan ikki qismini tashkil qiladi. Oy massasi Yer massasidan 81 marta kamdir. Oy sirtida tortishish kuchi Yerdagidan 6 marta kam. Uning sirtida erkin tushish tezlanishi 1,63 m/s². Oyning o'rtacha zichligi 3,3 g/cm³, ya'ni Yernikidan 1,5 marta kam. Kunduzi tush paytida Oyning ekvatori atrofida temperatura +120 C°, yarim kechada esa –150 C° ni tashkil qiladi.



61-rasm. Yer magnitosferasining strukturasi.



62-rasm. Oy – Yerning tabiiy yo'ldoshi.

Oy osmonida yulduzlar, Quyosh tojining ko‘rinishi va shafaq ko‘rinmasligining sababi Oy sirtida atmosferaning yo‘qligidandir, chunki Quyosh chiqqandan so‘ng to tush bo‘lguncha 7 kun 9 soat vaqt ketadi.

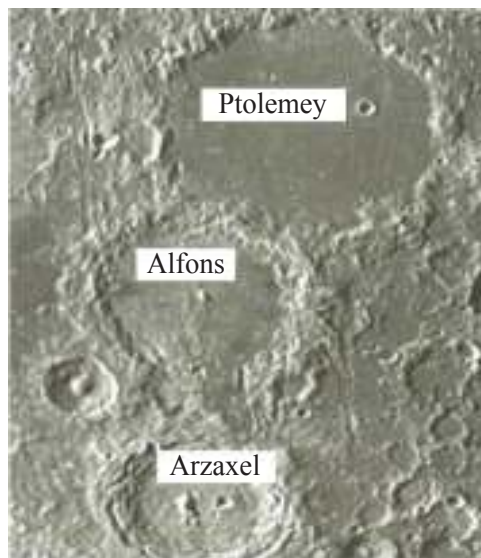
Oy osmonining ajoyib hodisalaridan yana biri planetamiz Yerning ko‘rinishidir (*59-rasmga* qarang). Yer chiroyli, ko‘kimsiz shar shaklida, Oyning osmondagi ko‘rinishidan to‘rt martacha katta ko‘rinadi. Yer ham osmonda Oy kabi turli fazalarda ko‘rinadi. Bu holat uning Quyoshga nisbatan Oyning qaysi tomonida turganiga bog‘liq bo‘ladi. Yer o‘zining «to‘liniyer» fazasida bo‘lganida, Oy sirtini to‘linoy Yerni yoritgandagidan 40 martacha ravshanroq yoritadi. Oy osmonida «to‘liniyer» kuzatiladigan payt – Yerdan qaraganda Oyning yangioy fazasi vaqtiga to‘g‘ri keladi.

Oyda ham pasttekisliklar (dengizlar deb ataladi), tepaliklar, tog‘lar bor (*63-rasm*). Bu obyektlarni birinchi marta G.Galiley 1610-yili o‘zi yasagan teleskopdan Oyni kuzatayotib topgan.

Oydagi tog‘lardan eng yiriklari Alp, Apennin va Kavkaz tog‘laridir. Tog‘larning balandligi ba‘zan 9 kilometrgacha yetadi. Shuningdek, Oyda halqali tog‘lar ko‘plab uchraydi.

1969-yilning iyul oyida AQSHning «Apollon-11» kosmik kemasida ikki astronaut – Armstrong va Oldrin Oyga ilk bor qadam qo‘ydilar (*64-rasm*). Ular Oy ustida uzoq sayr qilib, Yerga Oy sirti toshlari, tuprog‘i, kristallari bilan qaytdilar. XX asrning 60–70-yillarida «Apollon»lar jami bo‘lib Oyga 12 astronautni muvaffaqiyatli qo‘ndirib, Yer yo‘ldoshining relyefi, fizik tabiatiga tegishli qimmatli ma’lumotlarni qo‘lga kiritdilar.

Oyni o‘rganishning fan uchun muhimligi atmosferadan xoliligidadir. Oyga o‘rnatilgan kichik bir teleskop Yerdagi katta teleskoplar yordamida olingan osmon jismlarining rasmlaridan bir necha marta sifatli fotomateriallarni olish imkoniga ega. Oyda atmosfera yo‘qligi tufayli u yerga o‘rnatilgan maxsus teleskoplarda



63-rasm. Oy kraterlari
va «dengizlari».



64-rasm. «Apollon» kosmik kemasi ekipajining Oy sirtida sayr qilish payti.

ultrabinafsha, rentgen va gamma-toʻlqinlarga nurlanadigan quvvatli manbalarning fizikasini oʻrganishning imkoni mavjud. 65-rasmda kelgusida Oyda qurilishi moʻljallanayotgan ilmiy stansiyalardan birining loyihasi keltirilgan.

Mars. Rim afsonasida urush xudosi Mars nomi bilan yuritiladigan Yer tipidagi toʻrtinchi planetaning orbitasi Yer orbitasidan tashqarida yotadi. Uning Quyoshdan oʻrtacha uzoqligi 227,94 million kilometr.



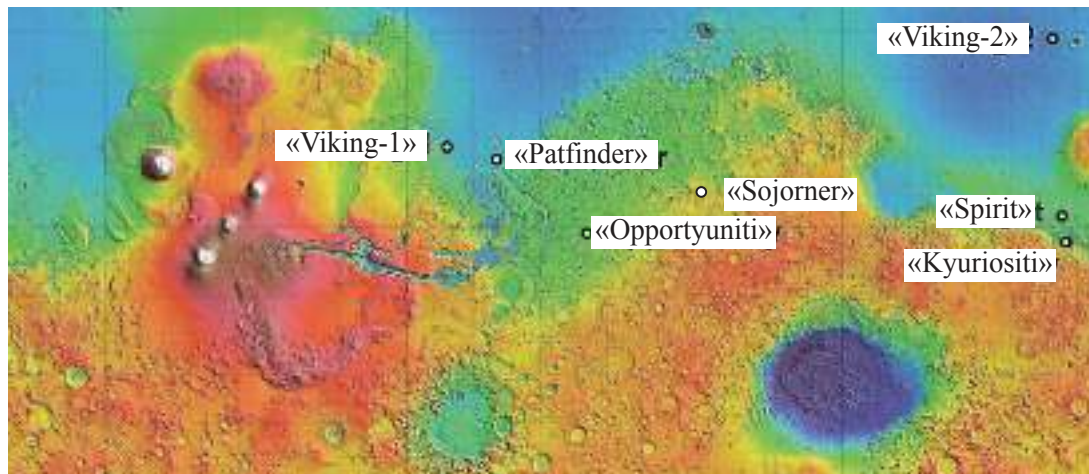
65-rasm. Kelajakda Oyda qurilishi moʻljallanayotgan ilmiy stansiya.

Mars nisbatan kichik planeta, uning diametri 6779 kilometr, massasi esa $6,39 \cdot 10^{23}$ kg (Yer massasining 0,107 qismini tashkil qiladi). Oʻrtacha zichligi ham Yernikidan ancha kam – $3,94 \text{ g/sm}^3$. Erkin tushish tezlanishi – $3,72 \text{ m/s}^2$.

Mars oʻzining fizik tabiati jihatidan Quyosh sistemasining planetalari ichida Yerga «qarindosh»ligi bilan ajralib turadi. Mars sutkasi 24 soat 39,5 minutga teng. Uning aylanish oʻqining orbita tekisligiga ogʻmaligi ham Yernikidan kam farq qilib, $65^{\circ}12'$ ga teng. Biroq Mars yilining uzunligi 686,98 Yer sutkasiga (yoki 669 Mars sutkasiga) teng. Planetaning 35° kengligida kuz faslida, tush paytiga yaqin temperatura -20°C , kechqurun -40°C , kechasi esa -70°C ga boradi. Qish paytida 40° li kenglikda temperatura -50°C dan, 60° li kenglikda esa -80°C – -90°C dan ortmaydi. Mars sirtining minimal temperaturasi uning qutblarida kuzatilib, u qishda -125°C dan pastga tushmaydi.

Marsning atmosferasi juda siyrak boʻlib, sirtida oʻrtacha bosim 6,1 millibarga teng (1 bar taxminan 1 atmosfera). Mars atmosferasining 95 % i karbonat angidrid, 2,5 % i azot, 1,52 % i argondan, juda kam miqdordagi kislorod (0,2%) va suv bugʻidan (0,1%) tashkil topgan.

Marsning 20° dan 55° gacha shimoliy kengliklari orasidan joy olgan va qariyb 2000 kilometr ga choʻzilgan Ellada pasttekisligi kraterlardan xoli. Janubiy yarimshardagi boshqa bir yirik maydonli pasttekislik Argir deb yuritiladi (66-rasm). Argirdan shimoliy-gʻarb tomonda ulkan vulqonli togʻlar joylashgan pasttekis-



66-rasm. Marsning Ellada, Tarsis va Argir pasttekisliklari vohasining xaritasi (rasmda bu pasttekisliklarga qoʻngan kosmik apparatlarning nomlari koʻrsatilgan).

lik – Tarsis yastanadi. Uning ortida, shimoliy yarimsharda mashhur Amazoniya va Utopiya pasttekisliklari joylashgan. 50° paralleldan to 70° parallelgacha Katta Sahro yastanib, u Shimoliy qutbni o'rovchi tog' halqasi bilan chegaralanadi.

Mars relyefining asosiy ajoyibotlaridan biri planeta tog'laridir. Planetaning Tarsis rayonida to'rtta konus shaklidagi tog' ko'kka bo'y cho'zadi. Bu tog'lar vulqonli jarayon ta'sirida vujudga kelgan bo'lib, ulardan eng janubda joylashgan Arsiya tog'i tepasidagi kraterning diametri 130 kilometrni tashkil qiladi. Bu tog'lar ichida eng yirigi Olimp tog'i bo'lib, u Yerdagi vulqonli tog'lardan bir necha marta ustunlik qiladi. Olimp tog'i konusi asosining diametri 600 kilometrga, balandligi esa 27 kilometrga boradi.

Mars relyefining eng qiziq obyektlaridan biri uzunligi bir necha yuz kilometr gacha cho'zilgan jarliklardir. Arsiya tog'idan 20° sharqda bunday jarliklardan biri joylashib, uning uzunligi 400 kilometr gacha, kengligi ayrim joylarida 30 kilometr gacha, chuqurligi esa 2 kilometr gacha boradi.

«Qizil planeta» sirtida kuzatiladigan boshqa bir «tilsim» daryo o'zanlaridir. Bular ichida 30 graduslar chamasi janubiy kenglikda joylashgan Nirgal deb nomlangan daryo o'zani 400 kilometr gacha cho'zilgan (67-rasm). Shuningdek, uzunligi 700 kilometr gacha boradigan boshqa bir daryo o'zani Maadimning kengligi ayrim joylarida 80 kilometr gacha yetadi. Bu daryo o'zanlarida hozir hech qanday suyuqlik oqmasligi aniq. 1976-yilda Utopiya tekisligiga qo'ngan



67-rasm. Marsning Nirgal nomli daryo o'zani.



68-rasm. Mars sathining «Viking-1» (AQSH) tomonidan olingan rasmi.



69-rasm. Marsning Fobos deb ataluvchi yoʻldoshi (oʻlchami 18×22 km).

«Viking-1» atrof tasvirini Yerga uzatdi. Tasvirlarda har xil kattalikdagi xarsang toshlar va tuproq barxanlari yaqqol koʻzga tashlanadi. Bunday barxanlarning paydo boʻlishida boʻronning «qoʻli borligi» shundoq koʻrinib turibdi (68-rasm). Shuningdek, tasvirdagi ayrim kraterlar turida kuzatilgan va suv bugʻlaridan tashkil topgan tuman Mars bagʻrida suv zaxiralari (muz holatda) borligiga dalil boʻla oladi. Marsda aniqlangan sharoit unda hayot (mikroorganizmlar) boʻlishi mumkin, degan xulosani beradi.

Marsning ikkita tabiiy yoʻldoshi bor. Ulardan biri Fobos (Qoʻrqinch), ikkinchisi esa Deymos (Dahshat) deb ataladi. Fobosning ikki oʻzaro perpendikular oʻlchamlari, mos ravishda, 18 va 22 kilometr boʻlib (69-rasm), Deymosning shunday oʻlchamlari 10 va 16 kilometrni tashkil etadi. Fobos Mars sirtidan oʻrtacha 6000 km narida – uning atrofida 7 soat 3 minutda aylanib chiqqani holda, Deymos planetadan 20 000 km narida 30 soat 18 minutda aylanib chiqadi.

Savol va topshiriqlar:

1. Merkuriyning oʻlchamlari haqida qanday maʼlumotlarga egasiz?
2. Venera atmosferasi, undagi fizik sharoit (temperaturasi, bosimi) va tarkibi haqida nimalar bilasiz?
3. Planetamiz Yer haqida umumiy maʼlumot bering. Yer qanday ichki qatlamlardan tuzilgan?
4. Oyning relyefi haqida nimalar bilasiz?
5. Mars qaysi xususiyatlari bilan Yerga yaqin sanaladi?
6. Marsda kuzatilgan daryo oʻzanlari haqiqiy daryolarmi?

16-MAVZU. 41-§. Gigant planetalar, ularning yoʻldoshlari va halqalari

Yupiter. Quyosh sistemasining planetalari ichida eng yirigi hisoblangan Yupiter tabiati va tuzilishiga koʻra jumboqlarga boʻyligi bilan astronomlar diqqatini oʻziga jalb etadi. Yupiterning oʻrtacha radiusi Yer radiusidan qariyb 11 marta katta. Bu ulkan planeta Quyosh atrofida oʻrtacha 778,5 million kilometrli masofada aylanadi. Planetaning Quyosh atrofida aylanish tezligi sekundiga 13 kilometr boʻlib, 12 yilda bir marta aylanib chiqadi.

Qizigʻi shundaki, Yupiterning oʻz oʻqi atrofida aylanishi Yer tipidagi planetalarnikidan farq qilib, ekvator qismi tezroq – 9 soat 50 minutli davr bilan, turli kenglamalari esa turlicha burchak tezlik bilan aylanadi. Uning massasi Yer massasidan 318 marta ogʻirdir. Shuning uchun ham Yupiterning tortishish kuchi Yerdagidan ikki yarim marta ortiq. Bu ulkan planetaga tabiati haligacha jumboqligini saqlayotgan obyektlar – eni bir necha ming kilometrgacha boradigan uning ekvatorga parallel qora-qizgʻish tasmalari xosdir (*70-rasm*). 1878-yili topilgan, uzunligi 30 ming, eni 13 ming kilometrga choʻzilgan Katta Qizil Dogʻi (*71-rasm*) planetaning sutkalik aylanishida ishtirok etishi bilan birga, u yon-bu yonga bir necha gradusgacha siljib turadi.



70-rasm. Yupiterning umumiy koʻrinishi.



71-rasm. Yupiter sirtida kuzatiladigan Katta Qizil Dogʻ.

Yupiter atmosferasi vodorod, geliy, qisman metan va ammiak gazlaridan tashkil topgan. Olingan ma'lumotlar unda geliyning miqdori planeta atmosfera-sining 9 % iga teng ekanligini ko'rsatdi. Planeta atmosferasining asosiy qismini vodorod (90%) tashkil qiladi.

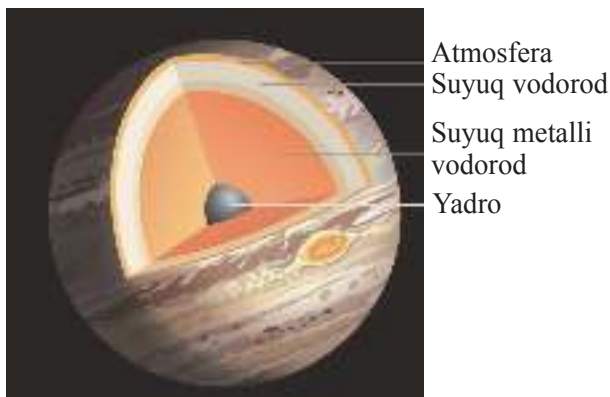
Gigant planeta atmosferasida suv bug'larining topilishi ham katta voqea bo'ldi, chunki olimlar uning bulutli qatlamlarining aniqlangan temperaturasi -130°C dan past bo'lib, bunday temperaturada suv bug'lari doimo muz holatidagina bo'lishi mumkin deb taxmin qilardilar.

Gigant planetaning magnit maydoni bo'lib, u Quyoshdan kelayotgan musbat va manfiy zaryadli kosmik zarrachalar bilan ta'sirlashib, ularni o'z sferasida «qafas»ga tushirgan, oqibatda bunday hol planeta atrofida Yernikiga o'xshash kuchli radiatsiya kamarlarining paydo bo'lishiga olib kelgan.

Yupiter Quyoshdan Yerga nisbatan 5 marta ortiq masofada bo'lganidan, bu planeta yuza birligining Quyoshdan oladigan energiyasi Yernikidan 27 marta kam. Biroq, shunga qaramay, planetaning to'la yuzasi, asosan, radio va infraqizil diapazonlarda, uning Quyoshdan oladigan energiyasidan qariyb 2,5 marta ko'p energiya bilan nurlanadi. Planeta haqida qo'lga kiritilgan eng so'nggi ma'lumotlar asosida bu ulkan planetaning ichki tuzilishi matematik modellastirildi. Ushbu modelga ko'ra, Yupiter atmosferasining chuqurligi $\approx 10^4$ km bo'lib, bu chegaradan pastda suyuq faza ko'rinishidagi massasi joylashgan, planeta markazida og'ir elementlardan tashkil topgan qattiq holatdagi yadro mavjud, deb taxmin qilinadi. U yerda bosim bir necha o'n mln. atm bo'lib, temperatura 15 000–25 000 $^{\circ}\text{C}$ gacha boradi (72-rasm).

Yupiter o'z yo'ldoshlari bilan katta bir «oilani» tashkil qiladi, uning topilgan yo'ldoshlarining soni maydalari bilan hisoblaganda 60 dan oshib ketdi. Planetaning bu yo'ldoshlaridan to'rtta eng yirigi 1610-yilda G.Galiley tomonidan topilgan (73-rasm).

1979-yili mart oyida Yupiterdan 278 ming kilometr naridan o'tgan AQSHning «Voyajer-1» va keyinroq «Voyajer-2» avtomatik stansiyalarining Yupiter va uning yo'ldoshlarini o'rganishda xizmatlari juda katta bo'ldi (74-rasm). «Voyajer» olgan rasmlarda planetaning 30 ming kilometrga cho'zilgan qutb yog'dusi va atmosferasida yashinni eslatuvchi chaqnash kuzatildi. Shuningdek, planeta sirtidan 57 ming kilometr balandlikda, kengligi 8 ming 700 kilometr va qalinligi 30 kilometrda katta bo'lmagan, Saturnnikiga o'xshash halqasi borligi ham ma'lum bo'ldi.

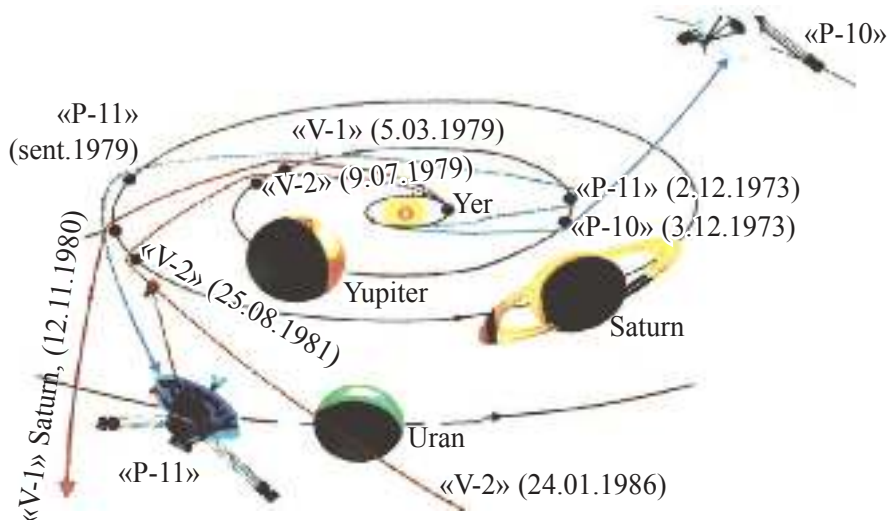


72-rasm. Yupiterning ichki tuzilishi.



73-rasm. Galiley yoʻldoshlarining solishtirma oʻlchamlari.

Avtomatik stansiya planetaning yoʻldoshi Iodan eng yaqin (19 ming km) masofadan oʻtayotib, uning sirtida ayni paytda harakatdagi vulqonni (balandligi 160 km), bir necha yuz kilometr ga choʻzilgan togʻ tizmalari va jarliklarni aniqladi. Kallistodagi kraterlardan biri bir necha konsentrik togʻ halqalari bilan oʻralgan boʻlib, ayrim joylarda bu tizmalarning oraligʻi 1600 kilometr gacha yetadi.



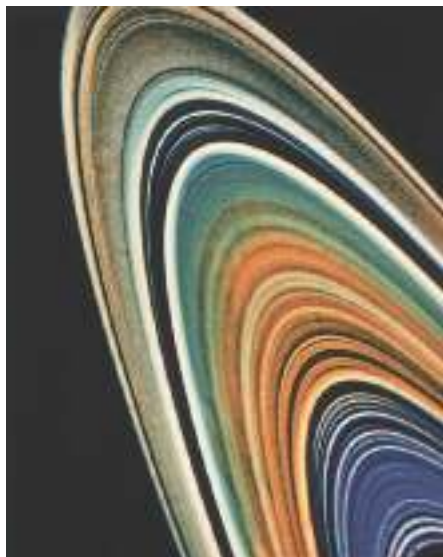
74-rasm. «Pioner-10», «Pioner-11» («P-10», «P-11») va «Voyajer-1», «Voyajer-2» («V-1», «V-2»)larning trayektoriyalari.

Saturn. Saturn kattaligi jihatidan Yupiterdan keyin turadi, uning diametri 120 ming 800 kilometr. Quyoshdan o'rtacha uzoqligi 9,5 astronomik birlik, ya'ni Quyoshdan 1 milliard 427 million kilometr narida yotadi. Halqali bu planeta orbitasi bo'ylab sekundiga 9,6 kilometr tezlik bilan uchib, 29 yil 5 oy 16 kun deganda Quyosh atrofini bir marta aylanib chiqadi. Saturnning o'z o'qi atrofida aylanishi Yupiterniki kabi turli kengliklarida turlichadir.

Planetaning ekvator tekisligi uning orbita tekisligi bilan $26^{\circ}45'$ burchak hosil qiladi. Saturn atrofida eni 60 ming kilometrgacha, qalinligi 10–15 kilometrgacha yetadigan halqasi borligi bilan boshqa planetalardan keskin farq qiladi (*75-rasm*).

Saturnni o'rganishda yirik qadam 1979-yilning 1-sentabrida 6 yillik planetalararo «sayr»dan so'ng Saturndan 21 ming 400 kilometr naridan o'tgan Amerikaning «Pioner-11» avtomatik stansiyasi tomonidan qo'yildi. U o'z kuzatishlari asosida planeta sirti yaqinida magnit maydoni 10 Erstedgacha borishini aniqladi.

1980-yilning kuzida AQSHning boshqa bir stansiyasi – «Voyajer-1» Saturn yaqinidan o'tdi. Stansiyaning planeta yaqinidan turib olgan rasmlari halqa o'nlab, hatto yuzlab mustaqil halqachalardan tuzilganini va uning tekisligida kattaligi 80 kilometrgacha bo'lgan mayda – mitti yo'ldoshlar aylanishini ma'lum qildi.



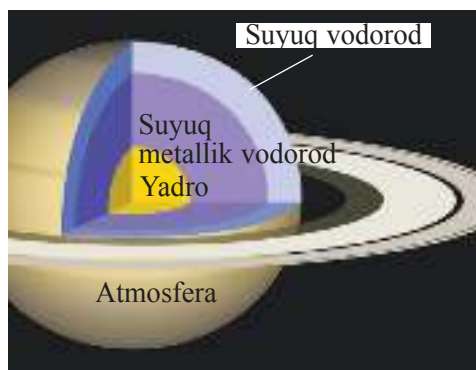
75-rasm. Saturn va uning halqasi.

Kuzatishlar planeta sirtida temperatura -180°C atrofida ekanligini aniqladi. Planeta atmosferasida ham Yupiternikidagi kabi metan gazi (CH_4) bilan birgalikda ammiak (NH_3) ham uchraydi. 1974-yili planeta atmosferasida etan (C_2H_6) topildi.

Saturnning elementli tarkibi Yupiternikidan farq qilmay, vodorod (93%) va geliydan (6%) tashkil topgan. Saturn atmosferasining qalinligi 1000 km atrofida bo'lib, undan pastda vodorodning geliyli aralashmasi qatlami joylashgan.

Planeta radiusining yarmi yaqinida temperatura 1000°C , bosim esa 3 mln. atm ga yaqin. Undan pastroqda, 0,7–0,8 planeta radiusi balandligida vodorod metallik fazada uchraydi. Bu qatlam ostida erigan holda Yer

massasidan 9 martagacha katta bo'lgan silikat-metallik yadro joylashgan (76-rasm). Saturn yo'ldoshlaridan eng yirigi Titan bo'lib (atmosfera si asosan azot va metandan iborat), Quyosh sistemasidagi planetalarning yo'ldoshlari ichida kattaligi jihatidan ikkinchi o'rinda, ya'ni Ganimeddan keyin turadi (77-rasm). Uning diametri 5151 kilometr. Keyinchalik Titan atmosferasida yetarlicha ko'p miqdorda vodorod borligi kuzatildi. 1980-yili «Voyajer-1» Saturn yaqinidan o'tayotib, uning 6 ta yangi yo'ldoshini topdi. Ayni paytda uning topilgan yo'ldoshlari soni 60 dan ortiq.



76-rasm. Saturnning ichki tuzilishi.

Uran planetasi aslida musiqachi, keyinchalik mashhur astronom darajasiga ko'tarilgan V.Gershel tomonidan 1781-yili tasodifan topildi. Uranning diametri 50 ming 724 kilometr, massasi Yernikidan 14,59 marta katta, o'rtacha zichligi esa $1,2 \text{ g/cm}^3$. Bu planeta Quyoshdan o'rtacha 19,2 astronomik birlik masofada uning atrofida aylanadi. Uranning orbital tezligi sekundiga 6,8 kilometrni tashkil qiladi va Quyosh atrofida 84 yilda bir marta to'la aylanib chiqadi. Uranni radionurlarda kuzatish uning sutkasining uzunligi 10 soat 49 minutligini aniqladi.

Uran osmonida Quyosh 2' yaqin burchak ostida ko'rinadi. Uran sirtini radionurlar asosida o'lchash uning o'rtacha temperaturasi -200°C ekanligini ma'lum qildi.

Uran, asosan, vodorod va geliydan tashkil topgan bo'lib, unda qisman metan ham borligi aniqlangan. Uranning ichki tuzilishini olimlar erishilgan ma'lum



77-rasm. Saturnning yo'ldoshlari (eng yirigi – Titan).

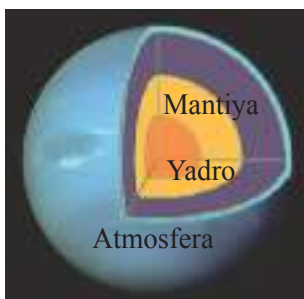


78-rasm. Uranning ichki tuzilishi.

motlar asosida 78-rasmdagidek tasavvur qiladilar. Bu planetaning topilgan yoʻldoshlarining soni yigirma bitta boʻldi. Shulardan ikkita eng yirigi Titaniya va Oberon Gershel tomonidan ochilib, V.Shekspirning «Yozgi tundagi tush» kome-diyasining qahramonlari nomlari bilan atalgan. Shundan keyin topilgan uning barcha yoʻldoshlari ham Shekspir asarlarining qahramonlari nomi bilan ataladi.

Neptun. 1820-yili parijlik astronom A.Buvar Yupiter, Saturn va Uranning koordinatalari jad-valini juda katta aniqlik bilan hisobladi. Biroq oʻn yil oʻtgach, Uran oldindan hisoblangan oʻz oʻrnidan bir necha oʻnlab sekund yoy masofaga siljigani aniqlandi. Astronomlar Uranning harakatidagi bu siljish uning orbitasidan tashqaridagi boshqa bir planetaning taʼsiri tufayli, degan qarorga keldilar.

Bunday murakkab matematik masalani hal qilishga bir vaqtda bir-birlaridan bexabar holda ikki astronom «bel bogʻladi». Bulardan biri fransuz matematigi U.Leverye, ikkinchisi esa yosh ingliz astronomi J.Adams edi. 1846-yili matematik hisoblashlar asosida planetaning oʻrni qayta aniqlangach, U.Leverye teleskopik yulduzlarning toʻla xaritasi mavjud boʻlgan Berlin observatoriyasi xodimlaridan izlanayotgan planetaning taxminiy oʻrnini aytib, uni xaritadan qarab



79-rasm. Neptunning ichki tuzilishi hozirgacha shunday tasavvur qilinadi.



80-rasm. Neptunning yoʻldoshlari (eng yirik yoʻldoshi – Triton).

berishni iltimos qiladi. 1846-yil 23-sentabrda bu observatoriyaning astronomi Galle planetani Leverye aytgan joydan atigi bir gradus naridan topdi. Topilgan planeta dengiz va okeanlar xudosi Neptun nomi bilan ataldi.

Neptun Urandan birozgina katta bo'lib, uning diametri 49 ming 244 kilometrdir. Zichligi har kub santimetrida 1,6 gramm. Quyoshdan o'rtacha uzoqligi 30,1 astronomik birlik. Massasi Yernikidan 17,25 marta katta. Planetaning Quyosh atrofida aylanish davri 164 yil-u 280 kun. Neptun o'z o'qi atrofida 15,57 soatda bir marta aylanib chiqadi.

«Voyajer»lar yordamida spektroskopik kuzatishlar Neptunda vodorod va metan borligini ma'lum qildi. Planeta zichligining Yupiter va Saturn zichligidan ortiqqligi uning tarkibida og'irroq elementlar mavjud, degan xulosaga olib keldi (79-rasm).

1846-yil astronom Lassel Neptunning katta bir yo'ldoshini topdi va uni Triton deb atadi (80-rasm). Triton juda massiv bo'lib, diametri 2707 kilometrcha keladi. Triton Neptundan o'rtacha 383 ming kilometr masofada, planetaning aylanish yo'nalishiga teskari orbital harakat bilan aylanadi. Shuningdek, planetaning bu yirik yo'ldoshi anchayin qalin atmosfera bilan ham qoplangan. 1949-yili Koyper planetaning boshqa bir yo'ldoshini topdi va unga qadimgi yunonlarning sevgi xudosi Nerey qizi Nereida nomi berildi. Uning diametri atigi 300 kilometr. Planetaning topilgan jami yo'ldoshlari 10 tadan ortiq.

Ekzoplanetalar. Insoniyat Koinot sirlarini chuqurroq anglab borar ekan, o'ziga o'zi «biz Koinotda yolg'izmizmi?» degan savolni ko'p martalab bergan. Lekin bu savolga haligacha aniq javob topilgani yo'q. Quyosh sistemasi planetalarini o'rganish, bu hududda Yernikiga o'xshash hayotning izlarini topmadi. Shuning uchun ham biz Quyosh sistemasida yakkamiz, deb aytishimizga asos bor.

Biroq astronomlar Quyoshning Koinotda noyob yulduz emasligi, unga o'xshash yulduzlar son-sanoqsiz ekanligini allaqachon aniqlashgan. Shunga ko'ra, milliardlab yulduzlarning ayrimlarining atrofida ham Yerga o'xshash planetalar harakatlanib, ularda ongli hayotning rivojlanishi uchun Yerdagidek shart-sharoit bo'lishi mumkin. Boshqa yulduzlarning yo'ldoshlari sanalgan bunday planetalarga *ekzoplanetalar* (lotincha «ekzo» – tashqari degani) deyiladi.

Birinchi ekzoplaneta 1995-yilda ochildi. Jeneva (Shveysariya) observatoriyasining astronomlari M.Mayor va D.Kveloslar tomonidan yaratilgan spektr chiziqlarning siljishini yuqori aniqlikda (13 m/sek) o'lchay oluvchi yaratilgan

spektrometrlari bunga imkon beradi. Ular 1994-yildan boshlab galaktikamizda Quyoshga yaqin joylashgan 142 ta quyoshsimon yulduzlarning nuriy tezliklarini muntazam o'lchashga kirishdilar va tez orada 51 Pegas yulduzi, uning atrofidagi massasi Yupiternikiga yaqin yo'ldoshi ta'sirida 4,23 sutkalik davr bilan «tebrayotganini» topdilar.

Bunday izlanishlar natijasida XX asrning oxirigacha 20 tacha ekzoplaneta kashf etildi. 2009-yilning mart oyida orbitaga chiqarilgan «Kepler» kosmik apparatiga o'rnatilgan teleskop yordamida 1000 dan ortiq ekzoplaneta topildi.

Hozirgi kunga qadar ochilgan ekzoplanetalar temperaturasi va kimyoviy tarkiblariga ko'ra turli-tumandir. Yupiter planetasiga o'xshash (massasi 0,19 dan 13 Yupiter massasigacha) eng katta ekzoplanetalarga «Yupiterlar» deb nom berilgan. «Yupiterlar» asosan vodorod va geliydan tashkil topgani bois ularni Quyosh sistemasidagi Yupiter va Saturn planetalari guruhiga kiritish mumkin. «Yupiterlar»dan anchagina kichik bo'lgan ekzoplanetalar «Neptunlar» deyiladi. Ularning massalari 7 dan 60 Yer massasigacha boradi. Bunday planetalar suv, ammiak, karbonat angidrid muzlaridan va qoya toshlaridan tashkil topgan bo'lib, Quyosh atrofida harakatlanuvchi planetalardan Uran va Neptunlarning guruhiga qo'shish mumkin.

Eng kichik ekzoplanetalar «Yerlar» (massalari 7 Yer massasidan kichik) deb ataladi. Bu planetalar silikatlar, metall va boshqa qattiq jinslardan tashkil topib, ularni Quyosh sistemasidagi Yer, Mars, Venera va Merkuriy planetalarining guruh vakillari deyish mumkin.

2018-yilning 1-apreliga qadar astronomlar topgan ekzoplanetalar soni 3767 taga yetdi.

Savol va topshiriqlar:

1. Yupiterning atmosferasi qanday gazlardan tashkil topgan?
2. Yupiter qanday avtomatik stansiyalar yordamida tadqiq qilingan?
3. Saturnning halqasi nimalardan tuzilgan?
4. Saturn qanday avtomatik stansiyalar yordamida o'rganilgan? Planeta atrofida uning nechta tabiiy yo'ldoshi aylanadi?
5. Saturnning eng yirik yo'ldoshi Titan haqida nimalar bilasiz?
6. Uranning ichki tuzilishi haqida nimalar bilasiz?

17-MAVZU. 42-§. Asteroidlar va mitti planetalar

1596-yili bosilgan «Kosmografiya sirlari» asarida Iogann Kepler Mars bilan Yupiterning orasida yana bir planeta bo'lishi kerak degan gumon bilan chiqqan edi. Keplerning bu farazi ikki asrdan so'ng planetalarning Quyoshdan o'rtacha uzoqliklarini ifodalovchi ajoyib empirik (bevosita kuzatishlardan aniqlangan) qonuniyatning ochilishi bilan tasdiqlandi. 1772-yili vittenberglik astronom Iogann Titsius planetalarning astronomik birliklarda ifodalangan katta yarim o'qlari quyidagi munosabatdan topilishini aniqladi:

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

bu yerda $n = \infty, 0, 1, 2, 3, 4, \dots$ qiymatlarni oladi.

Quyidagi jadvalda planetalar orbitalari katta yarim o'qlarining yuqoridagi formula yordamida topilgan qiymatlari ularning Quyoshdan haqiqiy uzoqliklari bilan solishtirilgan (2-jadval).

2-jadval

№	Planeta	n	Planetaning Titsius formulasi yordamida hisoblangan katta yarim o'qi (a.b.)	Planetaning Quyoshdan o'rta-cha uzoqligi (a.b.)
1	Merkuriy	$-\infty$	0,4	0,4
2	Venera	0	0,7	0,7
3	Yer	1	1,0	1,0
4	Mars	2	1,6	1,52
5	?	3	2,8	—
6	Yupiter	4	5,2	5,2
7	Saturn	5	10,0	9,5

Titsiusning kashfiyotidan xabar topgan berlinlik astronom Iogann Bode bu empirik munosabatni qayta ko'rib, to'g'riligiga ishonch hosil qildi va uni keng

targ'ib qilishda katta xizmat ko'rsatdi. Shundan so'ng bu qonun Titsius-Bode nomi bilan dunyoga tanildi. Bu qonunga ko'ra qadimda Mars bilan Yupiterning oralig'ida Quyoshdan o'rtacha 2,8 astronomik birlik masofada yana bir planeta bo'lganligiga endi ko'pchilik astronomlar shubha qilmaydigan bo'lishdi.

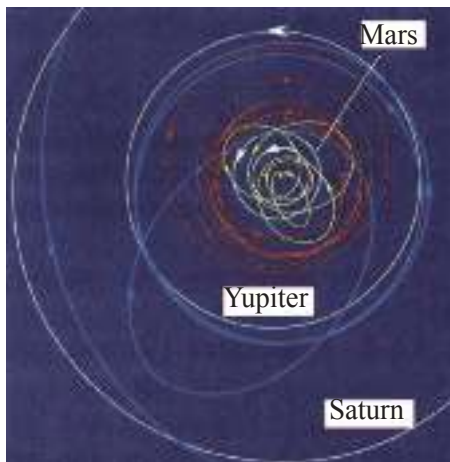
Italiyalik astronom Piatssi bu sohada 1801-yilning boshida Savr yulduz turkumidan bir osmon jismini topdi. Unga Serera deb nom qo'yishdi. Shundan so'ng 1807-yilgacha olimlar tomonidan Quyoshdan shunday masofada yana 3 ta – Pallada, Yunona va Vesta nomli mayda planetalar topildi. Ularga asteroidlar (yunonchada «yulduzsimon») degan nom berildi. 1890-yilda ularning soni 36 taga yetdi. Topilgan mayda planetalar qadimgi rim afsonalarining qahramonlari, xudolarning nomlari bilan yuritiladigan bo'ldi. So'ngra ularning soni juda ko'payib ketgach, 45-sidan boshlab oddiy ayollarning nomi, keyinroq esa asteroidlarga Filosofiya, Geometriya, Yustitsiya kabi fan nomlari hamda geografik nomlar beriladigan bo'ldi.

Urush yillarida Kitob xalqaro kenglik stansiyasida ishlagan astronom G.Neuymin topgan asteroidlardan biriga (1351-sonlisiga) «O'zbekistoniya» deb nom berildi. Asteroidlarning massalari $2,38 \cdot 10^{19}$ kg dan (Vesta), ya'ni Yer massasidan 25 ming marta kichik, to 10^{12} kg (Germes) gacha bo'lib, o'rtacha zichligi 2 g/cm^3 dan (toshli asteroid) to $7\text{--}8 \text{ g/cm}^3$ gacha (temir-nikelli asteroid) boradi. *81-rasm*da

bir guruh asteroidlarning Quyosh atrofidagi orbitalarining o'zaro joylashishlari tasvirlangan.

Asteroidlardan Ikar, Germes, Eros va Adonislar Yerga davriy ravishda yaqinlashib turadi. Hisoblashlar ular Yerga 1 mln. km dan 23 mln. km gacha yaqinlashishlari mumkinligini ko'rsatdi.

Biroq asteroidlarning Yerga davriy ravishda yaqinlashib turishidan tashvishga tushishga hojat yo'q. Chunki bunday asteroidlar orbitalarining hisob-kitobi bilan Xalqaro Astronomik Ittifoqning bir guruh olimlari doimiy shug'ullanishadi. Binobarin, planetamiz bilan biror asteroidning to'qna-



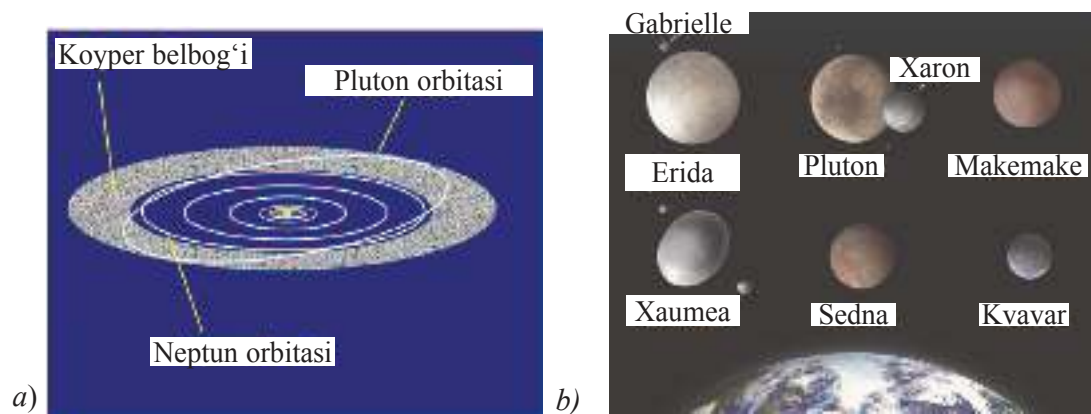
81-rasm. Bir guruh mayda planetalarning orbitalari.

shish ehtimoli ro'y berishini ular bir necha yil oldindan ogohlantira oladilar. Bunday ogohlantirish asosida, olimlarimiz Yerni asteroid bilan halokatli to'q-nashuvdan asrab qolishning turli yo'llarini allaqachon topib qo'yganlar.

Pluton va mitti planetalar. 1880-yilda ingliz astronomi Forbs Neptunning harakatini uzoq yillar o'rganib, undan tashqarida ham birorta osmon jismi bo'lishi kerak degan fikrni bildirdi. XX asr boshida astronom Lovell noma'lum planetani qidirish bilan shug'ullandi. Bu osmon jismi Pluton planetasi bo'lib chiqdi. Uni 1930-yilda K.Tombo topdi.

XX asr oxiriga kelib, Neptun planetasi orbitasi tashqarisida ham asteroidlar belbog'i topildi va unga «Koyper belbog'i» deb nom berildi. Buning sababi, 1951-yildayoq uning mavjudligini amerikalik astronom J.Koyper bashorat qilgan edi. Olimlar bu belbog' gigant planetalardan 35–50 a.b. uzoqlikda joylashgan bo'lib, asteroidlar va kometalardan tashkil topgan degan fikrni berdilar.

1992-yilda Koyper belbog'idagi diametri 280 km bo'lgan 1992QB1 (Albion) – birinchi obyekt topildi. 2000-yilning may oyiga kelib topilgan transneptun (neptunorti) obyektlarining soni 300 taga yaqinlashib qoldi. Bu jismlarning bari planetalar singari Quyosh atrofida uning planetalari kabi to'g'ri yo'nalishda aylanadi (82-a rasm). Ularni asteroid yoki kometa deb atash juda qiyin, chunki yangi ochilayotgan bu jismlarning diametri ancha katta bo'lib, 100–800 km ni tashkil qiladi. Eng oxirgi tadqiqotlarning natijasiga ko'ra, bu belbog'da diametri 100 km dan katta bo'lgan 70 000 dan ortiq obyekt bo'lishi mumkin.



82-rasm. a) Koyper belbog'i; b) neptunortilarning yirik vakillari.

2003-yilda Kaliforniya texnologiya institutining astronomi Mayk Braun keyinchalik Erida nomini olgan 2003 UB313 «Xena» (Ksena yoki Zena) transneptun obyektini ochdi. Bu samoviy jismning o'ldoshi Plutonnikidan ham katta edi. Shundan so'ng jahon astronomlari o'rtasida «Bu obyekt ham planetalar safiga qo'shiladimi?» degan savol tug'ildi. Bu savolga javob topish maqsadida Xalqaro Astronomiya Ittifoqi (XAI) professor O. Jingerix boshchiligidagi maxsus ishchi guruhni tuzdi. Bu guruh tavsiyasiga ko'ra, XAIning 26-assambleyasida planetalar va mitti planetalarni bir-birlaridan farqlash uchun alohida ta'rif berildi:

1. *Planeta* – Quyosh atrofida aylanuvchi osmon jismi. Sharsimon shaklda bo'lib, yetarlicha katta va massiv bo'lishi lozim. Bunday planetalar soni 8 ta: Merkuriy, Venera, Yer, Mars, Yupiter, Saturn, Uran va Neptun. Bu guruhga «klassik planetalar» degan nom berilgan.

2. *Mitti planetalar* – Quyosh atrofida aylanuvchi osmon jismlari bo'lib, tashqi jism kuchlaridan ustun bo'lgan o'z-o'zidan gravitatsiyalanish ta'sirida sharsimon shaklni egallashi uchun yetarlicha katta – salmoqli bo'lishi va boshqa planetalarning yo'ldoshi bo'lmasligi lozim. Mitti planetalar Plutonga o'xshash bo'lib, ularning eng yirigi Eridadir. Pluton, Xaron, Sedna hamda eng katta asteroid Serera ham aynan shu mitti planetalar orasidan joy olgan (82-b rasm).

Savol va topshiriqlar:

1. Titsius qonuni planetalar orbitasiga tegishli qanday parametrlarni hisoblaydi?
2. Mayda planetalarning orbitalari qaysi planetalar oralig'ida yotadi?
3. Qaysi mayda planetalar davriy ravishda Yerga yaqinlashib turadi?
4. Mitti planetalar XAI tomonidan qanday ta'rif bilan belgilandi?

18-MAVZU. 43-§. Kometalar («dumli yulduzlar»)

«Kometa» yunoncha so'z bo'lib, «sochli» degan ma'noni anglatadi. Kometalarga «sochli» yoki «dumli yulduzlar» degan nom ularning Quyosh yaqinidan o'tayotgandagi ko'rinishlariga binoan berilgan (83-rasm). Xususan, kometa Quyosh tomon kelayotib, gigant planetalarning orbitalariga yaqinlashganda, uning massasi mujassamlashgan yadrosi xira yulduz shaklida ko'zga tashlanadi.

Kometaning osmon jismlaridan ekanligini 1577-yilda astronom T.Brage aniqlagan. Ungacha kishilar kometani Yer atmosferasi hodisasi deb tushunishgan.

XVII asrning boshlarida I.Kepler va G.Galiley «dumli yulduzlar» Quyosh sistemasini to'g'ri chiziq bo'ylab kesib o'tadi va keyin unga butunlay qaytmaydi, deb taxmin qildilar.

Nyutonning shogirdi Edmund Galley 1337-yildan 1698-yilgacha bo'lgan davrda kuzatilgan 24 ta kometani o'rganib, ularning orbita elementlarini aniqladi. Qizig'i shunda ediki, bu kometalardan uchta-sining, aniqrog'i, 1531, 1607, 1682-yillarda kuzatilganlarining orbita elementlari deyarli bir xil bo'lib chiqdi. Bu hol tasodifiy emasligiga qattiq ishongan E.Galley 1705-yilda shunday yozadi: «1531-yili Apian tomonidan, 1607-yilda Kepler va Longomontan tomonidan kuzatilgan kometa, 1682-yili men o'zim kuzatgan kometaning aynan o'zi bo'lishi kerak, degan fikr menga tinchlik bermaydi. Bu uchala kometaning elementlari bir-biriga aniq mos keladi. Shuning uchun ham men bu kometaning 1758-yili qaytib kelishini ishonch bilan ayta olaman. Agar u qaytib kelsa, u holda boshqa kometalarning ham Quyosh yaqiniga qaytib kelishlariga (ya'ni davriyligiga) shubha qolmaydi».

Olim yanglishmagan edi. Galley bashorat qilgan «dumli yulduz» 1759-yilning 12-martida perigeliydan o'tdi va uning bashorati tasdiqlandi. Bu Nyutonning tortishish qonunining haqligini isbotladi. Quyosh sistemasining a'zosi ekanligi tasdiqlangan kometa, uning kashfiyotchisi sharafiga Galley deb ataladigan bo'ldi.

Kometalarning yadrosi muzlagan gazlar va ularga yopishgan turli o'lchamdagi chang, tosh va metall zarrachalardan tashkil topadi. Muzlagan gaz aksariyat ammiak, metan, karbonat angidrid, sian va azotdan iborat bo'lib, kometa Quyoshga yaqinlashayotganda yadro uning taftidan intensiv bug'lana boshlaydi va yadro atrofida qalin gaz qatlami – komani vujudga keltiradi.

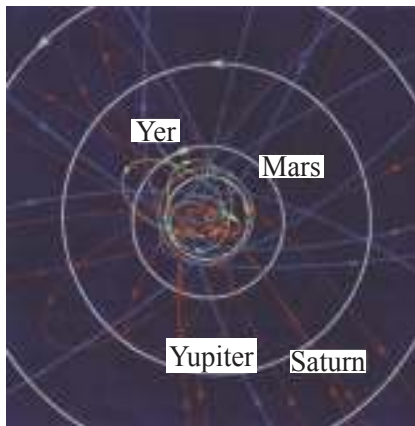


83-rasm. «Dumli yulduz»
(kometa)ning ko'rinishi.

Bunda kometalarning dumlari Quyosh nurlarining bosimi va Quyosh «shamoli» (korpuskular zarrachalarining oqimi) ta'sirida paydo bo'ladi. Kometa Quyoshga yaqinlashgan sayin, komaga gaz va changning intensiv ajralib chiqishi oqibatida unga ta'sir etuvchi bosim kuchi ham ortib, kometaning dumi Quyoshdan teskari tomonga qarab kun sayin cho'zila boradi va millionlab kilometrni tashkil etadi.

Kometaning dumini tashkil etgan gaz va chang, odatda, juda siyrak bo'lib, uning spektrida ionlashgan azot, karbonat angidrid va is gazining emission (nurlanish) chiziqlari paydo bo'ladi. Changli kometa dumlarining spektri Quyosh nurlarini qaytargani tufayli Quyosh spektri bilan bir xil bo'ladi.

Kometa massasining asosiy qismi uning yadrosida mujassamlashgan bo'lib, eng yirik kometalarda ham u Yer massasining yuz milliondan bir qismidan ortmaydi. Komaning zichligi esa atigi 10^{-12} – 10^{-13} g/cm³ ni tashkil qiladi. Kometa bosh qismining diametri, uning massasi va Quyoshdan uzoqligiga ko'ra ming km dan (xira kometalarda) 2 mln. km gacha (ravshan kometalarda), dum qismi esa 150 mln. km gacha boradi. Kometalarga tegishli yangi ma'lumotlarning ko'pchiligi Galley kometasining 1986-yilda Quyosh yaqinidan navbatdagi o'tishida «Jotto» (Buyuk Britaniya), «Planeta» (Yaponiya) va «Vega» (sobiq Ittifoq) avtomatik stansiyalari yordamida qo'lga kiritildi.



84-rasm. Kometalardan bir guruhining Quyosh atrofidagi orbitalari.

1950-yilga qadar 1500 dan ortiq kometa qayd qilindi, shulardan 400 ga yaqini teleskoplar ixtiro qilingunga qadar, qolganlari esa teleskoplar yordamida ochilgan. Bir guruh kometalarning Quyosh atrofidagi orbitalari 84-rasmga keltirilgan. Kometalar qayerda «tug'iladi»? Niderland astronomi Y. Oort, o'z tadqiqotlari asosida, Quyoshga yaqinlashib ko'rinayotgan kometalarning manbayi – Quyosh sistemasini o'rovchi va Quyoshdan juda uzoq masofada yotuvchi kometalar yadrolarining gigant buluti Oort buluti deb ataladigan bo'ldi. Bunday bulut qariyb 1 parsek masofacha cho'zilgan bo'lib, bunday katta uzoqlikda harakatlanayotgan kometa yadro-

lari orbitalarining ayrimlari yulduzlarning chetlantiruvchi tezlanishi ta'sirida o'z yo'lini o'zgartirib, oxir-oqibatda Quyoshning yo'ldoshiga aylanib qolishi mumkinligi hisoblashlardan aniqlandi.

Bunday o'ta uzun davrli kometalar doimo muzlagan holatda bo'lganliklaridan o'z gazlarini planetalararo bo'shliqqa aytarli sarflamaydi va shuning uchun ham milliardlab yillar davomida deyarli o'zgarishsiz yashaydi. Shu bois ularni o'rganib, Quyosh sistemasi evolutsiyasining dastlabki bosqichi haqidagi ma'lumotlarni qo'lga kiritish mumkin. Ba'zan Quyosh va planetalarning ta'sirida kometalar orbitalarining perigeliyi pasaya borib, Quyoshga yaqin masofadan o'tuvchi orbitalarda harakatlanadigan bo'lib qolishlari mumkin. Hisoblashlar «dumli yulduz»larning ayrimlari bunday ta'sir oqibatida juda katta tezlikka erishib, Quyosh sistemasini butunlay tashlab ketadigan parabolik orbita-larga (Quyoshga nisbatan) o'tib ketishi ham mumkinligini ko'rsatadi.

44-§. Meteorlar («uchar yulduzlar») va meteoritlar

Tunda chiroyli iz qoldirib «uchgan yulduz»larni kim ko'rmagan deysiz? Biroq bu «uchar yulduz»larning haqiqiy yulduzlarga hech aloqasi yo'qligini har kim ham bilmasa kerak. Aslida ular osmonning «daydi» mayda tosh zarrachalaridir. Ularning kattaliklari millimetrning ulushlarida, massalari esa milligrammlargacha o'lchanadi. Ular Yerga yaqinlashgach, planetamiz atmosferasiga sekundiga 10 kilometrdan 70–80 kilometrgacha tezlik bilan kiradi. Shubhasiz, bunday katta tezlikdagi tosh zarrachasi atmosfera molekulalari bilan ishqalanib cho'g'lanadi, ayni paytda u ko'zga yaxshi ko'rinadi va uchish davomida juda tez yemiriladi. Fanda *meteorlar* deb yuritiluvchi «uchar yulduz»lar yo'lining uzunligi bu osmon jismlarining kattaliklariga bog'liqligini tushunish qiyin emas.

Meteor zarralar qanday vujudga keladi, ularning manbalari qayerda, degan tabiiy savol tug'iladi. Gap shundaki, ayrim kometalar har safar Quyosh yaqinidan o'tayotib, yadrosiga tegishli bir qism gaz va changini yo'qotadi. Ma'lum kometa qancha vaqtdan so'ng o'z yadrosidagi gazni sarflab tugatishini rus olimi S.V. Orlov Galley kometasi uchun bajardi. Uning hisoblashlari, bu kometa Quyosh atrofida 330 marta aylangandan so'ng, ya'ni qariyb 25 ming yildan keyin gaz zaxirasidan ajralishini ma'lum qildi.

Kometaning butunlay koʻzdan yoʻqolishi boshqa bir jarayon – mexanik parchalanish oqibatida boʻladi. Mexanik parchalanish, Quyosh yaqinidan oʻtayotgan juda koʻp kometalarda aniqlangan. Xususan, 1846-yilda kuzatilgan Biela kometasi Quyosh yaqinidan oʻtayotib ikki boʻlakka ajralgan. Navbatdagi, 1857-yilgi koʻrinishida bu boʻlaklarning biri ikkinchisidan ikki million kilometrga uzoqlashgan va shundan keyin to shu paytgacha, har qancha urinishlarga qaramay, u hech kim tomonidan kuzatilmagan. 1872-yili mazkur kometaning oldindan hisoblangan – Yerga juda yaqin oraliqdan oʻtishi paytida kometa oʻrnida kuchli «meteor yomgʻiri» kuzatilgan (85-rasm).

1950-yili olim D. Dubyago parchalangan kometa yadrolari meteor oqimlarining vujudga kelishidagi rolini chuqur oʻrganib chiqdi. Uning hisob-kitobining koʻrsatishicha, kometa yadrosini «tashlab qochgan» meteor zarralarining buluti Quyosh beradigan koʻtarilish kuchi taʼsirida ham choʻzilib, ham kengayib boradi va bir necha ming yillardan soʻng kometa orbitasi boʻylab bir tekis taqsimlanib qoladi. Kometaning orbitasi boʻylab taqsimlangan «teshik kulcha»sining Yer bilan tutilishi (yaqinlashishi) Yerdan «meteor yomgʻirini» vujudga keltirishi fanda tasdiqlandi. Kuzatilgan «meteor yomgʻirlari»dan biri – Perseid, «1862 III» deb nomlangan parchalangan kometa yadrosining zarrachalari yaqinidan oʻtayotganda hosil boʻlishi bilan tasdiqlandi. Mashhur Galley kometasi ham – Orionid deb



85-rasm. «Meteor yomgʻiri».



86-rasm. Ajdaho yulduz turkumida proyeksiyalanadigan Drakonid «meteor yomgʻiri».

nom olgan Orion yulduz turkumida proyeksiyalanuvchi nuqtada (meteorlar harakatlari davomlarini tutashtiruvchi bu nuqta *radiant* deb ataladi) kuzatilganligi bilan tasdiqlangan. 86-rasmda har yili 8–12-oktabr kunlari tunda Ajdaho yulduz turkumida proyeksiyalanib ko‘rinadigan chiroyli Drakonid «meteor yomg‘iri» tasvirlangan.

Meteoritlar. Ba‘zan samoning «daydi» toshlari ancha katta bo‘lib, Yer atmosferasi qatlamidan o‘tayotganda yonib ulgurmaydi va bolid ko‘rinishida Yer sirtiga tushadi (87-rasm). Ular *meteoritlar* deb yuritiladi. Meteoritlar asosan toshdan, temirdan, tosh-temirdan va ba‘zan muzdan iborat bo‘ladi.

1908-yili Sibir taygasiga tushgan boshqa bir osmon jismining nimadan iborat bo‘lganligini aniqlash olimlar orasida o‘n yillab cho‘zilgan tortishuvga sabab bo‘lib, hozirgacha ham sirililigicha qolmoqda.

Sibir «mehmoni» Podkamennaya Tunguska daryosining o‘ng qirg‘og‘ida joylashgan Vanavara qishlog‘idan yuz kilometrcha shimoli-g‘arbga ertalab, Quyosh biroz ko‘tarilganda tushdi. Yerni kuchli larzaga solgan bu osmon jismi keyinchalik *Tungus meteoriti* nomi bilan fanda tanildi.

Hisoblashlarning ko‘rsatishicha, planetamizga yiliga 500 dan ortiq bunday toshlar uchib keladi. Biroq Yer yuzining qariyb 70 % suv bilan qoplanganligini e‘tiborga olsak, bu toshlardan 350 ga yaqini dengiz va okean tublariga tushib, izsiz yo‘qoladi. Quruqlikka tushuvchi qolgan toshlar hammasi ham aholi yashaydigan joylar atrofiga tushavermaydi, albatta, shuning uchun ularni ko‘rish har kimga ham nasib qilmaydi.

Osmon toshlarining Yerga tushishi juda qadimdan kuzatilgan bo‘lib, bu toshlar muqaddas hisoblangan. Shunday samo jismlaridan biri 1514-yili Germaniyaga tushgan tosh meteorit bo‘lib, u tushgan maydon yaqinida joylashgan cherkovga o‘rnatilgan va qayta «osmonga uchib ketmasligi uchun» temir zanjirlar bilan bog‘lab qo‘yilgan. Bu cherkov xudojo‘ylar uchun muqaddas qadamjoga aylangan.



87-rasm. Yer sirtiga tushayotgan meteoritning osmonda qoldirgan izi – bolid.



88-rasm. Arizona shtatidagi sahroga tushgan meteorit hosil qilgan havza.

Garchi meteoritlar Yer atmosferasiga sekundiga o'nlab kilometr tezlikda kirsalarda, havoning katta qarshiligi tezda ularni «hovuridan tushiradi». Hisoblashlarning ko'rsatishicha, Yerga urilish paytida ularning o'rtacha tezligi sekundiga 200–300 metrni tashkil qiladi.

Tezligi sekundiga 4 kilometrdan ortiq bo'lgan ayrim toshlarning Yerga urilishidan ajralgan energiya har qanday shunday massali portlovchi moddadan (portlash paytida) ajralgan energiyasidan bir necha marta ortiq bo'ladi. Bunday katta tezlik bilan uriluvchi meteorit energiyasining

bir qismi uni to'la bug'latib yuborishga sarf bo'lsa, qolgan qismi krater hosil qilish va tuproqni isitishga ketadi. Bunday katta tezlikka erishuvchi meteoritning massasi juda katta (taxminan 100 tonna) bo'lishi hisoblashlardan ma'lum. Shuning uchun ham massasi 100 tonnadan ortiq meteoritlarni Yerga topib bo'lmaydi, ular Yerga ulkan kraterlarnigina qoldiradilar. Meteorit hosil qilgan bunday yirik kraterlardan biri Arizona shtatida (AQSH) topilgan bo'lib, uning diametri 1300 metrga, chuqurligi esa 175 metrga yetadi (88-rasm).

Savol va topshiriqlar:

1. «Dumli yulduzlar» haqiqatan ham yulduzmi?
2. Birinchi davriy kometa kim tomonidan va qanday aniqlangan?
3. Kometa dumining Quyoshdan teskari tomonga cho'zilishining sababi nimada?
4. Kometalar yadrosi nimadan tarkib topgan? Dumi-chi?
5. Galley kometasi haqida nimalar bilasiz?
6. «Uchar yulduzlar» bilan parchalanib tugagan kometalar orasida qanday bog'lanish bor?
7. Bolidlar qanday hodisa va ular nimadan darak beradi?
8. Meteoritlar qanday jinslardan tashkil topgan?

9. AQSHning Arizona shtatidagi meteorit krateri haqida nimalar bilasiz? Tungus meteoriti haqida bilganlaringizni bayon qiling.

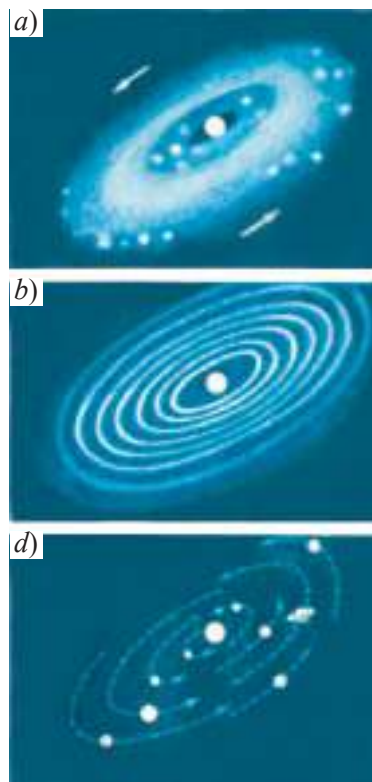
19-MAVZU. 45-§. Quyosh sistemasining kelib chiqishi haqida hozirgi zamon qarashlari

XVIII asrda dastlab I.Kant Quyosh sistemasi sovuq holdagi mayda qattiq zarrachalardan vujudga kelganligini, Laplas esa u katta massali va aylanuvchi tumanlikning siqilishidan paydo bo'lganligini e'tirof etishdi.

Oxirgi yillardagi ma'lumotlarga ko'ra, Quyosh sistemasi qator sabablarga ko'ra Kant va Laplas aytgan yo'l bilan shakllana olmasligi ma'lum bo'ldi. Biroq, shunga qaramay, Kant va Laplasning Quyosh sistemasining vujudga kelishi, Quyosh sistemasi materiyaning boshqa (gaz-chang) tuzilishidan shakllanishi to'g'risidagi bu nazariyalari Koinotning rivojlanish jarayonini tushuntirishda bildirilgan materialistik g'oyalarni qo'llashi bilan muhim sanaladi.

O'tgan asrning 40-yillarida bu kosmogonik faraz ustida taniqli rus olimi O. Shmidt shug'ullandi. Uning fikricha, protoplanetalar buluti Quyosh tomonidan chang tumanligini ushlab qolishidan shakllangan. Agar ushlab qolish markaziy bo'lmasa, unda bu tumanlik aylana boshlaydi va uning harakat miqdori momenti juda katta bo'ladi. Olimning bunday fikrga kelishiga protoplanetalarning zimmasiga harakat miqdori momenti katta qismining to'g'ri kelishi asos bo'lgan edi (89-a rasm).

Uning gipotezasiga ko'ra, gaz-chang muhitida zarrachalarning harakati va to'qnashuvi natijasida



89-rasm. Quyosh sistemasining paydo bo'lishi.

Quyosh atrofida aylanayotgan va gaz-changdan tashkil topgan yirik bulut ekvator tekisligigacha siqilgan holdagi shaklini vujudga keltirgan. Faqat bu masalada qachonlardir Quyosh atrofini o'rovchi gaz-chang bulutlarining o'zi qanday paydo bo'lganligi muammo sanaladi. O. Shmidt va boshqa olimlar, qadimda o'zi ham shunday muhitda paydo bo'lgan Quyosh, yirik gaz-chang tumanlikdan bir qismini tortish kuchi ta'sirida o'z atrofida ushlab qolganligi to'g'risidagi fikrni qo'llab-quvvatlaydilar.

Quyosh nurlanishining uni o'rovchi gaz va chang massasini qizdirishi oqibatida, Yer rusumida shakllanayotgan protoplanetalarning kimyoviy tarkibi differensiatsiyanishi natijasida, og'ir elementlari markazda zichlashib yadroni, yengillari ko'tarilib, ularning mantiya va qobiqlarini vujudga keltirgan deb qaraydi. Bunda vodorod va geliydan tarkib topgan yengil elementlar esa, Quyoshdan katta uzoqlikka uloqtirilib, ulardan gigant protoplanetalar vujudga kelgan deb tushuntiriladi. Bu, Quyoshdan uzoqda joylashgan gigant planetalar qiyin eruvchi moddalardan tashqari suv, metan va ammiakning «muzlaridan» shakllanganliklaridan ko'rinadi. Yer rusumidagi planetalar faqat qiyin eruvchi uchmaydigan (bug'lanmaydigan) moddalardangina kondensatsiyanishi mumkin bo'lib, ular gaz-chang bulut tarkibida «muzlarga» nisbatan kam miqdorni tashkil etadi. Shuning uchun ham Yer rusumidagi planetalar Quyosh yaqinidagina vujudga kelgan degan fikr ilgari suriladi (89-b rasm).

Shuningdek, to'qnashishlar natijasida zarrachalar o'zaro birlashib, bu sohada katta-kichik quyuqliklarni vujudga keltirgan. Hosil bo'lgan bu quyilmalarning orbitalari Quyosh atrofida ko'rinish olib, barchasi taxminan bitta orbita tekisligiga yaqin yotishi bilan tasdiqlangan va oxir-oqibatda eslatilgan quyilmalar orbitalar orasidagi butun moddani o'zlarida mujassamlashtirib, planetalar ko'rinishini olganligi haqidagi olimning fikri ham yangi nazariyada o'z tasdig'ini topganligi bilan ahamiyatga molik (89-d rasm).

Gravitatsion tortishish ta'sirida bunday yangi moddaning planeta darajasigacha kelishi uchun juda katta vaqt talab etiladi. Xususan, Yer o'zining hozirgi o'lchami kattaligiga qadar siqilishi uchun ketgan vaqt, hisob-kitobning ko'rsatishicha, 100 mln. yildan kam bo'lmagan.

Bu gipoteza tortishish qonunining hisob-kitobiga ko'ra vujudga kelgan planetalar orasidagi masofalar ham, Quyosh sistemasi tuzilishida kuzatilgani kabi,

Quyoshdan uzoqlashgan sayin bir tekis ortib borishini ko'rsatishi bilan kosmogoniyada o'z tasdig'ini topdi.

Yirik massali va o'lchamli jismlar nisbatan sovuq planetaga, jumladan, Yerga tushib uni qizdirgan. Yer mantiyasining erishida boshqa bir fizik jarayon – radioaktiv elementlarning yemirilishi tufayli ajralgan qo'shimcha issiqlik ham kam rol o'ynamagan. Bunday qizish vulkanik hodisalar, okeanlarni va birlamchi atmosfera qatlamini vujudga keltirib, yer qobig'ining shakllanishiga olib kelgan. Yer va Veneraning birlamchi atmosferalari dastlab bir-biriga juda o'xshagan bo'lib, keyin ularning evolutsiyalari oqibatida keskin o'zgargan. Masalan, olimlarning tadqiqot natijalari, Yer okeani suv zaxiralari va o'simlik dunyosi bilan karbonat angidridni yutib, atmosferani kislorod bilan boyitishi tufayli Yerda hayotni boshlab berganligini ko'rsatadi. Akademik V.G. Fesenkov esa keyinroq Quyoshni vujudga keltirgan markaziy quyilma ham aynan shu aylanayotgan yirik gaz-chang muhitdan paydo bo'lganligining ehtimoli katta ekanligiga ishora qilib, bunday quyilma shakllanishining boshlang'ich bosqichida, nisbatan siyrak moddalarni o'zining ekvator tekisligiga uloqtirgani haqiqatga yaqin degan fikrni beradi. Uning fikricha, markaziy quyilmadan ulotirilgan bu moddalar bilan boyitilgan Quyoshni o'rovchi bulutdan planetalar vujudga kelgan. Bu nazariyaga asoslangan oxirgi hisob-kitoblar Quyosh vaqt o'tgan sayin kichrayib va sovib, bugungi holatiga kelgan degan xulosani beradi.

Savol va topshiriqlar:

1. Kant va Laplasning dastlabki gipotezalarida Quyosh sistemasining paydo bo'lishiga doir qanday ijobiy qarashlar bo'lgan?
2. O. Shmidtning Quyosh sistemasining paydo bo'lishiga doir gipottzasi qanday hisob-kitobga tayanganligi bilan fanda o'z o'rini topdi?
3. Akademik V. Fesenkovning gipotezasiga ko'ra, Quyosh atrofidagi planetalarning shakllanishi qanday tushuntiriladi?

V BOB. YULDUZLAR

20-MAVZU. 46-§. Yillik parallaks, yulduzlarning masofalarini aniqlash

Yulduzlarga masofani aniqlash ularning yillik parallaktik siljishlariga asoslanadi. Quyosh atrofida radiusi qariyb 150 million kilometrli aylana bo‘ylab harakatlanayotgan Yerdagi kuzatuvchi yaqindagi yulduzlarning uzoqdagi yulduzlar fonida siljib, bir yilda aylana (yulduz Yer orbita tekisligiga tik yo‘nalishda joylashganda), ellips (yulduz Yer orbita tekisligiga burchak ostida joylashganda) chizishini kuzatadi. Yoritgichning parallaktik siljishi deb yuritiluvchi bunday chizmalarning (aylana yoki ellips) yoy o‘lchami yulduzning uzoqligiga ko‘ra turlicha kattalikda bo‘lib, u mazkur yoritgichdan qaralganda, qarash chizig‘iga tik bo‘lgan Yer orbitasi radiusining ko‘rinish burchagi π ni o‘lchashga imkon beradi (90-rasmda ikki M_1 va M_2 uchun π_1 va π_2 lar ko‘rsatilgan). Yoritgichning yillik parallaksi deyiluvchi bu π burchak, o‘z navbatida, shu yoritgichning Quyosh sistemasidan (demak, Yerdan) uzoqligini o‘lchashga imkon beradi. Darhaqiqat, to‘g‘ri burchakli uchburchak QEM_1 dan

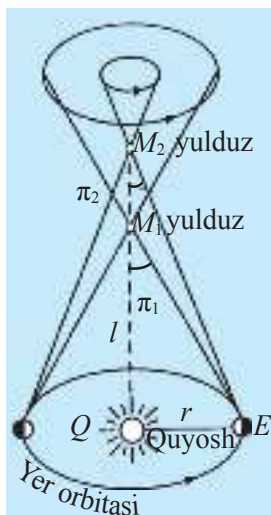
$$\sin \pi = \frac{r}{l} \text{ yoki umumiy holda } l = \frac{r}{\sin \pi},$$

bu yerda: r – Yer orbitasining radiusini; l – yoritgichgacha masofani xarakterlaydi. Yillik parallaks burchagi π juda kichik bo‘lib, yoy sekundlarida yoki uning ulushlarida o‘lchanganidan, Quyoshgacha masofa ($r=1$

$$\text{a.b.} = \frac{1}{206265} \text{ pk bo‘lganidan): } l = \frac{r}{\pi \cdot \sin 1''} = \frac{1 \cdot 206265}{\pi}$$

formula yordamida hisoblanadi. Agar masofa *parseklarda* (pk) o‘lchansa, formula quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

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



90-rasm.
Yulduzlarning yillik
parallaksi.

Birinchi marta 1886-yilda shunday metod bilan Vega (Lira yulduz turkumining alfasi)ning yillik parallaksi o‘lchanib, bu yulduzgacha masofani mashhur Pulkovo

(Rossiya) observatoriyasining asoschisi V.Y. Struve aniqladi. Bunday metod bilan nisbatan yaqin ($\pi \geq 0,01''$) yulduzlargacha masofalar aniqlanib, juda uzoqdagi yulduzlargacha masofa parseklarda, ularning ko‘rinma va absolut kattaliklari (m, M) asosida ushbu formula yordamida topiladi va u *spektral parallaks* deyiladi:

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

47-§. Yulduzlarning o‘lchamlari va fizik parametrlarini aniqlash *

1. Yulduzlar juda uzoq masofada bo‘lganliklaridan, eng yirik teleskoplar orqali qaralganda ham, ular asosan nuqta shaklida ko‘rinadi. Faqat ayrim yulduzlarning burchak o‘lchamlarinigina maxsus teleskoplar – yulduz interferometrlari yordamida o‘lchashning iloji bor.

Yulduzning bu metod bilan aniqlangan ko‘rinma diametri (d'') ungacha masofa l ma’lum bo‘lganda, yulduzning chiziqli o‘lchami (diametri) D ushbu ifodadan topiladi:

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

2. Biroq, aksariyat yulduzlar nuqta ko‘rinishida bo‘lganidan, ularning o‘lchamlarini topish uchun boshqa metoddan foydalaniladi. Ma’lumki, yulduzlarni absolut qora jism deb qarab, ularning to‘la nurlanish quvvatini, ya’ni yorqinligini Stefan-Bolsman qonuniga ko‘ra $L_* = S_* \cdot \sigma \cdot T^4$ deb yozish mumkin, chunki uning yuza birligidan chiqayotgan nurlanish energiyasi $\sigma \cdot T^4$ orqali topiladi. Bu yerda: σ – Stefan-Bolsman doimiysi $5,7 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$; S_* – yulduzning sirti (shar sirti); T – sirt temperaturasini ifodalaydi. Shar sirti $S = 4\pi \cdot R^2$ bo‘lganidan yulduzlarning yorqinligi $L_* = 4\pi R_*^2 \cdot \sigma T_k^4$ bo‘ladi. Agar bu ifodani Quyosh uchun yozsak:

$L_{\odot} = 4\pi R_{\odot}^2 \cdot \sigma T_{\odot}^4$ bo‘ladi. Bu ifodalarning mos tomonlari nisbatlarini olsak, u holda

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

ifodaga erishamiz.

Endi ifodaning har ikkala tomonini ildiz ostiga olib, so'ng logarifmlasak, yulduzning radiusini Quyosh radiusi birliklarida ($R_{\odot}=1$) ushbu tenglikdan topamiz:

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

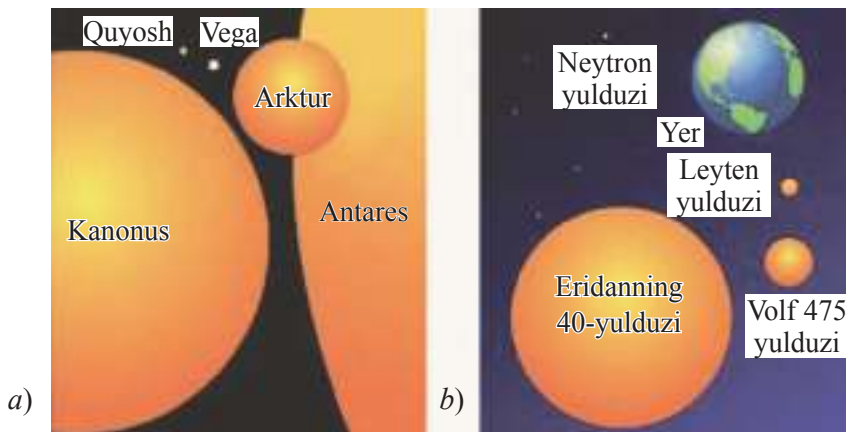
Misol uchun Quyoshning radiusini (R_{\odot}) uning ko'rinma radiusiga ($\rho_{\odot}=16'$) ko'ra topaylik, u holda:

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

bo'ladi, bu yerda $\Delta = 1,5 \cdot 10^{11}$ m – Quyoshdan Yergacha o'rtacha masofa. U holda Quyoshning radiusi:

$$R_{\odot} = 1,5 \cdot 10^{11} \cdot \operatorname{tg} 16' \approx 7 \cdot 10^8 \text{ m yoki taxminan } 700\,000 \text{ kilometrغا teng chiqadi.}$$

Gigant va o'tagigant yulduzlar ichida radiusi Quyoshnikidan ming martacha kattalari uchraydi. Sefey yulduz turkumidagi VV deb nomlangan yulduzning radiusi Quyoshnikidan 6000 marta katta. Katta It yulduz turkumining eng yorug' yulduzi Siriusning radiusi Quyoshnikidan 2 martacha yirik, ya'ni 1 400 000 km. Ba'zi yulduzlar esa, aksincha, Quyoshdan bir necha o'nlab marta kichik va diametrlari planetalarniki kabi, atigi bir necha ming kilometrni tashkil etadi. Bunday yulduzlarning aksariyati oq rangda bo'lib, *oq mittilar* deb yuritiladi. 91-rasm^{da} qizil gigantlar va oq mittilarning o'lchamlari Quyosh va Yerning o'lchamlari bilan solishtirilgan.



91-rasm. Quyosh o'lchami gigant yulduzlar (a) Yer o'lchami kattaligidagi mitti yulduzlar (b) bilan solishtirilgan.

48-§. Yulduzlarning rangi va temperaturasi

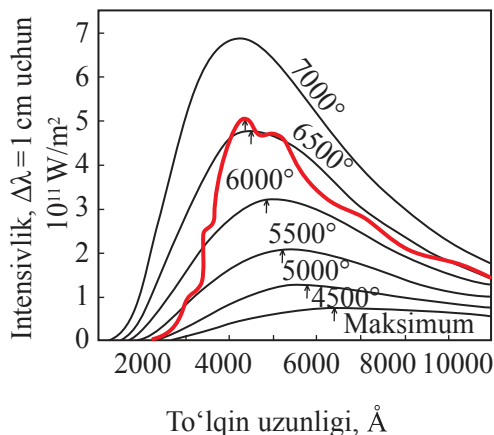
1. Yulduzli osmonga diqqat bilan qaragan kishi yulduzlar bir-birlaridan ranglariga ko'ra farqlanishini oson payqaydi. Xususan, Quyoshimiz sariq rangdagi yulduz hisoblanadi, sirtida temperaturasi 6000 K atrofida. To'q qizil rangda ko'rinadigan yulduzlarning temperaturasi 2500–3000 K, zarg'aldoq rangdagi gilariniki 3500–4000 K, oq rangdagi yulduzlarning temperaturasi esa 17000–18000 K atrofida bo'ladi. Osmonda ko'rinadigan yulduzlar ichida eng «qaynog'i» ko'k-havorang tusda bo'lib, ularning temperaturalari 25000–50000 K orasida bo'ladi.

Yulduzlarning temperaturasini aniqlashning bir necha xil metodi mavjud bo'lib, ulardan biriga ko'ra, u yulduzlarning spektrida energiyani taqsimlanishidan topiladi. Bunda nurlanish energiyasining maksimumi to'g'ri kelgan to'liq uzunligiga tayangan holda Vinning ushbu siljish qonunidan foydalaniladi (92-rasm):

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

2. Shuningdek, yulduzning maxsus rang filtrlarida fotografik yoki fotovizual yo'l bilan olingan yulduz kattaliklarining farqi ($m_{pg} - m_{pv} = CI$) asosida aniqlangan rang ko'rsatkichiga (color index – CI) ko'ra ham uning temperaturasini aniqlaydilar. Yulduzlarning rangi ko'k rangga yaqinlashgan sayin ularning temperaturalari ortib boradi. Bunday metodlar bilan topilgan yulduz temperaturasi faqat uning sirtiga taalluqli bo'lib, ularning ichki qismiga tegishli temperaturalari yulduzlarning spektri, massasi, zichligi va aniqlangan ichki bosimiga ko'ra nazariy hisoblashlar yordamida topiladi. Bunday yo'l bilan topilgan yulduzlarning ichki qismiga tegishli temperaturalar bir necha milliondan o'nlab million gradusgacha (markazida) boradi. Quyoshning markazida temperatura 15 million gradusni tashkil etadi. Qaynoq yulduzlarda esa u 50–100 million gradusgacha boradi.

92-rasm. Yulduzlar spektrida energiyani taqsimlanishi (quyuq chiziq – Quyosh uchun).



Savol va topshiriqlar:

1. Ma'lum bir yulduz uchun yillik parallaks burchagini chizmada ko'rsating.
2. Yulduzning berilgan yillik parallaks burchagiga ko'ra uning uzoqligi parseklarda qanday topiladi?
3. Spektral parallaks asosida yulduzlarga masofa qanday topiladi?
4. Yulduzlarning yorqinliklari va radiuslari orasida qanday bog'lanish mavjud?
5. Yulduzlarning temperaturasi qanday metodlar asosida topiladi?

21-MAVZU. 49-§. Yulduzning absolut kattaligi va uning yorqinligi bilan bog'liqligi *

Yulduzlarning ko'rinma yulduz kattaliklari ularning yorqinliklarini solishtirishga imkon bermaydi. Chunki bir xil yorqinlikka ega bo'lgan turli masofada yotuvchi ikki yulduzning ko'rinma yulduz kattaliklari bir xil bo'lmasligi ma'lum. Bu masalani hal etish uchun astronomlar barcha yulduzlarni bizdan bir xil masofaga keltirib, yulduz kattaliklarini aniqlashni va keyin shu asosda ularning haqiqiy yorqinliklarini solishtirishni maqsad qildilar. Bunday birlik sifatida astronomlar 10 parsekli masofani oldilar. Yulduzlarning bizdan 10 parsek masofaga keltirilganda aniqlangan ko'rinma yulduz kattaliklari ularning *absolut yulduz kattaliklari* deb ataladi va M harfi bilan belgilanadi. 10 parsekli standart bu masofa taxminan $2 \cdot 10^6$ astronomik birlikka teng bo'lganidan, Quyoshni 10 parsek masofaga eltgandan keyingi intensivligi uning 1 a.b. masofada turgandagi

intensivligidan $\frac{1}{(2 \cdot 10^6)^2}$ marta (ya'ni $4 \cdot 10^{12}$) kamayadi. Intensivlikning har 100 marta kamayishi ko'rinma yulduz kattaligining 5 yulduz kattaligiga ortishiga to'g'ri kelishi e'tiborga olinsa, unda intensivlikning $4 \cdot 10^{12}$ marta kamayishi yulduz kattaligining 31,5 marta ortishiga olib keladi. Binobarin, 10 pk masofaga «eltilgan» Quyoshning ko'rinma yulduz kattaligi $-26,7 + 31,5 = +4,8$ ni tashkil etar ekan. Boshqacha aytganda, Quyoshning absolut yulduz kattaligi $M_{\odot} = +4,8$ ga teng bo'lar ekan, deb xulosa qilish mumkin.

Sentavr yulduz turkumidagi bizga eng yaqin joylashgan ravshan yulduzning (Proksima) ko'rinma yulduz kattaligi $m=0$ bo'lib, Quyoshdan uzoqligi 1,3 pk. U

10 pk masofaga eltilganda, uning intensivligi $\left(\frac{10}{1,3}\right)^2 = 8^2 = 64$ marta kamayadi. Bu yulduz kattaligining 4,5 marta ortishiga olib keladi. Demak, uning absolut yulduz kattaligi $M_p = 0 + 4,5 = +4,5$ bo'ladi. Bundan ko'rinishicha, biror yulduzning ko'rinma yulduz kattaligi va ungacha bo'lgan masofa parseklarda ma'lum bo'lsa, uning absolut yulduz kattaligini oson aniqlash mumkin ekan. Buning uchun astronomlar ushbu maxsus hisoblash formulasini ham aniqlashgan:

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

bu yerda r – yulduzgacha parseklarda ifodalangan masofa.

Agar Quyosh va ixtiyoriy yulduz absolut yulduz kattaliklarida (M_\odot va M_*) berilgan bo'lsa, u holda ularning yorqinliklari nisbatining logarifmi ushbu ifodadan topiladi:

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

Yulduzlarning yorqinliklarini o'rganishdan, ularning yorqinliklari 0,0001 Quyosh yorqinligidan to bir necha o'n ming Quyosh yorqinligigacha chegarada o'zgarishi ma'lum bo'ladi.

Juda katta yorqinlikka ega bo'lgan yulduzlar ichida gigantlar va o'tagigantlar deb ataluvchi yulduzlar alohida o'rin tutadi. Gigantlarning asosiy qismi nisbatan past sirt temperaturasiga ($3,4 \cdot 10^3$ K) ega bo'lib, qizil rangda bo'lganidan ularga *qizil gigantlar* deb nom berilgan. Aldebaran (Savr yulduz turkumining eng yorug' yulduzi), Arktur (Ho'kizboqar yulduz turkumining eng ravshan yulduzi) kabi yulduzlar gigantlarning mashhur vakillaridan hisoblanadi.

O'tagigantlar esa yorqinliklari Quyoshnikidan o'n ming martalab ortiq bo'lgan yulduzlar bo'lib, ularning rangi turlichadir. Ko'k rangdagi o'tagigantlarga misol qilib Rigelni (arabcha «Rij al-Javzo»ning buzilgan talaffuzi – «Pahlavonning oyog'i» – Orion yulduz turkumining betasi); qizil o'tagigantlarga – Antaresni (Aqrab yulduz turkumidagi eng ravshan yulduz), Betelgeyzeni (arabcha «Ibt al-Javzo»ning buzilgan talaffuzi – «Pahlavonning o'ng yelkasi» – Orionning eng ravshan yulduzi) keltirish mumkin.

Turli yorqinlikdagi yulduzlarning spektrlari ham bir-birlaridan biroz farq qiladi. Shu tufayli, ba'zan spektrdagi turli atomlarning chiziqlariga ko'ra yulduzning yorqinligini baholash mumkin. Shu yo'l bilan yorqinliklari aniqlangan yulduzlarning ko'rinma yulduz kattaliklari yordamida ulargacha masofalarni ham

aniqlash mumkin bo‘ladi. Yulduzlarga masofalarni aniqlashning bu metodi, yuqorida eslatilganidek, *spektral parallaks metodi* deb yuritiladi.

Spektral parallaks metodining trigonometrik metodlardan afzalligi shundaki, spektral parallaks juda katta masofada yotgan va spektrlarini olish imkonini bo‘lgan barcha yoritgichlarning ham masofalarini aniqlashga imkon beradi.

50-§. Yulduzlarning spektri va spektral sinflari

Astronomlar yulduzlarga tegishli muhim ma’lumotlarni ularning spektrlarini tahlil qilib qo‘lga kiritadilar. Yulduzlarning spektri, xususan, Quyoshning spektri ham chiziqli yutilish spektri bo‘lib, yorug‘ tutash spektrining fonida atomlar, ionlar va molekullarga tegishli yutilish (Fraunhofer) chiziqlaridan tashkil topadi.

Yulduzlarning spektrlari bir-biridan, ularda to‘lqin uzunligi bo‘yicha nurlanish energiyasining turlicha qiymat bilan taqsimlanishiga ko‘ra farqlanadi. Shuningdek, bu spektrlar ularda atmosferaning kimyoviy tarkibini aks etib, turli elementlarga tegishli chiziqlari va shu chiziqlarning intensivliklari bilan ham bir-biridan farq qiladi. Temperaturalari bir-biriga yaqin yulduzlarning kimyoviy tarkibi bir-biridan keskin farq qilmaydi. Yulduzlar spektrida eng ko‘p tarqalgan elementlar vodorod bilan geliydir. Bu elementlarning yulduz spektrida kuzatilgan intensivlik darajasi mazkur yulduz atmosferasining fizik holatini belgilab, ko‘p jihatdan uning temperaturasiga bog‘liq bo‘ladi. Yulduzlarning spektrlari yettita asosiy spektral sinflarga guruhlangan. Ular lotin alifbosida ifodalanib, quyidagi tartibda joylashadi:

O–B–A–F–G–K–M. Ma’lum sinfga guruhlangan spektrlar, o‘z navbatida, yana o‘ntadan sinfchalarga ajratilgan. Masalan, A sinf yulduzlari A0, A1, A2, ..., A9 sinfchalarga bo‘lingan (Quyosh o‘z spektriga ko‘ra G2 sinfga kiradi).

Sinflar ketma-ketligi, eng avvalo, yulduzlarning temperaturasi va ranglari ketma-ketligida o‘z aksini topadi. Nisbatan sovuq – qizil yulduzlarning spektrida neytral atomlarning va hatto molekular birikmalarining chiziqlari ko‘p uchragani holda, qaynoq havorang yulduzlarning spektrida ionlashgan atomlarning chiziqlari ko‘p uchraydi. *O sinfga* kiruvchi yulduzlarning *spektrida ionlashgan geliy, uglerod, azot va kislorodning intensiv yutilish chiziqlari*, shuningdek, spektrning ultrabinafsha qismida ayrim kimyoviy element atomlarining ko‘p marta ionlashgan chiziqlari ham uchraydi. Havorang yulduzlarning temperaturasi 25000–50000 °C gacha boradi.

B sinfga kiruvchi yulduzlarning spektrida neytral geliy chiziqlari juda intensiv bo'ladi. *Oq-ko'kish rangdagi* bunday yulduzlarning temperaturasi $\sim 17000^\circ\text{C}$ atrofida.

A sinfga kiruvchi yulduzlarning spektrida *vodorodning yutilish chiziqlari, ionlashgan Ca chiziqlari intensiv bo'lib*, temperaturasi $\sim 11000^\circ\text{C}$ bo'ladi. Rangi oq.

F sinfga kiruvchi yulduzlarning spektrida vodorod chiziqlari kuchsizlanib, *kalsiyning ionlashgan chiziqlari intensiv bo'ladi. Och sarg'ish rangli. Temir, titan kabi elementlarga boy*, temperaturasi $\sim 7000^\circ\text{C}$.

G sinfga kiruvchi yulduzlarning spektrida (jumladan, Quyoshnikida) metallarga tegishli *neytral va qisman ionlashgan kalsiy atomlarning chiziqlari intensiv* va keng tarqalgan. Vodorodning chiziqlari ancha kuchsizlangan (intensivligi pasaygan) bo'ladi. Temperaturasi $\sim 6000^\circ\text{C}$. *Rangi sariq.*

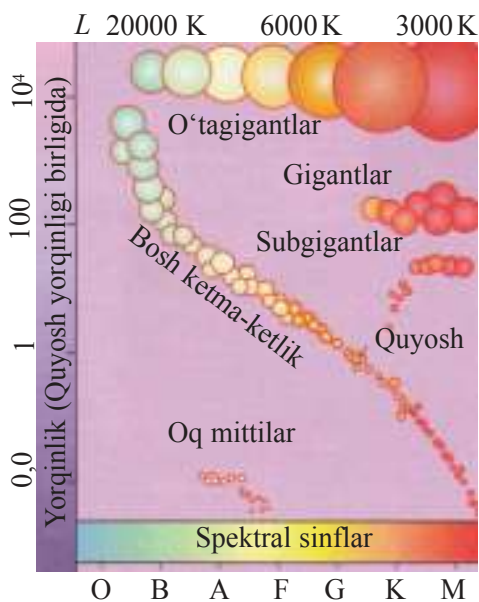
K sinfga kiruvchi yulduzlar spektrida metallarning yutilish chiziqlari bilan birga *molekular birikmalarning ham chiziqlari kuzatiladi*. Rangi qizg'ish, temperaturasi $\sim 3500^\circ\text{C}$.

M sinfga kiruvchi yulduzlar spektrida esa *metall chiziqlari kuchsizlanib, molekularlarning spektral tasmalari* (ayniqsa, titan oksidiga tegishli) *intensiv* tus oladi. *Qizil rangli*, temperaturasi 2500°C .

Yulduzlar spektrining turlicha bo'lishi ularning atmosferasidagi fizik sharoit, kimyoviy tarkibining turli-tumanligi va eng muhimi, turli xil temperaturaga ega ekanligi bilan tushuntiriladi. Yulduzning temperaturasi ortgan sayin uning atmosferasidagi molekular atomlarga parchalanadi. Yanada yuqori temperaturada atomlar ham parchalanib, elektronlarini yo'qotadi va ionlarga aylanadi. Bu narsa yulduzlarning spektral sinflari tahlilidan oson ko'rinadi.

51-§. Spektr-yorqinlik diagrammasi

Yulduzlarning spektral sinflari va ularning temperaturalari orasida bog'lanish borligi kuzatishlardan ma'lum bo'lgan. Ularning yorqinliklari absolut yulduz kattaliklariga bog'liqligi aniq bo'lgach, olimlar bu ikki juft bog'lanishlar orasida ham bog'lanish bo'lishi kerak degan gumon bilan uni qidirishga kirishdilar. Bunday bog'lanishni XX asrning boshlarida daniyalik astronom Gersshprung va amerikalik astrofizik Russell aniqladilar. Ma'lum bo'lishicha, agar koordinata o'qlaridan biri bo'yicha yulduzlarning spektral sinflari, ikkinchisi bo'yicha esa ularning absolut yulduz kattaliklari qo'yilsa, yulduzlarning bu para-



93-rasm. Spektr-yorqinlik diagrammasi.

metrlari orasidagi bog'lanishlari bir necha guruhga ajralgan holdagi diagramma ko'rinishida namoyon bo'ladi. Bunday bog'lanishlarni ifodalovchi diagramma keyinchalik spektr-yorqinlik yoki Gersshprung-Russell diagrammasi deb ataladigan bo'ldi. Spektr-yorqinlik diagrammasida yulduzlarning absolut yulduz kattaliklariga parallel holda, yulduzlarning yorqinliklari (Quyosh yorqinligi birligida, $L_{\odot}=1$), spektral sinflari o'qiga parallel holda esa, ularning rang ko'rsatkichlari yoki effektiv temperaturallari joylashadi (93-rasm). Gersshprung-Russell diagrammasi umumiy fizik tabiatga ega bo'lgan yulduzlarni turli guruhlarga ajratib, ularning temperaturasi, yorqinligi, spektral sinfi va absolut kat-

taliklari kabi parametrlari orasidagi bog'lanishlarni aniqlashga imkon beradi.

Bu diagrammada yulduzlarning asosiy qismi *bosh ketma-ketlik* deyiluvchi egrilik bo'ylab joylashib, uning tepa qismida yorqinliklari yuqori bo'lgan boshlang'ich spektral sinflarga tegishli yulduzlar joylashadi va o'ng tomonga borgan sayin yulduzlarning yorqinliklari (binobarin, temperaturallari) pasaya borib, keyingi sinflarga tegishli yulduzlar joy oladi. Bosh ketma-ketlik egriligidan o'ng tomonida, yuqorida nisbatan past temperaturali, biroq diametri juda katta va shuning uchun ham yuqori yorqinlikka ega bo'lgan, absolut yulduz kattaliklari -4^m , -5^m li *o'tagigant* va *gigant* (absolut yulduz kattaliklari 0^m atrofida) yulduzlar joylashadi. Diagrammaning quyi qismida chapda, asosan, A spektral sinfiga va nisbatan kam yorqinlikka ega bo'lgan alohida guruh – *mitti yulduzlar* joylashadi.

Savol va topshiriqlar:

1. Yulduzlarning absolut yulduz kattaligi deb qanday ko'rinishda kattaligiga aytiladi?
2. Yulduzlarning ko'rinish va absolut kattaliklari orasidagi munosabatni ifodalovchi formulani yozing.
3. Yulduzlarning spektral sinflari haqida nima bilasiz?

4. Yulduzlarning spektral sinflari ularning temperaturasi va ranglariga qanday bog'langan?
5. Spektr-yorqinlik diagrammasi yulduzlarga tegishli qanday fizik parametrlarni o'zaro bog'laydi?
6. Bosh ketma-ketlikda yotuvchi yulduzlar qanday xususiyatlari bilan gigantlar va mittilardan farq qiladi?
7. Yulduzlarning absolut yulduz kattaliklari va yorqinliklari orasida qanday bog'lanish mavjud?

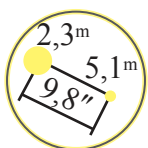
22-MAVZU. 52-§. Fizik qo'shaloq yulduzlar va ularning turlari

Bir qarashda osmonda yulduzlar yakka-yakka uchraydigandek tuyulsa-da, aslida ularning ko'pchiligi ikkitadan, uchtdan va undan ham ko'proq holda o'zaro dinamik bog'langan ko'rinishda bo'ladi. Odatda, umumiy massa markazi atrofida aylanayotgan qo'shaloq yulduzlarning orbitalari bir tekislikda yotib, aylanish davrlari bir xil bo'ladi. Bular ichida, ayniqsa, qo'shaloqlari (ya'ni juft holdagilari) ko'proq uchraydi. Biroq qo'shaloq ko'ringan yulduzlarning hammasi ham aslida qo'shaloq bo'lavermaydi. Ularning ichida turli masofalarda yotib, o'zaro hech ham dinamik bog'lanmagan va ma'lum bir qarash chizig'i yaqinida yotganliklaridan osmonda bir-biriga yaqindek tuyulganlari ham ko'p bo'ladi. Bunday yulduzlar *optik qo'shaloqlar* deyiladi.

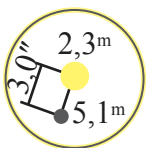
Vizual qo'shaloqlarning turlari. Agar fizik qo'shaloq yulduzlarning tashkil etuvchilari quvvatli teleskop bilan qaralganda bir-biridan bevosita ajratib ko'rish mumkin bo'lgan yoy masofada joylashgan bo'lsa, ular *vizual qo'shaloq yulduzlar* deyiladi.

O'zaro juda zich va juda kichik yoy masofada joylashgan qo'shaloq yulduzlarni bevosita ajratib ko'rishning hech iloji yo'q bo'lib, ularning qo'shaloqligi fotometrik yoki spektral metod yordamida aniqlanadi. Shunga ko'ra ular, mos ravishda, *tutiluvchi* va *spektral qo'shaloqlar* deb yuritiladi.

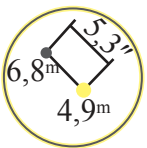
Vizual qo'shaloq yulduzga misol qilib Katta Ayiq yulduz turkumidagi «cho'mich bandi»ning oxiridan ikkinchi yulduzni olish mumkin. Qadimda arablar u yulduzga Alqor (Chavandoz) deb ot qo'yishgan. Uning yaqinidagi ko'z zo'r-g'a ilg'aydigan yulduzcha Mitsar deb nomlanadi. Bu ikki yulduz o'zaro dinamik bog'lanishdagi vizual qo'shaloqlardir. Ularning orasi atigi 11'. Oddiy dala durbini



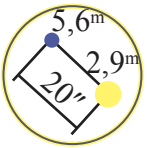
Andromeda-
ning γ si



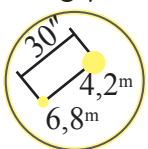
Hokizboqar-
ning ϵ si



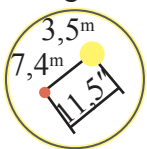
Hokizboqar-
ning ζ si



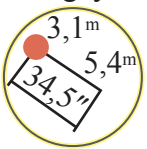
Yuguruvchi
tozalarning α si



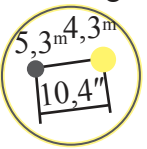
Saratonning
 ϵ si



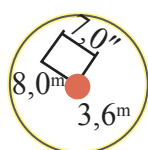
Kassiopeya-
ning η si



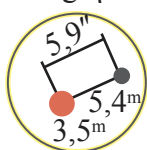
Oqqushning
 β si



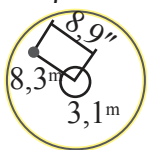
Delfinning
 γ si



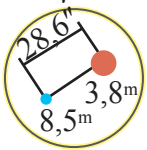
Javzonning
 κ si



Gerkulesning
 α si

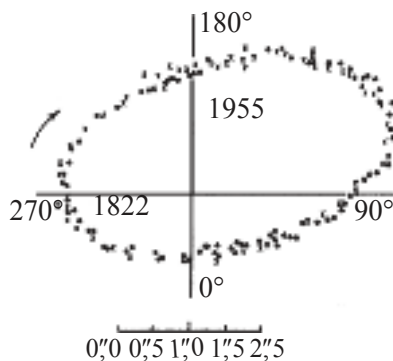


Gerkulesning
 δ si



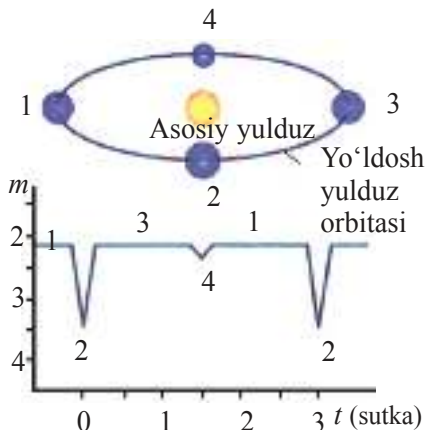
Perseyning
 η si

94-rasm. Tanish yulduz turkumlarida kuzatiladigan qo'shaloqlar (yulduz kattaliklari va o'zaro yoy masofalari berilgan).



95-rasm. Vizual qo'shaloq yulduz (Katta Ayiqning ξ yulduzi) orbitasi.

orqali vizual qo'shaloqlardan ko'pini ko'rish mumkin (94-rasm). 95-rasmda vizual qo'shaloqlarning vakili Katta Ayiqning ξ sining asosiy yulduzga nisbatan kuzatilgan yo'ldoshining orbitasi keltirilgan.



96-rasm. Tutiluvchi qo'shaloq yulduz (Algul – Perseyning β si).

Tutiluvchi qo'shaloq yulduzlarning tipik vakili qadimda arablar aniqlagan va Algul («Devning ko'zi» ma'nosini beradi) deb atalgan Persey yulduz turkumining β yulduzidir. Bu qo'shaloq yulduzlarning orbita tekisliklari qarash chizig'i bo'ylab yotganidan, umumiy massa markazi atrofida aylanayotganda, ular birbirini to'sib o'tadi va natijada bu hol yulduz ravshanligini davriy ravishda (~3 sutkalik) o'zgartirib, uning qo'shaloqligidan darak beradi (96-rasm).

Va, nihoyat, spektral qo'shaloq yulduzlarning qo'shaloqligi ularning ustma-ust tushgan

spektrlaridagi umumiy chiziqlarining (har ikkala yulduz spektrida ham mavjud chiziqlarning) bir-biriga nisbatan davriy siljishlaridan (asosiy yulduz atrofida yoʻldosh yulduzning aylanayotganligi tufayli) bilinadi.

53-§. Yulduzlarning massalarini hisoblash **

Yulduzlarni xarakterlovchi eng muhim kattaliklardan biri ularning massalaridir. Yulduzlarga tegishli koʻplab parametrlar u yoki bu darajada massalariga bogʻliq boʻladi. Boshqa parametrlaridan farqli oʻlaroq, yulduzlarning massalarini aniqlash eng murakkab masalalardan hisoblanadi. Agar yulduzning atrofida yoʻldoshi boʻlsa, yulduzning unga gravitatsion taʼsiri asosida yulduzning massasini Keplerning aniqlashtirilgan 3-qonuni asosida topish mumkin.

Qoʻshaloq yulduzlarning umumiy massa markazi *atrofida aylanish davrlari* va asosiy yulduzga nisbatan topilgan *yoʻldosh yulduzning orbitasining katta yarim oʻqi* A ning qiymatiga koʻra massalari yigʻindisini quyidagi ifodadan topamiz:

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

u holda massalar yigʻindisi:

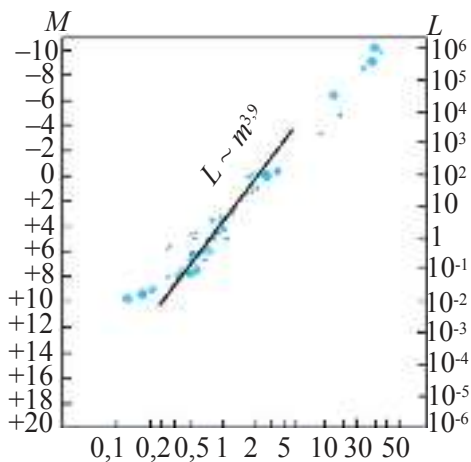
$$M_a + m_y = 5,9 \cdot 10^{11} \frac{\text{kg} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^3} \cdot \frac{A^3}{T^2},$$

bu yerda: M_a , m_y – mos ravishda, asosiy va yoʻldosh yulduzlarning massalarini; A – yoʻldosh yulduzning asosiy yulduzga nisbatan topilgan orbitasi katta yarim oʻqini; T – qoʻshaloq yulduzlar davrini; G – gravitatsion doimiylikni xarakterlaydi (bu yerda T sekundlarda, A esa metrlarda ifodalanganda M massa kg larda chiqadi).

Agar qoʻshaloq sistemaga kiruvchi yulduzlarning massa markaziga nisbatan holatini alohida belgilash va natijada ularning katta yarim oʻqlarining burchagiy oʻlchamlarini yoy sekundlarida alohida aniqlashning imkoni boʻlsa, u holda ularning massalarining munosabatlarini ushbu ifoda yordamida aniqlash mumkin boʻladi:

$$\frac{M_a}{m_y} = \frac{a_y}{a_a},$$

bu yerda – M_a va m_y lar, mos ravishda, asosiy va yoʻldosh yulduzlarning massalarini; a_a va a_y lar esa orbitalarining katta yarim oʻqlarini ifodalaydi.



97-rasm. Yulduzlarning yorqinliklari va massalari orasidagi bog‘lanish.

Qo‘shaloq yulduzlarning bu metod bilan aniqlangan massalari, hisoblashlarning ko‘rsatishicha, 0,1 Quyosh massasidan 100 Quyosh massasigacha bo‘ladi. Massalari 10–50 M_{\odot} chegarasida bo‘lgan yulduzlar nisbatan kam uchraydi.

Garchi alohida olingan yulduzlarning massalarini aniqlash mumkin bo‘lmasada, biroq spektr-yorqinlik diagrammasidan alohida o‘rin olgan ayrim yulduzlar guruhi uchun ularning yorqinliklari va massalari orasida bog‘lanish borligi empirik yo‘l bilan aniqlangan (97-rasm). Massa va yorqinlik orasidagi bunday bog‘lanish asosida, yorqinliklari aniqlangan anchagina yulduzlarning massalarini topishga imkon berib,

empirik yo‘l bilan yulduzning bolometrik yorqinligi L_b (ya’ni to‘la nurlanish energiyasi) va massalari M_* orasida bog‘lanish topilgan. $L_b = M_*^{3.9}$ ifodadan ko‘rinishicha, bosh ketma-ketlikning tepa qismida eng massiv yulduzlar joylashib, pastga qarab yulduzlarning massasi kamayib boradi.

Savol va topshiriqlar:

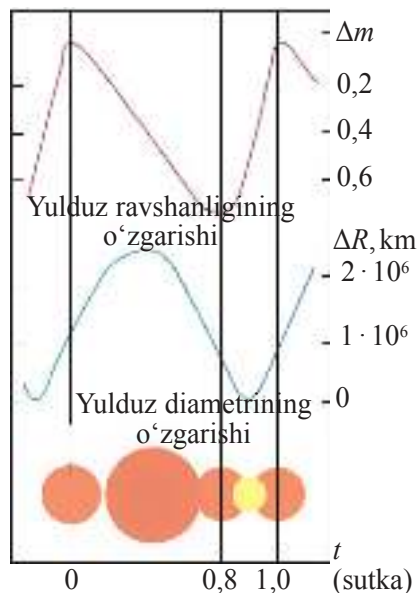
1. Fizik qo‘shaloq yulduzlarning qanday turlari bor?
2. Vizual qo‘shaloq yulduzlar deb qanday qo‘shaloqlarga aytiladi? Tutiluvchi qo‘shaloq yulduzlar deb-chi? Tutiluvchi qo‘shaloqlarning ravshanlik egriligi nimasi bilan davriy xarakter kasb etadi?
3. Spektral qo‘shaloq yulduzlarning qo‘shaloqligi qanday bilinadi?
4. Qo‘shaloq yulduzlarning massalari qanday qonunga asosan topiladi?
5. Empirik yo‘l bilan nisbatan kam yulduzlar uchun, ularning yorqinliklari va massalari orasida qanday bog‘lanish topilgan?
6. Yulduzlarning massalari Quyosh massasi birligida qanday chegaralarda o‘zgaradi?

23-MAVZU. 54-§. Fizik o'zgaruvchan yulduzlar: sefeidlar, yangi va o'tayangi yulduzlar

Fizik o'zgaruvchan yulduzlar ravshanliklarining o'zgarishi tutiluvchi qo'shaloq yulduzlar ravshanliklarining davriy o'zgarishidan farqli o'laroq, shu yulduzlarning bag'rida kechadigan fizik jarayonlar tufayli sodir bo'ladi. Fizik o'zgaruvchan yulduzlar ravshanliklarining o'zgarish xarakteriga ko'ra pulsatsiyalanuvchi va erupativ o'zgaruvchan yulduzlarga bo'linadi.

Pulsatsiyalanuvchi yulduzlar. Sefeidlar. Ravshanliklarining egriligi alohida shaklga ega bo'lib, ularning asosiy fizik kattaliklaridan hisoblangan ko'rinma yulduz kattaliklarining vaqt bo'yicha o'zgarish davri bir necha sutkadan bir necha o'nlab sutkagacha boradi. Bunday yulduzlar ravshanligining egriligi Sefey yulduz turkumi δ yulduzining o'zgarishiga o'xshaganligi tufayli ular *sefeidlar* deb ataladi (98-rasm).

Sefeidlar ravshanligining o'zgarishi (2 dan 6 gacha) yulduz kattaligi chegarasida bo'ladi. Sefeidlar chaqnashining maksimumida F spektral sinfga mansub yulduz ko'rinishida bo'lib, minimumida G sinflariga mansub yulduz ko'rinishini oladi. Ravshanliklarning bunday o'zgarishi yulduz temperaturasining o'rtacha 1500 gradusga o'zgarishiga mos keladi. Sefeidlar spektrida kuzatiladigan chiziqlar uning ravshanligi o'zgarishining fazasiga mos ravishda qizil yoki binafsharang tomonga siljib turadi. Bunday siljishlar ham davriy xarakterga ega bo'lib, qizil siljishning maksimumi sefeid ravshanligining minimumiga, binafsharang siljishning maksimumi esa ravshanlikning maksimumi yaqiniga to'g'ri keladi. Sefeidlarning davrlari va yorqinliklari orasida bog'lanish mavjud bo'lib, ular ravshanliklarining ortishi davrlarining ortishida o'z aksini topadi. Shu bois pulsatsiyalanuvchi sefeidi mavjud bo'lgan



98-rasm. Sefeid (Sefeyning δ tipidagi yulduz)larning ravshanligi (Δm) va radiusining o'zgarish (ΔR) egriliklari.

yulduz sistemalgacha masofalar, ularning ko‘ringan davrlari asosida topilgan yorqinliklarga tayanib aniqlanadi.

Sefeidlar F va G sinflarga kiruvchi gigant va o‘tagigant yulduzlar bo‘lganidan ularni galaktikamizdan tashqaridagi obyektlarda ham ko‘rishning imkoni bor.

Eruptiv o‘zgaruvchan yulduzlar. Eruptiv o‘zgaruvchan yulduzlar nisbatan kichik yorqinlikka ega bo‘lgan yulduzlar (asosan, mitti yulduzlar) bo‘lib, ularning o‘zgaruvchanligi vaqt-vaqti bilan qaytalanuvchi chaqnash ko‘rinishida sodir bo‘ladi. Bunday chaqnashlar mazkur yulduzlardan plazmaning uloqtirilishi (erupsiyasi) bilan tushuntirilgani uchun ham ular *eruptiv o‘zgaruvchan yulduzlar* deb yuritiladi. Eruptiv yulduzlardan biri yangi yulduzlar hisoblanadi.

Yangi yulduzlar. Yangi yulduzlar eruptiv o‘zgaruvchan yulduzlarning ma‘lum bosqichini o‘zida aks ettirib, «yangi» degan nom ularga shartli ravishda berilgan. Bunday yulduzlar aslida eskidan mavjud bo‘lib, xiraliklari tufayli ko‘rinmay, o‘z evolutsiyasining ma‘lum bosqichida chaqnash tufayli ravshanligi 10–13 yulduz kattaligigacha o‘zgarib, oddiy ko‘z bilan ko‘rinadigan ravshan yulduzga aylanadi. O‘z chaqnashlarining maksimumida ular absolut yulduz kattaliklarining o‘rtacha 8,5 yulduz kattaligigacha borib, bunda ular A–F spektral sinflarga mansub o‘tagigant yulduzlar ko‘rinishiga juda o‘xshab ketadi.

Bunday yulduzlarni chaqnashdan oldin va keyin sinchiklab o‘rganish ular qo‘shaloq yulduzlar degan xulosaga olib keladi. Bunda chaqnashning sababi ikki bir-biriga yaqin joylashgan yulduzlarning o‘zaro ta’sirlashishlari tufayli sodir bo‘ladi. Bu yulduzlardan biri kam zichlikka ega katta yulduz bo‘lib, ikkinchisi katta zichlikdagi oq mitti yulduz deb qaraladi. Katta zichlik va tortish quvvatiga ega bo‘lgan oq mitti yulduz ta’sirida gigant yulduzning moddasi unga oqib tushib, oq mitti sirtida qattiq qiziydi va ma‘lum temperaturaga erishgach, kuchli *termoyadroviy portlash* sodir bo‘ladi.

Yangi yulduzlar chaqnash davrida to‘la nurlanish energiyasi 10^{38} – 10^{39} J ni tashkil etib, buni Quyosh bir necha o‘n ming yildagina berishi mumkin.

Yulduz sirtida portlash ro‘y berganda, uning sirtidan ulkan massali moddasi (taxminan 10^{-4} – $10^{-5} M_{\odot}$) 1500–2000 km/s gacha tezlik bilan uloqtiriladi. Oqibatda yangi yulduz atrofida tarqalayotgan gaz ulkan tumanlikni vujudga keltiradi. Kuzatishlar natijasida, nisbatan yaqinda joylashgan barcha yangi yulduzlarning atrofida haqiqatan ham kengayuvchi shunday gaz tumanliklar kuzatiladi.

To hozirga qadar fanga 300 ga yaqin chaqnagan yangi yulduz ma‘lum bo‘lib, ularning 150 ga yaqini o‘zimizning galaktikamizda, 100 ga yaqini qo‘shni Andromeda tumanligida kuzatilgan.

O'tayangi yulduzlar ham eruptiv o'zgaruvchan yulduzlar rusumiga kirib, gigant massiv yulduzlardan sanaladi. Yorqinliklari keskin o'zgaruvchi (chaqnovchi) bunday yulduzlarning chaqnashlari portlash hisobiga bo'ladi. Portlash tufayli bunday yulduzlarning ravshanligi bir necha kun davomida o'nlab million marta ortadi. Yulduz o'z ravshanligining maksimumiga erishganda, o'zi joylashgan galaktika ravshanligiga, ba'zan undan ham bir necha marta ko'p ravshanlikka ega bo'ladi. Ravshanligining maksimumida uning absolut yulduz kattaligi -18 dan to -19 yulduz kattaligigacha yetadi. O'tayangi yulduzlar o'z yorqinligining maksimumiga portlash yuz bergandan keyin 2–3 hafta o'tgach erishadi va so'ngra bir necha oy davomida uning yorqinligi 25–30 marta kamayadi. Chaqnash davomida, o'tayangi yulduzlarning umumiy nurlanish energiyasi 10^{41} – 10^{42} joulni tashkil etadi.

Ma'lum galaktikada o'tayangi yulduzning chaqnashi taxminan 100 yil ichida 1–2 martagina bo'lishi mumkin. Tarixda bizning galaktikamizda ham bir necha o'tayangi yulduzlarning chaqnashi kuzatilgan. Bular ichida Savr yulduz turkumida 1054-yilda Xitoy astronomlari tomonidan kuzatilgani eng quvvatlilaridan hisoblanadi. Bu yulduzni uning portlashidan so'ng bir necha kun davomida kunduzi ham ko'rishning iloji bo'lgan. Chaqnash paytida bunday yulduzlar 0,1 dan to 1,0 Quyosh massasiga teng o'z moddasini 6000 km/s gacha tezlik bilan yulduzlararo bo'shliqqa uloqtiradi. Salkam 1000 yilga yaqin vaqt o'tganiga qaramay, bu yulduzdan uloqtirilgan gaz massasi hozirgi kunda ham sekundiga salkam 1000 km tezlik bilan kengayishda davom etmoqda. Chaqnagan yulduz atrofida tarqalayotgan bu gaz massasi juda ulkan gaz tumanlikni hosil qilgan. Savr yulduz turkumida 1054-yilda portlagan o'tayangi yulduzdan qolgan bu tumanlik Qisqichbaqasimon tumanlik nomi bilan mashhur (99-rasm). 1572-yili portlagan boshqa bir o'tayangi yulduz daniyalik astronom Tixo Brage tomonidan Kassiopeya yulduz turkumida, 1604-yili Ilon Eltuvchi yulduz turkumida portlagani esa Kepler tomonidan kuzatilgan.



99-rasm. Savr yulduz turkumidagi Qisqichbaqasimon tumanlik – 1054-yilda portlagan o'tayangi yulduzning qoldig'i.

O'tayangi yulduzlarning portlashi tufayli ularning markaziy qoldiq qismi, portlashdan olgan qo'shimcha impuls hisobiga diametri bir necha kilometr qolguncha halokatli siqiladi (u fanda kollaps deyiladi) va o'ta katta zichlikdagi obyektga aylanadi. Bunda uning zichligi salkam atom yadrosining zichligigacha (10^{14}g/cm^3) boradi. Bunday zichlikda atomlar atom xususiyatini butunlay yo'qotib, faqat neytron qobiqlardangina shakllanadi va shu bois o'tayangi yulduzlarning qoldig'i aksariyat *neytron yulduzlar* deb ataladi.

Savol va topshiriqlar:

1. Qanday yulduzlar fizik o'zgaruvchi yulduzlar deyiladi?
2. Sefeidlar qanday xususiyatli pulsatsiyalanuvchi yulduzlar hisoblanadi?
3. Sefeidlarning davrlari va yorqinliklari orasida qanday bog'lanish mavjud?
4. Yangi yulduzlarning chaqnash mexanizmi haqida nima bilasiz?
5. O'tayangi yulduzlar chaqnashida ularning massalari qanday o'rin tutadi?
6. O'tayangi yulduzning chaqnashi oqibatida u qanday osmon jismiga aylanadi?

24-MAVZU. 55-§. Yulduzlar evolutsiyasi. Neytron yulduzlar va «qora o'ralar» *

Ko'pchilik astronomlarning fikricha, yulduzlar (hatto galaktikalar ham) juda yirik massali gaz bulutining siqilishi (kondensatsiyalanishi) va aylanishi natijasida paydo bo'ladi. Faraz qilaylik, sovuq gaz-chang buluti ma'lum sabablarga ko'ra siqilayotgan bo'lsin. Tortishish kuchlari ta'sirida siqilayotgan gaz buluti sekin-asta sharsimon holatni olishga intiladi. Bunday siqilish natijasida bulutning zichligi va temperaturasi ortib borib, u kelgusida «protoyulduz» (yulduz shakllanishining boshlang'ich holati)ga aylanadi. Bunda uning sirt temperaturasi ortishi bois, u infraqizil diapazonda nurlana boshlaydi. Protoyulduzning markazida temperatura taxminan 10^7 °C ga erishgach, u yerda termoyadro sintezi reaksiyasi boshlanadi. Shu vaqtdan boshlab gaz bosimining ichki kuchlari yulduz tashqi qismlarining tortishish kuchi bilan tenglashgani bois, yulduzning siqilish jarayoni to'xtaydi. Yulduzning massasi qancha katta bo'lsa, unda muvozanat holati shuncha yuqori temperaturada ro'y beradi. Shu bois katta massali yulduzlarning yorqinliklari ham shunga mos ravishda katta bo'ladi.

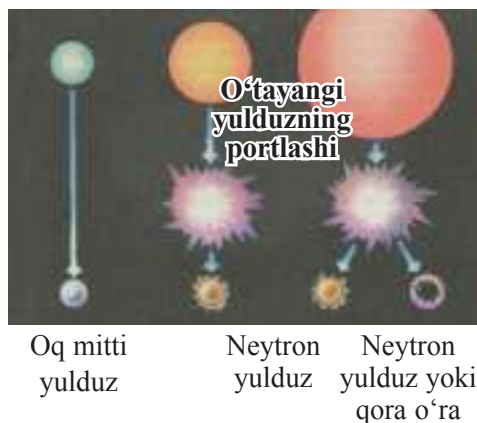
Yulduzlarda siqilish bosqichi uning markaziy qismida vodorodning bir tekis «yonishi» bilan kechadigan statsionar holatga aylanadi. Aynan shunday holatda yulduzlar spektr-yorqinlik diagrammasining «bosh ketma-ketligi»dan joy olgan bo‘ladi. Yulduzlarning bosh ketma-ketlikda bo‘lish vaqti ularning massalariga bog‘liq. Katta miqdordagi nurlanish energiyasini tarqatayotgan massiv yulduzlar o‘z evolutsiyasi davrini tez o‘tab, statsionar holatda bir necha million yilgina bo‘lsa, Quyoshdek massali yulduzlar bu holatda 10^{10} yildan kam bo‘lmaydi.

Yulduzlar markazida bor vodorod geliyga aylanib bo‘lgach, u yerda geliyli yadro paydo bo‘ladi. Endi vodorod geliyga yulduzning markaziy qismida emas, balki uning yadrosiga yopishgan sirtida aylana boshlaydi. Bu paytda geliyli yadro ichida energiya manbayi so‘ngan bo‘lib, u sekin-asta qayta siqilishni boshlaydi va buning hisobiga qattiq qiziydi. Uning temperaturasi $15 \cdot 10^6$ °C ga erishgach, geliy endi uglerodga aylanadi. Natijada uning yorqinligi hamda o‘lchami orta boradi va oddiy yulduz sekin-asta gigant yoxud o‘tagigant yulduzga aylanadi. Bilamizki, bunday yulduzlar spektr-yorqinlik diagrammasida alohida o‘rin egallaydi.

Binobarin, yulduzlar hayotining oxirgi bosqichi, ularning butun evolutsiyasi kabi massalarining «qo‘lida» bo‘lib, Quyoshimiz rusumida yulduzlar (massasi 1,2 Quyosh massasidan katta bo‘lmaganlari) sekin-asta kengayib, oxir-oqibatda yulduz yadrosini tashlab ketadi. So‘ngra u aylanayotgan qizil gigant yulduz o‘rnida kichik, *qaynoq oq mitti yulduz* qoladi. Yulduzlar dunyosi bunday oq mitti yulduzlarga boy. Bundan ko‘rinadiki, ko‘pchilik yulduzlar oq mittiga aylangach, bora-bora sovib, o‘chib qoladi.

Biroq yulduz massasining ma’lum qiyamatidan boshlab, yadrodagi gaz bosimi gravitatsiya kuchlariga bas kelolmay uzluksiz siqila boshlaydi, boshqacha aytganda, kollaps (halokatli siqilish) hodisasi ro‘y beradi. Yulduz massasi taxminan 2–3 Quyosh massasicha bo‘lganda, u kollapsdan qochib qutulolmaydi.

Bunday yulduz navbatdagi siqilishi oqibatida neytron yulduzga aylanishi natijasida vujudga kelgan «neytron gaz»



100-rasm. Yulduzlarning massalariga ko‘ra evolutsiyasi.

bosimi gravitatsiya kuchlariga bas kela olganligi tufayli, u siqilishdan to'xtaydi. Bu o'rinda yana shuni aytish joizki, yulduz qoldiq massasining siqilishi tufayli neytron yulduz o'z-o'zidan vujudga kelmay, u yadroviy portlashni (o'tayangi yulduz ko'rinishida) «boshidan kechirishi» lozim bo'ladi. Bunday portlash tufayli modda neytronlar holatiga o'tkazilib, barcha mavjud yadroviy energiya undan ajralib chiqadi (*100-rasmga* qarang).

Bordi-yu yulduzning massasi 2–3 Quyosh massasidan katta bo'lsa, u holda «neytron gaz»ning bosimi ham gravitatsiya kuchlariga bas kela olmay, yulduz uzluksiz siqilishda davom etadi. Siqilayotgan yulduzning radiusi $\frac{2GM}{c^2}$ ga yetganda (bu yerda c – yorug'lik tezligi), uning uchun parabolik tezlik yorug'lik tezligidan katta bo'ladi. Boshqacha aytganda, endi hech narsa, hatto nurlanish kvanti ham yulduzni tark eta olmaydi, binobarin, yulduz endi ko'rinmaydi. Nazariy jihatdan qaralganda, bo'lishi mumkin bo'lgan bunday faraziy yulduz «ko'rinishi» *qora o'ra* deb ataladi.

Bunday nom unga o'zidan tashqariga hech qanday nurlanishni ham chiqara olmaydigan darajadagi tortish kuchiga egaligi uchun berilgan.

Agar «qora o'ra» qo'shaloq yulduzlarni tashkil etuvchilaridan biri bo'lsa, unda u yonidagi normal yulduzning moddasini tinimsiz «so'rish» xususiyatiga ega bo'ladi. Aynan shunday hududda kuchli rentgen diapazonida vujudga kelgan nurlanishni maxsus rentgen teleskoplarda qayd qilish orqali «qora o'ra»ning qorasini ko'rish mumkin bo'ladi.

Savol va topshiriqlar:

1. Oq mitti yulduzlar qanday massali yulduzlar evolutsiyasining mahsuli?
2. Qanday yulduzlar o'z evolutsiyasi so'ngida neytron yulduzga aylanadi?
3. «Qora o'ralar» o'z evolutsiyasi so'ngida qanday ko'rinishdagi radiusli yulduzga aylanadi?
4. «Qora o'ralar» qanday rusumdagi yulduzlarning qoldig'i hisoblanadi?

VI BOB. KOINOTNING TUZILISHI VA EVOLUTSIYASI

25-MAVZU. 56-§. Galaktikamizning tuzilishi, tarkibi va aylanishi

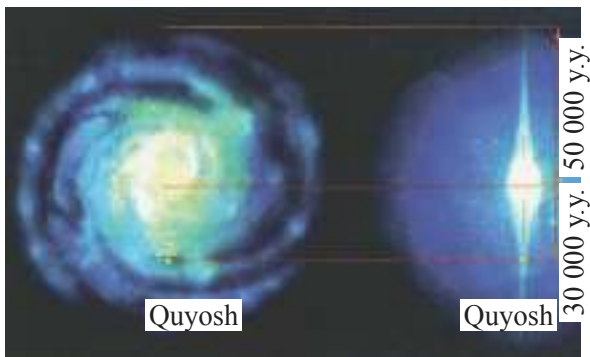
Tunda qorong'i osmonga qarasak, butun osmon bo'ylab cho'zilgan yorug' – somon to'kilgan yo'lni eslatuvchi va yoshligimizdan bizga kattalar Somon Yo'li deb tushuntirgan tasmaga ko'zimiz tushadi.

Oddiy dala durbini yoxud kichikroq teleskopdan Somon Yo'liga qaralgandayoq, u g'ij-g'ij yulduzlardan tashkil topganini ko'ramiz.

Bizning Quyosh ham (bir oddiy yulduz sifatida) shu ulkan yulduzlar sistemasining a'zosi bo'lgani uchun biz uni bizning galaktikamiz deb ataymiz (*101-rasm*). Galaktikamizga yon tomondan qaralsa, uning shakli qavariq linza ko'rinishiga o'xshaydi. Uning diametri salkam 100 ming yorug'lik yiliga, qalinligi esa 7 ming yorug'lik yiliga tengdir. Quyosh sistemi galaktikamizning markazidan uning radiusining $\frac{2}{3}$ qismiga teng (33 ming yorug'lik yili masofada) joylashadi (*102-rasm*). Agar galaktikamiz diskiga (ya'ni Somon Yo'li tekisligiga) tik yo'nalish tomondan turib qaralsa, markazidan spiral ko'rinishda tarqaluvchi va soat mayatnigining prujinasini eslatuvchi «yenglar»ni ko'ramiz (*103-rasmga* qarang). Quyosh sistemi tomondan qaralganda, galaktikamizning markaziy yadrosi Qavs yulduz turkumiga proyeksiyalanadi.



101-rasm. Galaktikamizning «belbog'i» hisoblanmish Somon Yo'li.



102-rasm. Galaktikamizning ust va yon tomondan ko'rinishi.



103-rasm. Galaktikamiz spiral «yenglari» (ust tomondan qaralganda).

Hisob-kitoblar galaktikamizda 200 mlrd.ga yaqin Yulduz borligini ko'rsatadi. Yulduzlar galaktikamizning asosiy qismini tashkil qiladi. Unda yulduzlardan tashqari ularning turli sistemalari (tumanliklar, yulduz to'dalari), yulduzlararo gaz va chang muhit, kosmik nurlar, vodorod atomlarining gazlari va boshqalar uchraydi. Kuzatishlar barcha yulduzlar, jumladan, Quyosh o'z planetalarini ergashtirib, galaktikamiz yadrosi atrofida aylanishini ma'lum qiladi. Somon Yo'li tekisligi osmon ekvatori tekisligi bilan 62° burchak

57-§. Yulduzlarning sharsimon va sochma to'dalari **

Galaktikamizda yulduzlar faqat yakka holda uchramay, o'zaro dinamik bog'langan holda qo'shaloq, uchmadan, to'rttadan va nihoyat juda ko'p – yuzlab, minglab to'da shaklida ham uchraydi. Galaktikamizda uchraydigan bir necha yuzdan bir necha minggacha bo'lgan, o'zaro dinamik bog'langan yulduzlarning sistemalari *yulduz to'dalari* yoki *g'ujlari* deb yuritiladi. Tashqi ko'rinishiga ko'ra yulduz to'dalari ikki guruhga – *sochma* yoki tarqoq va *sharsimon to'dalarga* bo'linadi.

Sochma yulduz to'dalari. Bizdan bir xil masofada yotib, o'zaro dinamik bog'langan va tarqoq holda joylashgan yulduzlar to'dasi *sochma to'da* deb yuritiladi.

Galaktikamizda 800 ga yaqin sochma yulduz to'dalari bo'lib, ularning diametri 1,5 parsekdan 20 parsekkacha boradi. Sochma yulduz to'dalarining yaxshi o'rganilgan vakili *Savr yulduz turkumidagi Hulkar* deb nomlangan to'da bo'lib, Quyosh sistemasidan o'rtacha 130 parsekli masofada joylashgan (104-



104-rasm. Hulkar deb nomlangan yulduzlarning sochma toʻdasi.



105-rasm. 20 000 ga yaqin yulduzni qamragan M-13 sharsimon toʻdasi.

rasm). Boshqa bir sochma yulduz toʻda – Giadlar esa bizdan salkam 40 parsekli masofada yotadi.

Sharsimon yulduz toʻdalari. Osmonda juda koʻp yulduzlar guruhlariga birlashib, yulduzlarning toʻdasini hosil qiladi. Bunday toʻda tashqi koʻrinishiga koʻra *sharsimon* deb yuritiladi. Sharsimon yulduz toʻdalari sochma yulduz toʻdalaridan kimyoviy tarkibi bilan farqlanadi. Xususan, sochma yulduz toʻdalarining spektrida ogʻir elementlarning miqdori 1–4 % ni tashkil qilgani holda, sharsimon toʻdalarda atigi 0,1–0,01 % ni tashkil qiladi. Bunday hol maʼlum galaktikada sharsimon va sochma yulduz toʻdalarining paydo boʻlishida turlicha sharoit mavjud boʻlganidan dalolat beradi.

Sharsimon toʻdalar yulduzlarining koʻpligi va aniq sferik shakliga koʻra, sochma yulduz toʻdalariga nisbatan yulduzlar fonida yaqqol ajralib koʻrinadi. Sharsimon toʻdalarning oʻrtacha diametri 40 parsek atrofida boʻlib, galaktikamizda bunday toʻdalardan 100 ga yaqini topilgan. Sharsimon toʻdalar, sochmalaridan farq qilib, ularning konsentratsiyasi galaktikamizning markaziga tomon keskin ortib boradi. Bunday toʻdalarning oʻziga xos vakili Gerkules yulduz turkumida joylashgan M-13 deb nomlangan toʻda boʻlib, u 20 mingga yaqin yulduzni oʻz ichiga oladi, bizdan uzoqligi 24 ming yorugʻlik yiliga teng (105-rasm).

Yulduzlar osmoni tushirilgan fotorasmlarda yulduzlar fazoda bir tekis taqsimlanmaganini sezish mumkin. Buning asosiy sababi, ayrim yulduzlar kam kuzatiladigan sohalarda ularning nurlanishlarini kuchli yutadigan yirik *chang materiyaning* borligidandir. Galaktikamizda nurlanishni kuchli yutuvchi bunday materiyaning borligini yuz yilcha oldin astronom Y.V. Struve bashorat qilgan edi.

Galaktikamizda bunday chang muhitining borligiga Janubiy but yulduz turkumida proyeksiyalanadigan «*Ko'mir qopi*» va Orion yulduz turkumida joylashgan «*Ot boshi*» tumanliklari yorqin misol bo'la oladi (*106-rasm*).

«*Ko'mir qopi*» qora tumanligi bizdan 150 parsek masofada joylashgan, o'lchami 8 parsekka yaqin Somon Yo'lidagi tumanlik bo'lib, uning burchak o'lchami 3° ni tashkil etadi. Teleskop bilan kuzatilganda uning ko'rish chegarasida kuzatiladigan xira yulduzlarning soni, tumanlikdan tashqarida shunday maydonda kuzatiladigan yulduzlar sonidan taxminan 3 marta kam chiqadi. Bunday yutilish, yulduzlarning ko'rinma kattaligini $\Delta m = 1,2^m$ kattalikka o'zgarishiga (xiralashishiga) olib keladi. Galaktikada bunday tumanliklar ko'p bo'lib, xususan, Oqqush yulduz turkumidan boshlanib, Burgut, Ilon, Qavs va Aqrab yulduz turkumlarigacha cho'zilgan chang tasmasi, Somon Yo'lining bu qismida yulduzlarni bizdan «yashirib», unda ulkan qora ayrilikni vujudga keltirgan. Ayniqsa, galaktika markaziga tomon yo'nalishda (Qavs yulduz turkumi tomonida) qora tumanlik juda quyuq bo'lib, biz uchun qiziq sanalgan galaktikamizning markaziy quyilma qismini o'rganishga xalaqit qiladi.



106-rasm. Mashhur «*Ot boshi*» deb ataluvchi chang tumanlik.

Gazsimon (diffuz) tumanliklar. Tim qorong'i osmonda hatto qurollanmagan ko'z bilan ham ko'rish mumkin bo'lgan eng mashhur gaz tumanlik *Orion yulduz turkumida (Orion tumanligi)* joylashgan bo'lib, uning eni 6 parsekkacha cho'zilgan (*107-rasm*). Shuningdek, *Qavs yulduz turkumida Laguna, Omega va Uchtarmoqli, Oqqush*



107-rasm. Orion yulduz turkumidan joy olgan ulkan Orion gaz tumanligi.



108-rasm. Yakkashox yulduz turkumidagi «Rozetka» gaz tumanligi.

yulduz turkumida *Shimoliy Amerika* va *Pelikan*, Yakkashox yulduz turkumida *Rozetka* (108-rasm) kabi gaz tumanliklar mavjud. Galaktikamizda bu xildagi jami obyektlarning soni 400 ga yaqin. Bu tumanliklarning spektrlari, vodorodning H_α , H_β va ikki qayta ionlashgan kislorod (OIII), azot va boshqa elementlarning emission chiziqlaridan tashkil topib, tutash spektri juda xira fonda ko'rinadi. Aksariyat hollarda bu diffuz tumanlikning ichida yoki uning yon atrofida qaynoq O yoki B sinfiga tegishli yulduz uchraydi. Bunday yulduzlarning quvvatli ultrabinafsha nurlanishi, ularning yaqinida joylashgan tumanlik gazining atomlari tomonidan yutilib, ionlanishiga va qayta nurlanishga majbur qiladi.

Ionlashgan gazda erkin elektronlarning atom bilan bog'langan holatga o'tishi bilan kechadigan rekombinatsiya hodisasi kuzatilib, bunda atomlar, dastlab yutilgan qattiq ultrabinafsha nurlarning kvantlari o'rniga, ko'zga ko'rinadigan diapazonda, nisbatan kam energiyali bir necha kvantlarda nurlanadi, boshqacha aytganda, fluoressensiya hodisasi ro'y beradi. Tumanlikda bu jarayon tufayli qaror topgan 10^4 °C ga teng temperatura mazkur tumanlikning kuzatilgan issiqlik radionurlanishi orqali tasdiqlanadi.

Savol va topshiriqlar:

1. Galaktikamizning Somon Yo'li tekisligi osmon ekvatori tekisligiga qanday burchak ostida og'gan?
2. Galaktikamizda taxminan nechta sharsimon yulduz to'dasi topilgan?

3. Quyosh sistemasi galaktikamizning qayeridan joy olgan?
4. Sharsimon yulduz toʻdalarining oʻlchamlari va tarkibi haqida nimalar bilasiz?
5. Sochma yulduz toʻdalari sharsimonlaridan qanday farq qiladi?
6. Diffuz gaz tumanliklar chang tumanliklardan nimasi bilan farq qiladi?
7. Diffuz tumanliklarning nurlanishiga sabab nima?

27-MAVZU. 59-§. Tashqi galaktikalar. Galaktikalarning sinflari va spektrlari

Oʻtgan asrning 20-yillarida tumanliklargacha masofalarni aniqlash imkoni tugʻilgach, ulardan bir qismi oddiy tumanlik boʻlmay, millionlab yulduzlardan tashkil topgan tashqi galaktikalar ekanligi maʼlum boʻldi.

Ulkan tashqi galaktikalardan biri Andromeda yulduz turkumida proyeksiyalanib koʻrinadi va shu yulduz turkumining nomi bilan *Andromeda galaktikasi* (baʼzan *Andromeda tumanligi*) deb yuritiladi (109-rasm). Andromeda tumanligi bizdan 2 million yorugʻlik yiliga teng masofada yotadi. Havo tiniq boʻlgan togʻli hududlarda tunda uni oddiy koʻz bilan koʻrsa boʻladi.

Galaktikalar Koinotda keng tarqalgan boʻlib, bizga qoʻshni boshqa bir shunday galaktika M-51 nomi bilan mashhur. Ungacha masofa 1,8 million yorugʻlik yilini tashkil qiladi. Osmonning janubiy yarimsharida joylashgan notoʻgʻri shakldagi bizga qoʻshni galaktikalar *Katta* va *Kichik Magellan bulutlari* deb nom olgan.

Tashqi galaktikalar oʻz oʻlchamlariga koʻra turlicha kattaliklarda uchrab, eng yiriklari milliardlab, mittilari esa bir necha millionlab yulduzni oʻz ichiga oladi. Gigant galaktikalarning oʻlchamlari 50 ming parsekkacha (yaʼni diametri 150 ming yorugʻlik yiligacha) borgani holda, eng kichiklari bir necha 100 parsekdan ortmaydi.

Birinchi boʻlib 1925-yilda astronom E. Xabbl galaktikalarni tashqi koʻrinishlariga koʻra, quyidagi uchta sinfga boʻlishni taklif etdi: elliptik (E), spiral (S) va notoʻgʻri (Irr) galaktikalar.

Elliptik galaktikalar tashqi koʻrinishi ellips yoxud doira koʻrinishiga ega boʻlgan galaktikalardir. Bunday galaktikalarga xos xususiyatlardan biri ularning



109-rasm. Andromeda yulduz turkumidan joy olgan Andromeda tumanligi (M-31).



110-rasm. «Yenglari» markaziy koʻprikdan ochiluvchi spiral galaktika.

ravshanligi markazidan chetga tomon bir tekis kamayib boradi. Ularning ichida biror-bir struktura elementi ajralgan holda kuzatilmaydi.

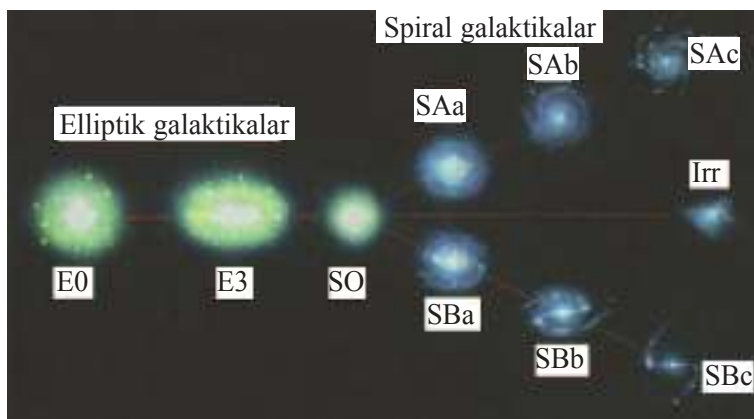
Spiral galaktikalar juda keng tarqalgan boʻlib, kuzatiladigan galaktikalarning qariyb yarmi shu xildagi galaktikalardan hisoblanadi. Boshqa galaktikalardan farq qilib, ularning strukturasi aniq spiral «yenglardan» iborat boʻladi. Andromeda va bizning galaktikamiz spiral galaktikalarning odatiy vakillaridan hisoblanadi. Spiral galaktikalar ham ikkiga boʻlinadi. Ularning biri, bizning galaktikamizga oʻxshashlari S (yoki SA) bilan belgilanib, spiral struktura markaziy quyilma – yadrodan boshlanadi. SB deb belgilanuvchi ikkinchi xilida esa spiral shoxobchalar yadro oʻrnida diametr boʻylab choʻzilgan koʻpriksimon strukturaning uchlaridan boshlanadi (*110-rasm*).

Spiral va elliptik galaktikalar oraligʻidagi (strukturasi koʻra) galaktikalar linzasimon galaktikalar (SO) tipini tashkil qiladi.

Notoʻgʻri galaktikalarda yadro bor-yoʻqligi bilinmaydi. Shuningdek, ular aylanma simmetriyalı strukturaga ham ega emas. Bunday galaktikalarga misol qilib *Katta Magellan Buluti* (KMB) va *Kichik Magellan Bulutini* (KichMB) (ular Somon Yoʻli atrofida kuzatiladi) keltirish mumkin.

Galaktikaning tashqi koʻrinishi uning yoshi bilan bogʻliq boʻlib, galaktika evolutsiyasining maʼlum bosqichiga mos keladi (*111-rasm*).

Galaktikalarning spektri. Galaktikamizdan tashqi tumanliklarning (galaktikalarning) spektri yulduzlarning spektrini eslatib, yutilish chiziqlaridan tashkil topadi. Ular tarkibiga koʻra, A, F va G sinflarga kiruvchi yulduzlarning



111-rasm. Galaktikalarning evolutsiyasi.

spektridan, faqat ayrim gaz tumanliklarning spektrlarida uchraydigan, emission chiziqlarining borligi bilan farq qiladi. Bundan kuzatilgan tumanliklar yulduzlar sistemasi va diffuz materiyadan tashkil topganligi ayon bo‘ladi.

Noto‘g‘ri galaktikalarning spektri A va F spektral sinflarga, spiral galaktikalarniki F va G sinflarga va nihoyat, elliptik galaktikalarniki G va K sinflarga kiruvchi yulduzlarning spektriga o‘xshab ketadi.

Bu – spiral va noto‘g‘ri galaktikalarda boshlang‘ich spektral sinflarga kiruvchi qaynoq va yosh yulduzlarning ko‘pligidan, elliptik galaktikalar esa nisbatan yoshi o‘tgan, keyingi spektral sinflarga mansub yulduzlarga boyligidan darak beradi. Galaktikalarning rangiga qarab ham, unda ko‘pchilikni tashkil etgan yulduzlarning spektral sinflari haqida xulosa qilish mumkin. Galaktikalar yoki ularning qismlarining rang ko‘rsatkichlari ham yulduzlarning rang ko‘rsatkichlarini aniqlash yo‘li bilan topiladi.

Galaktikalargacha masofalarni (r) aniqlashda, dastlab ularning tarkibidagi sefeidlarning davr-yorqinlik bog‘lanishlari asosida yorqinliklari topiladi, keyin ularning ko‘rinma yulduz kattaligi asosida ungacha (galaktikagacha ham) masofaning $m - M$ moduli orqali quyidagi ifodadan foydalanib aniqlash mumkin bo‘ladi:

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

Shuningdek, tashqi galaktikaning qizilga siljish kattaligi $\Delta\lambda$ ni topishning imkoni bo‘lganda, H – Xabblning doimiysi ($70 \text{ km/s} \cdot \text{Mpk}$) va yorug‘lik tezligi c yordamida ungacha masofa

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

ifodadan oson topiladi, bu yerda $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = z$ a'zo deb yuritiladi.

60-§. Radiogalaktikalar va kvazarlar *

Radiogalaktikalar. Radionurlanish u yoki bu darajada deyarli barcha galaktikalarga xos xususiyat hisoblanadi. Ularning ko'pchiligida radionurlanish, nurlanish quvvatining arziyas qismini tashkil etadi. Biroq shunday galaktikalar borki, ularning radionurlanishi galaktikaning optik nurlanish quvvati bilan solishtirilgan darajada yuqori, ayrimlariniki esa undan minglab, hatto millionlab marta ko'plik qiladi. Bunday galaktikalar *radiogalaktikalar* deyiladi. Shunday katta quvvatli, bizga yaqin joylashgan radiogalaktikalardan biri Oqqush yulduz turkumida yotuvchi «Oqqush A» deb ataladi. Spektridagi qizilga siljishga ($z=0,057$) ko'ra aniqlangan uning masofasi taxminan 200 Mpk ga teng. U bir-biridan 80 kpk masofada joylashgan radionurlanishning ikkita yorug' komponentasidan tashkil topgan. Eng yaqin radiogalaktikalarning vakili «Kentavr A» esa bizning galaktikamizdan taxminan 4 Mpk masofada yotadi. Ularning radionurlanishlari noisqlik xarakter kasb etib, magnit maydonlarida relativistik (yorug'lik tezligiga yaqin tezliklar bilan harakatlanuvchi) elektronlarning keskin tormozlanishi oqibatida vujudga kelgan nurlanishlari bilan tushuntiriladi.

Kvazarlar. Radiodiapazonda burchak o'lchami 1" va undan kichik, biroq juda katta quvvat bilan nurlanadigan, galaktikamizdan tashqi – eng uzoqda joylashgan yulduzga o'xshash obyektlardan biri *kvazarlar* deb ataluvchi obyektlardir. Birinchi kvazar 1963-yilda 13-yulduz kattaligidagi bizga eng yaqin (~630 mln. Mpk) radioobyekt sifatida Sunbula yulduz turkumida topilib, u 3-Kembridj katalogida 3C273 nomi bilan qayd etildi. Barcha diapazondagi uning nurlanish quvvati 10^{46} – 10^{47} erg/s ga teng.

Uzoq vaqtga qadar bu obyektlarning spektrlarini tahlil qilish mushkul bo'ldi. Va nihoyat, ularning spektrida aslida ultrabinafsha qismda joylashgan kuchsiz chiziqlar qaysi atomlarga tegishli ekanligi topilgach, ularning «qizilga siljish» kattaliklari aniqlandi. So'ngra Xabbl qonuni asosida, ularning masofalari va yorqinliklari hisoblandi. Natijada ular bizning galaktikamizga daxli bo'lmagan

va milliardlab yorug‘lik yili masofalarda yotuvchi o‘ta quvvatli radioobyektlar bo‘lib chiqdi. Ayni paytda bir necha yuzlab kvazarlar kashf etilgan bo‘lib, ulardan aksariyatigacha masofa 10 milliard yorug‘lik yilidan ham ko‘p.

Kvazarlarning nurlanish quvvati hayratga soladigan darajada yuqori bo‘lib, yorqinliklari, eslatilganidek, 10^{39} – 10^{40} W ni tashkil etadi. Bu kvazarlar yuz milliardlab yulduzi bo‘lgan eng quvvatli galaktikalarning yorqinligidan 100, hatto 1000 marta ko‘p quvvat bilan nurlanadigan osmonning noyob obyektlari deganidir. Shu xususiyatlariga ko‘ra kvazarlar Koinotning eng sirli obyektlaridan hisoblanadi. Spektrida energiyaning taqsimlanishi, kichik burchak o‘lchami, ayrim hollarda esa, optik va radionurlanishlarining o‘zgaruvchanligi bilan kvazarlar ko‘p jihatdan galaktikalarning aktiv yadrosini eslatadi. Kvazarlar spektrlaridagi emission chiziqlarining intensivligi va kengligiga (tezlik 3000 km/s gacha boradigan) ko‘ra Seyfert galaktikasining yadrosiga ham o‘xshab ketadi. Shu bois olimlar hozircha kvazarlarni galaktikalar evolutsiyasining uncha uzoq davom etmaydigan bir bosqichi bo‘lsa kerak, deb taxmin qilmoqdalar. Shuningdek, ba‘zan ular kvazarlarni gravitatsion siqilishni boshidan kechirayotgan va shu tufayli katta energiya bilan nurlanayotgan milliardlab Quyosh massasiga ega bo‘lgan ulkan gaz buluti quyilmasi ko‘rinishida ko‘z oldilariga keltiradilar.

Savol va topshiriqlar:

1. Qaysi tashqi galaktika birinchi bo‘lib kashf etilgan?
2. Tashqi galaktikalargacha masofalar qanday yo‘l bilan aniqlanadi?
3. Tashqi galaktikalarning qanday sinflarini bilasiz?
4. Galaktikalarning spektrlari ularning sinfiga bog‘liqmi?
5. Radiogalaktikalar deb qanday galaktikalarga aytiladi?
6. Kvazarlar qaysi diapazonda katta quvvat bilan nurlanuvchi obyektlar hisoblanadi?

28-MAVZU. 61-§. Koinotning kengayishi. Xabbl qonuni *

Yerdan turib osmonga qaralganda, uning barcha tomonidagi galaktikalarda qizilga siljishni kuzatib, bizning galaktikamiz Koinotning markazidan o‘rin olgan ekan-da, deb xulosa qilishga shoshilmaslik kerak. Ixtiyoriy tashqi galaktikadan

turib osmonga qaragan faraziy kuzatuvchi tashqi galaktikalarga qarab, ularda ham qizilga siljishni kuzatgan bo'lar edi.

Bordi-yu qadimda ham galaktikalarda kengayish xuddi shunday sur'atda bo'lgan deb faraz qilsak, u holda bugun ularning kengayishi qachon boshlanganligining hisob-kitobini chiqarish mumkinligini tushunish qiyin emas. Aynan shunday hisoblashlar natijasida olimlar Koinotda kengayish bundan 15–20 mlrd. yil oldin boshlanganligini bildiradi. Qizig'i shundaki, o'tgan asrning 1922–1924-yillarida taniqli rus olimi A.A. Fridman Eynshteynning umumiy nisbiylik nazariyasi asosida, Koinotning modeli statsionar (muqim) bo'lmay, u kengayishga yoxud siqilishga moyil bo'lishini aniqladi. Ko'p o'tmay Koinotning kengayishiga oid dalillar aniqlandi. Bu jarayonni to'g'ri talqin qilish orqali uning muhim ahamiyatidan ogoh bo'lamiz. Turli idealistik va teologik qarashlardan xoli bo'lgan ilmiy-materialistik qarashga asos bo'luvchi, Koinotning tabiiy va real kengayish jarayonining ochilishi, qadimda katta ehtimol bilan ro'y berishi mumkin bo'lgan «qaynoq portlash»ning oqibati deyishga asos bo'ldi.

Bugun «qaynoq portlash» gipotezasini tajriba misolida tasdiqlaydigan asos bormi, degan savol tug'iladi. Gap shundaki, 1965-yili bu sohaga tegishli katta kashfiyot qilindi. Ma'lumki, kosmik fazo qadimda na yulduz, na galaktika, na tumanliklar yo'q paytida rivojlanish davrining «elchilari» sanalmish elektromagnit to'lqinlarga boy bo'lgan. Bu to'lqinlar *birlamchi* yoki *reliktiv (qoldiq) nurlanish* deb ataladi. Eslatilgan kengayishda faqat galaktikalar sistemasi ishtirok etmay, relikt nurlanish ham ishtirok etganligi sir emas. Oqibatda, bunday reliktiv nurlanishning izidan tushgan amerikalik astronomlar uni favqulodda tez aniqladilar.

Qizig'i shundaki, bu nurlarning topilishi favqulodda sodir bo'lganiga qaramay, qoldiq nurlarning mavjudligi astrofizik olimlar tomonidan nazariy asosda oldindan aniqlangan edi. Bunday nurning mavjudligi haqidagi bashorat va uning kosmik fazoda topilishi – dunyoni va uning qonuniyatlarini bilishning ishonchli dalili sifatida bugun namoyon bo'ldi. Metagalaktikaning (Koinotning ko'rinadigan qismi) kengayish jarayonida kuzatiladigan materiya, sifat o'zgarishlarining barcha ko'rinishlari – saqlanish qonunlariga hech qanday xilofsiz kechadi va uni tushuntirishda hech qanday g'ayritabiiy kuchlarga ehtiyoj qoldirmaydi. Metagalaktika evolutsiyasining kashf etilishi inson aqliy faoliyatining buyuk yutug'i hisoblanadi. Bu yutuq insonning aql-zakovati, Koinotning yaqin ichki qismi va uzoq o'tmishiga kirib bora olganini ko'rsatib, inson

tomonidan atrof olamni bilishi chegaralanganligi to'g'risidagi afsonani puchga chiqardi. Koinot haqidagi hozirgi zamon tasavvurlari faqat tabiat fanlarigagina asoslanib qolmay, uning evolutsiyasi haqidagi mantiqiy va falsafiy mushohadalarga ham tayanadi.

Bunda empirik yo'l bilan topilgan «qizilga siljish» logarifmi va galaktikalarining ko'rinma yulduz kattaliklari orasidagi chiziqli bog'lanish, ya'ni m va $\lg v_r$ orasidagi ushbu $\lg v_r = \lg \left(c \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \right)$ munosabat, galaktikalarining masofalari va uzoqlashishlari orasidagi quyidagicha $v_r = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = Hr$ bog'lanish mavjudligini bildiradi, bu yerda: v_r – nuriy tezlik; c – yorug'lik tezligi; $\Delta\lambda$ – qizil siljish; H – Xabbl doimiysi; r – tashqi galaktikagacha masofani xarakterlaydi.

Savol va topshiriqlar:

1. Metagalaktika deganda Koinotning qanday qismini tasavvur qilasiz?
2. Koinotda «qizilga siljish» deb qanday jarayonga aytiladi?
3. A.Fridman va A.Eynshteynlarning Koinotning modeli haqidagi fikrlari nimalardan iborat?
4. Relativ nurlanish deganda nimani tushunasiz? U Koinotning qanday modeliga asos bo'lgan?
5. Xabbl qonuni Koinotning kengayishiga daxldor qanday parametrlari orasidagi bog'lanishni aks etadi?

29-MAVZU. 62-§. Galaktikalarining Koinotda taqsimlanishi **

Galaktikalarining fazoda taqsimlanishini o'rganish ham yulduzlarning galaktikada taqsimlanishini o'rganishdagi kabi bo'lib, osmonning ma'lum sohasidagi (aksariyat 1 kvadrat gradusda) galaktikalar soni N_m deganda shu sohasidagi yulduz kattaligi m va undan kichik kattalikdagi galaktikalarining soni anglashiladi. Bu muammo birinchi marta 2,5 metrlik reflektorda osmonning 1283-sohasida yulduz kattaliklari 20^m gacha obyektlar tushirilgan fotorasmlarni tahlil qilish orqali E. Xabbl tomonidan 1934-yilda aniqlandi. Xabbl shu yo'l bilan 1 kvadrat gradusli maydonga 20^m kattalikkacha ravshanlikdagi 131 galaktika to'g'ri keliшинi aniqladi. Butun osmon sferasiga (u jami 41253 kvadrat gradusni tashkil qiladi) to'g'ri keladigan galaktikalarining o'rtacha soni esa $5,4 \cdot 10^6$ ga teng chiqdi.

Dunyodagi eng yirik teleskop yordamida 24 yulduz kattaligigacha obyektlarni (jumladan, galaktikalarni ham) ko'rish mumkinligiga e'tibor qilinsa, unda butun sferada 1,4 milliard galaktikani kuzatish mumkinligi aniqlanadi (*112-rasm*).

Bizning galaktikamiz Andromeda (M-31), Uchburchak yulduz turkumidagi galaktika (M-33), Katta va Kichik Magellan bulutlari hamda boshqa yana bir qancha yulduz sistemalari bilan birgalikda (jami 35 taga yaqin galaktika) *mahalliy galaktik to'dani* hosil qiladi.

Ayni paytda shu xildagi 4000 ga yaqin galaktikalarning mahalliy to'dasi ma'lum bo'lib, ularning o'rtacha diametri 8 Mpk atrofida. Yirik galaktik to'dalardan biri Veronika

Sochlari yulduz turkumida proyeksiyalanib, salkam 40 000 ga yaqin galaktikani o'z ichiga oladi. U bizdan 70 Mpk masofada joylashib, diametri 12° gacha cho'zilgan. Bizning mahalliy to'damizga eng yaqin joylashgan galaktik to'da 12 Mpk masofada bo'lib, u Sunbula yulduz turkumiga proyeksiyalanadi. Unda yettita gigant galaktika (ulardan biri «Sunbula A» radiogalaktikasi) va o'nta spiral galaktika kuzatiladi. Bunday bir nechta mahalliy galaktikalar to'dasini (jumladan, bizning mahalliy to'damizni ham) o'z ichida mujassamlashtirgan va o'zaro dinamik bog'lanishda bo'lgan tuzilma *o'tagalaktika* deyiladi. O'tagalaktikaning o'rtacha diametri 40 Mpk bilan baholanadi. Bugun quvvatli teleskoplar yordamida har biri o'nlab mahalliy galaktik to'dani o'z ichiga olgan 50 ga yaqin o'tagalaktika ro'yxatga olingan. O'tagalaktikalardan tashkil topgan Koinotning ko'rinadigan qismi *metagalaktika* deb yuritiladi.



112-rasm. Osmonning uchta katta bo'lmagan (bir necha kv gradus) qismida kuzatiladigan tashqi galaktikalar.

Savol va topshiriqlar:

1. Bizning galaktikamiz haqida nima bilasiz?
2. Mahalliy galaktikamiz yana qanday galaktikalarni o'z tarkibiga oladi?
3. O'tagalaktikalar galaktikalarning qanday sistemasi hisoblanadi?
4. Metagalaktika deganda Koinotning qanday qismi tushuniladi?

II QISM

KOSMONAVTIKA ELEMENTLARI **

30-MAVZU. 63-§. Kosmonavtika predmeti va uning boshqa fanlar bilan aloqasi

«Kosmonavtika» soʻzi yunoncha «kosmos» va «nautike» soʻzlaridan olingan boʻlib, mos ravishda, «koinot» va «dengizda suzish» degan maʼnolarni anglatadi. Kosmonavtika predmetiga kosmik fazoda maqsadga muvofiq harakatlarni oʻrganish, avtomatik va ekipajli kosmik kemalarni kosmosga olib chiquvchi va boshqariluvchi raketalarni yaratish kabi masalalar kiradi. Kosmik apparat nafaqat fazoda harakatlanishning vositasi, balki koinotni tadqiq etishning mutlaqo yangi qurilmasi hamdir.

Kosmonavtikaning barcha tabiiy fanlar (astronomiya, fizika, biologiya va matematika) bilan bogʻliqligi. Kosmik raketa texnikasi *mavjud texnika fanlarining yutuqlariga tayanadi.* Kosmik apparat osmonda maʼlum kosmik obyektga aniq vaqtda yetib borishi uchun hisob-kitobni olimlar, texnik xodimlar *fizik va astronomik bilimlarga tayangan holda* amalga oshiradilar. Osmon jismlarigacha masofalar, ularning oʻlchamlari, massalari va boshqa fizik parametrlari haqida astronomlar yetarli bilimlarni toʻplaganlar. Bu maʼlumotlar kosmosga uchishda juda qoʻl keladi.

Yer atmosferasining zichligi, temperaturasi, magnitosferasi, radiatsion poyaslari haqida maʼlumotga ega boʻlmay turib, birorta kosmonavt Yer atrofiga bevosita uchirilmagan, shuningdek, Oy tabiatini bilmay turib, unga qadam qoʻyilmagan boʻlar edi.

Kosmonavtikaning vujudga kelishi astronomiya fanini rivojlantirishga katta hissa qoʻshib kelmoqda. Kosmik apparatlar, stansiyalar bortidan samoviy obyektlarni optik va koʻzga koʻrinmas nurlarda (ultrabinafsha, infraqizil, rentgen va radionurlarda) oʻrganish imkonini berib, oxirgi oʻn yilliklarda bizning Koinot obyektlari va ularning sistemalari haqidagi bilimlarimizni misli koʻrilmagan darajada boyitdi.

Kosmosga uchiriluvchi apparatlarning konstruksiyalarini ishlab chiqish, ularning harakatlarini boshqarishda olimlar va muhandis-texnik xodimlar *fizik qonunlarga tayanadilar.* Quvvatli raketa dvigatellarini qurishda, raketa texni-

kasi ehtiyojlarini qondirish uchun uning strukturasi, bosqichlari va yonish mahsulotlarini tanlash kabi masalalar fizikasiga tegishli fundamental tadqiqot ishlarini bajarishga to'g'ri keladi.

Kosmonavtikada raketalarni fazoga uchirishda *kimyoviy bilimlarga ham keng tayaniladi*. Xususan, kosmik texnika, raketa strukturasi, unda qo'llaniladigan materiallarning pishiqligi, yoqilg'i mahsulotlarining tarkibi, xossalariга yuqori talablar qo'yiladi. Issiqqa chidamli, yemirilmaydigan va boshqa xossalari bo'yicha yuqori ko'rsatkichlarga ega materiallar, shuningdek, yoqilg'i mahsulotlarining kimyoviy tarkibi va sifatiga kosmonavtikaning ehtiyoji juda katta.

Ayniqsa, yoqilg'i mahsulotlarini sifatli tayyorlash va boshqa ko'p jarayonlarning samarali texnologiyasini ishlab chiqishda kimyogarlarning o'rni beqiyos.

Kosmonavtika sohasida izlanishlarni *matematikasiz tasavvur etib bo'lmaydi*. Murakkab matematik izlanishlar, kosmosga uchiriladigan apparatlarni konstruksiyalash, tayyorlash va uchirishni amalga oshirish jarayonlarida qo'llaniladi. Umuman olganda, kosmonavtikaga oid birorta tadqiqotni hisob-kitobsiz amalga oshirib bo'lmaydi.

Oxirgi yillarda kosmonavtika *o'nlab biologik tajribalarni rejalashtirdi va amalga oshirdi*. Turli kosmik sharoitlarda (vakuum, vaznsizlik, radiatsiya va boshqalar) inson organizmidagi o'zgarishlar bo'yicha yuzlab tibbiy-biologik tajribalar, ularning salbiy ta'sirlaridan insoniyatni ogoh qildi.

Kosmonavtikaning otasi, uning ilmiy asoschisi sifatida K.E. Siolkovskiy tan olingan. U birinchi marta raketa harakati tezligi formulasini keltirib chiqargan. K.E. Siolkovskiy birinchilardan bo'lib, Yer tortishish maydonida raketa harakatining hisob-kitobini qilib, raketalarni kosmik tezliklarga erishtirish imkoni borligini asosladi. Bu tezliklar yordamida raketa Yer tortishish kuchini yengib, uning sun'iy yo'ldoshi orbitasiga ko'tarila olishini, hatto Oyga va planetalararo sayohatda ishtirok eta olishini o'z hisob-kitobida aniq ko'rsatdi.

XX asrning 20–30-yillari alohida olimlar guruhi raketa dvigatellarini loyihalash va sinashni boshladilar. Sobiq Ittifoqda tutunsiz poroxli raketalarni qurish bo'yicha birinchi tajribalarni o'tkazishga imkon beruvchi konstruktorlik laboratoriyasi N.I. Tixomirov taklifi bilan 1921-yilda ishga tushirildi. Keyinchalik bu laboratoriya kengaytirilib, 1928-yildan Gazodinamik laboratoriya (GDL) nomini oldi. Unda B.S. Petropavlovskiy, G.E. Langemak, V.P. Glushko va boshqa olimlar dastlabki tadqiqotchilardan edilar.

Raketa harakatlarini o'rganish guruhi (GIRD) raketa qurilishi bo'yicha muhim muhandislik ishlarini olib bordi. 1932-yili Moskvada tuzilgan GIRDga S.P. Korolyov tayinlandi. GIRDning Moskva va Leningrad guruhlarida V.P. Vetchinkin, F.A. Sander, M.K. Tixonravov, Y.A. Pobedonossev, N.A. Rikin, Y.I. Perelman va boshqa taniqli olimlar ishladi.

Birinchi suyuq yoqilg'ili raketa «GIRD-09» 1933-yil 17-avgustda Moskva yaqinidagi Naxabino qishlog'idan muvaffaqiyatli uchirildi. 1957-yili uchiriluvchi raketa qurish bo'yicha murakkab ish yakunlandi. Bu ish bosh konstruktor S.P. Korolyov va zamonaviy kosmonavtikaning nazariy asoschisi M.V. Keldishlar tomonidan amalga oshirildi. Natijada 4-oktabr kuni (1957-y.) bu raketa yordamida Yerning birinchi sun'iy yo'ldoshi uchirildi.

1959-yildan Yerning tabiiy yo'ldoshi – Oy kosmik apparatlar tomonidan «nishon»ga olinib boshlandi. 1969-yili amerikalik astronom N.Armstrong «Apollon-11»da Oy sathiga qo'nib, insonning asriy orzusini ro'yobga chiqardi. 1960-yillarning boshidan esa planetalararo avtomatik stansiyalar qo'shni planetalarni (dastlab Venera va Marsni, keyinroq Merkuriyni) tadqiq qila boshladilar. 1972, 1973-yillari AQSH o'zining «Katta tur» deb ataluvchi dasturi bo'yicha gigant planetalarni tadqiq etishni boshladi. 1977-yilda mazkur dastur bo'yicha uchirilgan AQSHning «Voyajer-1» va «Voyajer-2» avtomatik stansiyalari Neptungacha (1989-y.) borib yetdi.

Kosmonavtika inson xizmatida. Insonning kosmosni o'zlashtirish bilan bog'liq faoliyati, unga planetamiz Yerning geologik boyliklarini, tabiati va iqlimini o'rganishda katta imkoniyatlar yaratadi. Inson Koinotdan Yerga nazar solib, uning naqadar mitti, noyob va go'zal ekanligini angladi. Shu bilan birga, bu nazar orqali u planetamiz hayotiga tahdid solayotgan ekologik, energetik va demografik muammolarni ham ko'ra oldi.

Xususan, Yerdagi energetik halokatning oldini olish uchun Quyosh energiyasidan foydalanish imkonini beruvchi yirik kosmik inshootlarning loyihalashtirishini, demografik halokatdan qutilish uchun esa Yer atrofi zonasini «o'zlashtirish» kosmonavtika hal qilishi lozim bo'lgan muhim vazifalardan sanaladi.

Kosmosdan turib Yerning biologik sferasining holati bilan tanishish, uning tabiiy resurslarini, o'rmon va qishloq xo'jaligi yer maydonlarini o'rganish va geologiya-qidiruv ishlari uchun maydonlarni belgilash kosmonavtikaning eng muhim vazifalaridan biridir. Bugun kosmonavtika planetamiz bag'rida

ko'payayotgan va qayta ishlatib bo'lmaydigan zaharli va radioaktiv chiqindilarni Yerdan tashqariga ulotirib tashlashni ham rejalashtiradi. Shuningdek, kosmonavtika yaqin o'n yillar ichida kosmosda yirik energetik qurilmalarni qurish, xomashyo resurslarini ishlab chiqarish komplekslarini joylashtirish bo'yicha ishlarni ham mo'ljallamoqda.

Yaqin kosmosni inson uchun xizmat qiladigan muhitga aylantirish, boshqacha aytganda, kosmosni ekologizatsiyalashtirish, ayni paytda ekologik inqirozlar global miqyosda qamrab kelayotgan planetamizni ularning halokatli oqibatlaridan qutqarish kosmonavtikaning muhim vazifalaridan hisoblanadi.

Shuningdek, bugun, orbital stansiyalarda yuqori vakuum sharoitida o'ta toza metall qotishmalarini olish, noyob kristallarni o'stirish, yuqori sifatli yangi qotishmalar va toza dorivor preparatlarni tayyorlash ishlari bo'yicha juda ko'p tajribalar o'tkazilmoqda.

Kosmonavtikada kelajakda Oy va ayrim asteroidlarning tarkibiy materiallaridan foydalanish bo'yicha ham katta ishlar rejalashtirilmoqda. Aynan shu maqsadlarni ko'zlab, Oyda aholi yashaydigan va ishlaydigan stansiyalarning loyihalari bugun dunyo olimlari tomonidan muhokama qilinmoqda.

Yer atrofi fazosida eng yirik energetik qurilmalarni, jumladan, «Quyosh fabrikasi»ni ishga tushirish bo'yicha ham loyihalar tayyorlanayotganligi insoniyatni kelgusida energetik halokatdan qutqarish kabi muhim gumanitar maqsadlarni ko'zda tutmoqda.

Savol va topshiriqlar:

1. Kosmonavtika nimani o'rganadi?
2. Kosmonavtikaning boshqa fanlar, jumladan, fizika, texnika va astronomiya bilan aloqasi to'g'risida nimalar bilasiz?
3. Kosmonavtikaning shakllanishiga hissa qo'shgan olimlar va ularning faoliyati haqida bilganlaringizni so'zlang.
4. GDL va GIRDlarning tashkilotchilari faoliyatlari haqida so'zlab bering.
5. Yerning birinchi sun'iy yo'ldoshi orbitaga qachon chiqarilgan?
6. Kosmonavtikaning sivilizatsiyamiz taraqqiyotida tutgan o'rni qanday?

31-MAVZU. 64-§. Raketa harakati qonunlari. Raketaning tortish kuchi

Raketa harakati qonunlari kosmik uchishlar nazariyasining asosini tashkil etadi. Kosmonavtika energiyaning turli manbalarini qoʻllovchi turli xil raketa dvigatellari sistemasi bilan ish koʻradi. Bunda dvigatellar tomonidan yonilgʻi mahsulotlarini («ishchi jism» deb ataladigan massani) bir tomonga chiqarishi hisobiga, harakat miqdorining saqlanish qonuniga koʻra, qarama-qarshi tomonga yoʻnalgan raketaga taʼsir etuvchi kuch – raketaning tortish kuchi vujudga keladi (113-rasm).

Raketaning tortish kuchi raketadan vaqt birligi ichida uloqtirilayotgan «ishchi jism» miqdoriga, yaʼni massasiga va uning chiqish tezligiga bogʻliq boʻladi:

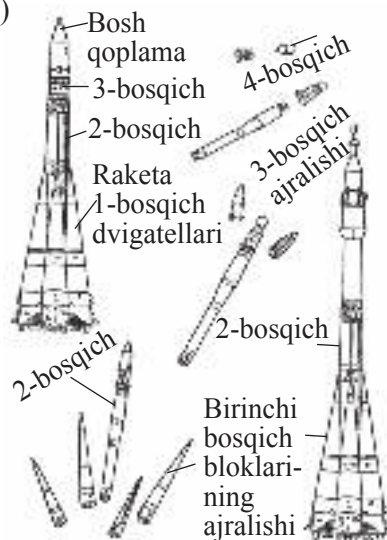
$$F = q \omega, \quad (1)$$

bu yerda: q – vaqt birligi ichidagi sarf boʻladigan massa miqdorini (kg/s) (massaning sekundli sarfini); ω – uloqtirilgan massaning raketaga nisbatan tezligini m/s larda belgilasak, F tortish kuchi nyutonlarda (N) ifodalanadi.

a)



b)



113-rasm. a) kosmik kemaning umumiy koʻrinishi; b) kosmik kema uchish paytida.

Agar (1) formulada uning o'ng tomonini Yer sirtida erkin tushish tezlanishi kattaligi $g=9,8 \text{ m/s}^2$ ga ko'paytirib va bo'lsak, u holda tortish kuchining quyidagi ifodasiga erishamiz:

$$F = \omega q = \frac{\omega}{g} \cdot gq \quad \text{yoki} \quad F = I_{\text{sol}} gq, \quad (2)$$

bu yerda $I_{\text{sol}} = \frac{\omega}{g}$ – solishtirma impuls deyilib, uning birligi $\frac{\text{m/s}}{\text{m/s}^2}$ da, ya'ni

sekundda o'lchanadi; unda gq sekundli og'irlik sarfini ifodalab, $\frac{\text{kG}}{\text{s}}$ da o'lchanadi. Tortish kuchining kattaligi F esa, tortish kuchi kG (kilogramm – kuch)da ifodalanadi. Binobarin, solishtirma impuls har sekundda yoqilg'ining KGlarda ifodalangan sarfi hisobiga vujudga keladigan va KGlarda o'lchanadigan

tortish kuchini $\frac{\text{kG}}{\text{kG/s}}$ ko'rinishida xarakterlab, sekundlarda o'lchanadi. Boshqacha aytganda, I_{sol} – solishtirma impuls garchi ω tezlikdan boshqa birlikda o'lchanishiga qaramay, ishchi jism tezligi ω ga proporsional bo'ladi, chunki ω tezlik, I_{sol} impulsdan o'zgarmas – $g=9,8 \text{ m/s}^2$ qiymatli koeffitsiyentgagina farq qiladi – $\omega = g \cdot I_{\text{sol}}$.

Endi raketaning ayrim xarakteristik kattaliklariga to'xtalamiz.

Ma'lumki, raketaga tortish kuchidan tashqari yana bir qancha kuch – Yerning va boshqa – osmon jismlarining tortishish kuchi, atmosfera qarshiligi, yorug'likning bosim kuchlari ta'sir qiladi. Biroq hozir bizni tortishish kuchining bergan a_{rak} – tezlanishi qiziqtiradi. Mexanikaning ikkinchi qonuniga ko'ra, u:

$$a_{\text{rak}} = \frac{F}{m}, \quad (3)$$

bu yerda: F – tortishish kuchi kattaligini; m – raketaning ma'lum momentdagi massasini xarakterlaydi. Raketa uchish paytida uning massasi kamaya borib, tezlanishi ortadi. Shu bois raketa harakatining asosiy xarakteristikalaridan biri qilib uning *boshlang'ich reaktiv tezlanishi* a_{p0} , ya'ni boshlang'ich to'la massasi (m_0) paytidagi tezlanishi olinadi:

$$a_{p0} = \frac{F}{m_0}, \quad (4)$$

bu yerda m_0 – raketa boshlang'ich massasining miqdorini bildiradi. Reaktiv tezlanish raketaga boshqa kuchlar ta'sir etmaganda, faqat tortish kuchi ta'sirida

uning erishadigan tezlanishini xarakterlaydi. K.E. Siolkovskiy ta’biri bilan aytganda, u raketaning faraziy erkin fazoda harakatlanayotganda oladigan tezlanishini ifodalaydi.

Erkin fazoda joylashtirilgan raketa dvigatelini ishga tushirsak, u tortish kuchini vujudga keltirib, raketani ma’lum tezlanish olishiga va to’g’ri chiziq bo’ylab harakatlanayotib, tezligini orttirib borishiga imkon beradi.

Raketa massasi m_0 dan m_{ox} miqdorgacha kamayganda, u qanday tezlikka erishishini Siolkovskiy aniqlagan ushbu formulasi yordamida topish mumkin:

$$v = \omega \ln \frac{m_0}{m_{ox}} = 2,30259 \omega \lg \frac{m_0}{m_{ox}}, \quad (5)$$

bu yerda ω – yoqilg’i mahsulotining raketa soplosidan chiqish tezligi bo’lib, u o’zgarmas deb qabul qilinadi. Ushbu formula yordamida hisoblab topilgan tezlik raketaning energetik resurslarini xarakterlaydi va *ideal xarakteristik tezlik* deb yuritiladi. Unga ko’ra (5) ni quyidagicha yozish mumkin bo’ladi:

$$\frac{m_0}{m_{ox}} = e^{\frac{v}{\omega}}, \quad (6)$$

bu yerda $e=2,71828$ natural logarifmning asosini tashkil etadi. Ideal tezlik v , gaz massasining raketadan chiqish tezligiga (ω) va *Siolkovskiy soni* deb ataluvchi $z = \frac{m_0}{m_{ox}}$ songa bog’liq bo’ladi.

Savol va topshiriqlar:

1. Raketaning tortish kuchi nimalarga bog’liq?
2. Solishtirma impuls deganda nima tushuniladi?
3. Solishtirma impuls raketaning tortish kuchini xarakterlovchi qanday kattalik hisoblanadi?
4. Siolkovskiy formulasi yordamida raketaning harakatiga tegishli qanday xarakteristik kattalik topiladi?
5. Raketaning erishgan ideal tezligi deb qanday tezlikka aytiladi?
6. Siolkovskiy soni deb nimaga aytiladi?

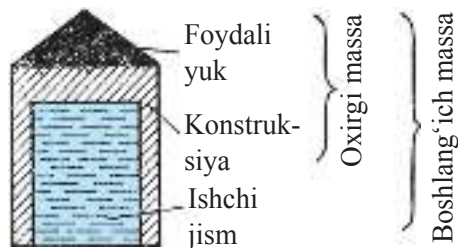
32-MAVZU. 65-§. Raketaning strukturasi va konstruktiv xarakteristikasi

Siolkovskiy formulasi tahlilidan ma'lum bo'lishicha, raketaning boshlang'ich va oxirgi massalarining nisbati uning uchun eng asosiy xarakterlovchi kattaliklaridan hisoblanadi. Binobarin, raketaning tezligini ma'lum kattalikkacha erishtirish uchun uning boshlang'ich massasi m_0 ni ikki qismga: 1) ishchi jism massasiga va 2) oxirgi – qoldiq massasiga bo'lib o'rganish lozim bo'ladi (114-rasm). Yuqorida eslatilganidek, $\frac{m_0}{m_{ox}}$ Siolkovskiy soni z deyilib, u ishchi jismning soplodan chiqish tezligi ω bilan birgalikda raketaning erisha oladigan tezligi v ni aniqlashga imkon beradi.

Raketaning ishchi massasisiz «quruq» massasi, ya'ni m_{ox} raketa konstruksiyasining massasi m_k va foydali massa m_f dan tashkil topadi. Konstruksiya massasiga raketa konstruksiyasidan tashqari, uning barcha agregatlarini o'z ichiga olgan dvigatel sistemasi, boshqarish sistemasi hamda aloqa va navigatsiya sistemalari kiradi. Foydali m_f massaga esa ilmiy apparatura, radiotelemektrik sistemalar, kosmik apparatlarni orbitaga olib chiquvchi qismlari va ekipaj, korpusi va kosmik kemada hayotni ta'minlash sistemasi bilan bog'liq qurilmalar kiradi. Konstruksiya va ishchi jismning birgalikdagi massasining konstruksiya massasiga nisbati s raketaning konstruktiv xarakteristikasini belgilaydi:

$$s = \frac{m_0 - m_f}{m_{ox} - m_f}.$$

Har qanday raketa uchun, odatda, $z < s$ bo'ladi. Agar konstruktorlar ustalik bilan massasi bo'yicha minimal hisoblangan raketa konstruksiyasiga maksimum ishchi jismini joylaganlarida ham, raketa tezligini oshirishning birgina yo'li qolib, bunga raketaning foydali yuki m_f ni kamaytirish hisobigagina erishish mumkin bo'ladi. Foydali yukdan butunlay voz kechilganda, ya'ni



114-rasm. Raketaning strukturaviy sxemasi.

$m_f = 0$ bo'lganda $s = z$ bo'ladi. Shubhasiz, raketani konstruksiyalashtirish paytida foydali yukdan voz kechib bo'lmaydi.

$p = \frac{m_0}{m_f}$ ifoda nisbiy boshlang'ich massa deyilib, unga teskari kattalik $\frac{1}{p}$ esa

nisbiy foydali yuklama yoxud *foydali yuklama koeffitsiyenti* deb yuritiladi. Bu kattaliklarni (1) ga qo'yib, s ning z va p bog'lanishini, so'ngra undan z va p ning qiymatlarini topish mumkin.

66-§. Uchish paytida kosmik apparatga ta'sir etuvchi kuchlar

1. Uchish paytida KA (kosmik apparat)ga ta'sir etadigan eng muhim tabiat kuchlaridan biri *butun olam tortishish kuchidir*. Moddiy jismlar orasidagi tortishish kuchi Nyuton tomonidan kashf etilgan butun olam tortishish qonuniga bo'ysunadi. Ma'lumki, uning matematik ifodasi:

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

bu yerda: F – moddiy jismlar orasidagi tortishish kuchini; m_1 va m_2 – ularning massalarini; r – ular orasidagi masofani ifodalaydi, proporsionallik koeffitsiyenti G esa gravitatsion doimiylik deyilib, massalar kg larda, masofa m (metr) da, kuch N (Nyuton) da ifodalanganda $6,672 \cdot 10^{-11} N \cdot m^2/kg^2$ ga teng qiymat bilan o'lchanadi.

2. KAning harakati paytida unga ta'sir etadigan boshqa bir kuch *atmosferaning qarshilik kuchidir*. Uchish qancha kichik balandlikda (Yer sirtiga nisbatan) ro'y bersa, bu kuch shuncha katta bo'ladi, chunki balandlik kamaygan sayin atmosferaning zichligi ortadi. Bunday kuch *aerodinamik kuch* deyiladi.

3. Planetalararo bo'shliqda uchayotgan KAga sezilarli ta'sir ko'rsatadigan yana bir kuch bo'lib, u *Quyosh nurlanishlarining bosim kuchidir*. Agar KAning massasi uncha katta bo'lmay, yuzasi sezilarli darajada katta bo'lsa, u holda Quyosh nurlarining bosim kuchi uzoq uchishlarda yetarlicha katta bo'lib, uni albatta hisobga olishga to'g'ri keladi.

4. Kosmik fazoda KAga kuchsiz bo'lsa-da ta'sir etadigan boshqa bir kuchlar *elektr va magnit kuchlari* deyilib, ular KAning to'g'ri chiziqli harakatiga emas, balki og'irlik markazi atrofida aylanma harakatigagina ta'sir qiladi.

Vaznsizlik. Kosmik fazoda ma'lum aylanma orbita bo'ylab erkin harakatlanayotgan jismning barcha nuqtalari bir xil tezlik bilan harakatlanishini tushunish qiyin emas. Kosmik kema turli alohida qismlardan tashkil topgan va KAga faqat markaziy osmon jismining tortishish kuchi ta'sir etadi deb qaralsa, uning barcha qismlari (detallari)ning tezligi bir xilligicha qoladi, bordi-yu o'zgarganda ham hammasiniki bir xilda o'zgaradi. Chunki gravitatsion tezlanish harakatlanayotgan jismning massasiga bog'liq bo'lmaydi:

$$a_r = \frac{GM_{\oplus}}{r^2},$$

bu yerda: M_{\oplus} – KA detallarini tortayotgan jismning massasi (detallarniki emas!); r – KA markaziy jismdan uzoqligi bo'lib, KK detallarining barchasi uchun bir xil deb qarash mumkin. Shunga ko'ra KA detallarining trayektoriyalari ham bir xil bo'lib, fazoda ularni bir-biridan tarqab ketmasligini ta'minlaydi. Binobarin, KA alohida detallari orasida bosim vujudga kelmaydi, ya'ni bir-biriga nisbatan vazni yo'qoladi. Kosmonavt o'zi o'tirgan o'rindiqqa bosmaydi, osilgan lampa shnurga taranglik berib tortmaydi, qo'yib yuborilgan qalam stolga tushmay muallaq qoladi va hokazo, chunki ularning barchasining tezligi va tezlanishi bir xil bo'ladi. Kema kabinasi ichida pol, ship degan so'zlarning ma'nosi yo'qoladi. Kema ichida jismlarning o'zaro harakatiga Yerning tortishish kuchi «aralasha olmaydi».

Tashqi boshqa kuchlarning (tashqi muhitning qarshilik kuchi, tayanch reaksiya kuchi va boshqalar) paydo bo'lishi vaznsizlikni yo'qotib, vaznlik holatining vujudga kelishiga sabab bo'ladi.

Savol va topshiriqlar:

1. Raketa qanday qismlardan tashkil topgan?
2. Raketaning konstruktiv xarakteristikasi deganda nima tushuniladi?
3. m_f , m_0 , m_k , m_{ox} raketaga tegishli qanday massalarni xarakterlaydi?
4. Uchish paytida KAga qanday kuchlar ta'sir etadi?
5. Erkin uchish paytida qanday shartlar bajarilganda KA ichida vaznsizlik ro'y beradi?

33-MAVZU. 67-§. Tortishishning markaziy maydonida harakatlanayotgan jismning orbitalari

Tortishish maydoni sifatida olingan Yer maydonida harakatlanayotgan uning yoʻldoshining trayektoriyasi qanday boʻlishini koʻraylik. Bunda Quyoshning sunʼiy yoʻldosh (SY)ga berayotgan tezlanishi Quyoshning Yerga berayotgan tezlanishiga taxminan teng boʻlganidan (ular Quyoshdan deyarli bir xil masofada boʻlganliklaridan), SYni faqat Yer taʼsirida harakatlanyapti, deb qarash mumkin. Chunki bunda Quyoshning yoʻldoshga berayotgan chetlashtiruvchi tezlanishi uning Yerga va yoʻldoshga berayotgan tezlanishlarining farqiga teng boʻlib, Yerning SYga berayotgan tezlanishiga nisbatan juda kichikligi bois hisobga olmaslik mumkin.

Ana shuning uchun ham taxminiy hisoblashlarda, KAning harakati faqat Yer taʼsirida boʻlyapti, deb qaraladi, boshqacha aytganda, harakat chegaralangan ikki jism doirasida oʻrganiladi. Bu hol SY orbitasini hisoblashda katta qulaylik tugʻdiradi. Osmon jismini bir jinsli moddiy shar yoki eng kamida bir-biriga solingan bir jinsli bir xil qalinlikdagi sferik qatlamlardan tashkil topgan deylik. Unda jismning toʻla massasi uning markazida (nuqta koʻrinishida) mujassamlashgandek tortish xossasiga ega boʻladi. Bunday tortish maydoni, eslatilganidek, *tortishishning markaziy maydoni* (TMM) deb ataladi. Oldin biz «Ikki jism masalasi»da (27-§) tortishishning markaziy maydoni toʻgʻrisida gapirib, uning oddiy tortishish maydonidan farq qiluvchi xususiyati haqida toʻxtalgan edik. Agar ixtiyoriy tortishish maydonida harakatlanayotgan R radiusli jismning tortishish maydonini beruvchi M jismdan yetarlicha katta r masofada boʻlsa (yaʼni $r \gg R$), unda har qanday tortishish maydoni jismga TMM kabi taʼsir qilishini eslatgan edik. Energiyaning saqlanish qonuniga koʻra tortishishning maydonida harakatlanayotgan m massali jismning markaziy M massali jismdan r masofadagi tezligi v_r , uning boshlangʻich v_0 tezligi bilan bogʻlanishini ifodalovchi quyidagi formula osmon mexanikasida energiya integrali nomini olgan:

$$v_r^2 = v_0^2 - \frac{2GM}{r_0} \cdot \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) \quad \text{yoki} \quad v_r^2 = v_0^2 - \frac{2K}{r_0} \cdot \left(1 - \frac{r_0}{r}\right), \quad (1)$$

bu yerda $K=GM$ markaziy maydonini ifodalovchi jismning gravitatsion parametri deyilib, Yer uchun $K_{\oplus}=3,99 \cdot 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2$, Quyosh uchun $K_{\odot}=1,33 \cdot 10^{11}$

km^3/s^2 , Oy uchun esa $4,9 \cdot 10^3 \text{ km}^3/\text{s}^2$ ga teng bo'ladi.

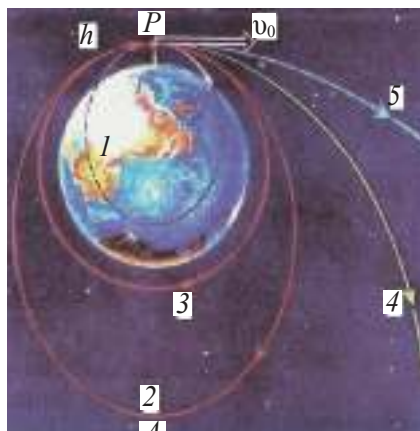
U tortishishning markaziy maydoni uchun $r \approx R$ bo'lgan holda ham o'rinli bo'ladi. Quyida tortishishning markaziy maydonida harakatlanayotgan jismning harakat trayektoriyalari bilan tanishamiz.

Kosmik apparatning markaziy maydonda (misolimizda Yer maydonida) kuzatiladigan harakat trayektoriyalarini to'rt guruhga ajratish mumkin:

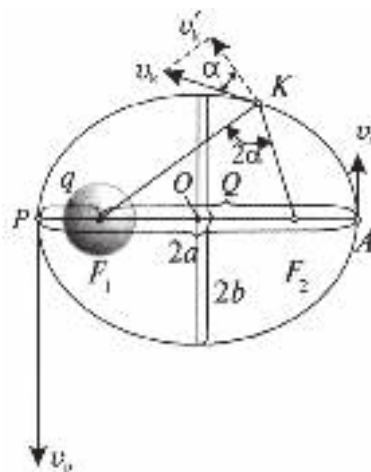
1. *To'g'ri chiziqli harakat.* Agar ma'lum balandlikda turgan jismning boshlang'ich tezligi nolga teng bo'lgan holda qo'yib yuborilsa, u markaziy maydonni beruvchi jism markazi tomon tik tushadi. Jismning boshlang'ich tezligi markazga yoxud unga qarama-qarshi tomonga radial yo'nalganda boshlang'ich katta tezlik bilan uloqtirilsa, uning harakati ham to'g'ri chiziqli bo'ylab kuzatiladi. Boshqa barcha hollarda jismning to'g'ri chiziqli bo'ylab harakatlanishi kuzatilmaydi.

2. *Elliptik trayektoriya bo'ylab harakat.* Agar KAning boshlang'ich tezligi radial yo'nalishdan farq qilib, u P nuqtadan gorizontol holda uloqtirilsa, u holda uning harakat trayektoriyasi markaziy jismning tortishi tufayli, albatta, egiladi. Bunda uning yo'li har doim boshlang'ich tezlik vektori va Yer markazi orqali o'tuvchi tekislikda yotadi. Agar KAning boshlang'ich tezligi Yer uchun birinchi kosmik tezlikdan katta, ikkinchisidan kichik bo'lsa, uning trayektoriyasi ellipsni beradi (115-rasm). Mazkur ellips tortuvchi osmon jismining sirtini kesib o'tmasa, KA bu jismning sun'iy yo'ldoshiga, osmon jismining markazi esa ellips fokuslaridan biriga aylanadi.

116-rasm. Tortishishning markaziy maydonida jismning harakat trayektoriyalari (misol sifatida Yer tortishish maydonida KAning harakati keltirilgan).



115-rasm. Tortishishning markaziy maydonida jismning elliptik trayektoriya bo'ylab harakati.



Ellipsning fokuslari deb shunday nuqtalarga aytiladiki, bu nuqtalar bilan ellipsning ixtiyoriy nuqtasini tutashtiruvchi kesmalar yig'indisi o'zgarmas bo'ladi. Ellipsning har ikki fokusi orqali o'tgan o'qi uning *katta o'qi* deyiladi. Katta o'qning yarmi *katta yarim o'q* deyilib, yo'ldoshning osmon jismidan o'rtacha uzoqligini xarakterlaydi va *a* harfi bilan belgilanadi. Bunda ellipsning ixtiyoriy *K* nuqtasida yo'ldoshning tezligi *v* uning tortishish markazidan uzoqligi *r_k* va ellipsning katta yarim o'qi *a* bilan quyidagicha bog'langan bo'lib, u energiya integralining ushbu yangicha ko'rinishida bo'ladi:

$$v^2 = K \left(\frac{2}{r_k} - \frac{1}{a} \right). \quad (2)$$

Bu formulada *K* Yerning gravitatsion parametrini xarakterlaydi. Tortishishning markaziy maydonida ellips bo'ylab harakatlanayotgan jismning davri *T* esa, Kepler qonuniga ko'ra, u bilan ellipsning katta yarim o'qi *a* orasidagi quyidagi munosabatdan topiladi:

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM} \quad \text{yoki} \quad T = \frac{2\pi}{\sqrt{K}} a^{\frac{3}{2}}. \quad (3)$$

Markaziy jismdan eng kichik va eng katta masofadagi ellips nuqtalari (*115-rasmda P* va *A* nuqtalar), mos ravishda, *perisentr* va *aposentr* deb ataladi. Agar tortuvchi jism Yer bo'lsa, u nuqtalar *perigey* va *apogey* deb, Quyosh bo'lsa, *perigeliy* va *afeliy* deb ataladi. Bunda *K* Aning perigeydagi tezligi (*v_p*) maksimum, apogeydagisi esa (*v_a*) minimum qiymatga ega bo'ladi. Harakat miqdori momentining saqlanish qonunidan bu tezliklar o'zaro quyidagicha bog'lanadi:

$$m_0 \cdot v_p \cdot r_p = m_0 \cdot v_a \cdot r_a \quad \text{yoki} \quad v_p \cdot r_p = v_a \cdot r_a, \quad (4)$$

bu yerda *r_p* va *r_a* – perigey va apogey nuqtalarining Yer markazidan uzoqliklari.

Agar markaziy jism (misol uchun Yer) sirtidan ma'lum *h* balandlikda *P* nuqtadan (*115-rasmga* qarang) boshlang'ich gorizontaal tezlik bilan kosmik apparat uchirilsa, *P* nuqta boshlang'ich tezlikning kattaligiga bog'liq ravishda, orbitaning perigey yoki apogeyga (*115-rasm, 1- va 2-orbitalar*) aylanadi. Tezlikning ma'lum qiymatlarida u aylana bo'ylab harakatlanib (*115-rasm, 3-orbita*), aylanma orbita radiusi *r* bo'lsa, u holda

$$v_{\text{ayl.}}^2 = \frac{K_{\oplus}}{r} \quad \text{yoki} \quad v_{\text{ayl.}} = \sqrt{\frac{K_{\oplus}}{r}} \quad (5)$$

bo'ladi, bu yerda K_{\oplus} – Yerning gravitatsion parametri ekanligini bilgan holda, undan ixtiyoriy r masofadagi aylanma orbitasiga mos tezlikni oson topish mumkin. Bunda R_{\oplus} – Yerning radiusiga teng bo'lsa, ushbu ifoda Yer uchun:

$$v_I = \sqrt{\frac{K_{\oplus}}{R_{\oplus}}} \quad (6)$$

birinchi kosmik tezlikni ifodalaydi, uning qiymati 7,91 km/s ga teng.

3. *Parabolik trayektoriya bo'ylab harakat.* Apogeyi cheksizlikda «yotgan» elliptik orbita shubhasiz ellips bo'la olmaydi (*115-rasmda 4-orbita*). Bunda KA tortish markazidan cheksiz uzoqqa ketib, yopiq bo'lmagan egri chiziq – parabola bo'ylab harakatlanadi. Kosmik apparat tortishish markazidan uzoqlashgan sayin tezligi kamayib boradi. Ellips bo'ylab harakatda tezlikni hisoblash formulasi (1) dan cheksizlikda $\alpha \rightarrow \infty$ bo'lishini e'tiborga olib, dastlabki r_0 masofada parabolik orbitani ta'minlaydigan boshlang'ich tezlikning kattaligi v_0 ni topamiz, unda:

$$v_0^2 = \frac{2K}{r_0} \quad \text{yoki} \quad v_0 = \sqrt{\frac{2K}{r_0}} \quad (7)$$

bo'yicha hisoblangan tezlik parabolik yoki *erkinlik tezligi* deyiladi, chunki bunday tezlikka erishgach, KA parabola bo'ylab harakatlanib, tortish markaziga qaytmaydi, boshqacha aytganda, erkinlik oladi.

Agar $r = R_{\oplus}$ – Yerning radiusiga teng deb olinsa,

$$v_{II} = \sqrt{\frac{2K_{\oplus}}{R_{\oplus}}} \quad (8)$$

bo'lib, u *ikkinchi kosmik tezlik* deyiladi, u Yer uchun uning qiymati 11,186 km/s ni tashkil etadi.

Birinchi va ikkinchi kosmik tezliklarni solishtirib:

$$v_{II} = v_{\text{erk}} = v_I \cdot \sqrt{2} \quad \text{yoki} \quad v_{\text{erk}} = 1,414 v_I \quad \text{bo'lishini topamiz.}$$

Endi bu tengliklardan foydalanib, energiya integralini yozsak, tortishish maydonida markaziy jismdan r masofadagi tezligi

$$v_r^2 = v_0^2 - v_{\text{erk}}^2 \cdot \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) \quad (9)$$

chiqadi. Bu yerdan $r \rightarrow \infty$ bo'lsa: $v_r^2 = v_0^2 - v_{\text{erk}}^2$ bo'ladi. Bundan cheksizlikda $v=0$ bo'lishi ko'rinadi, chunki $v_0 = v_{\text{erk}}$, parabolik orbitaga chiqishi uchun $v_0 = v_{II}$ bo'lishi lozim.

4. *Giperbolik trayektoriyalar.* Agar KA parabolik tezlikdan katta tezlikka erishsa, u bu holda ham ochiq egri chiziq bo‘ylab harakatlanib, «cheksizlikka yetadi», biroq bunda uning trayektoriyasi giperbola (*115-rasm, 5-orbita*) ko‘rinishini oladi. Mazkur holda KAning cheksizlikdagi tezligi nolga teng bo‘lmaydi. Garchi tortish markazidan uzoqlashgan sayin uning tezligi uzluksiz kamayib borsa-da, biroq u $r \rightarrow \infty$ bo‘lganda (9) ifodadan topiluvchi ushbu v_∞ tezlikdan kam bo‘la olmaydi:

$$v_\infty^2 = v_0^2 - v_{\text{erk}}^2 \quad (10)$$

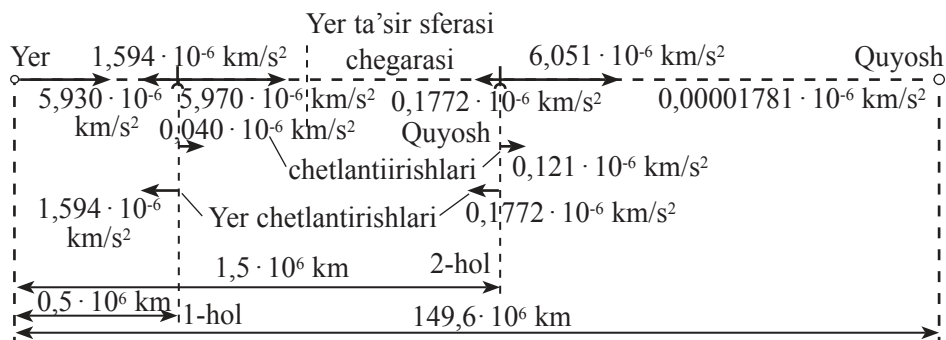
bu yerda v_∞ tezlikni qoldiq tezlik (ba‘zan tezlikning giperbolik orttirmasi) deb ataladi. Giperbolik trayektoriya tortishish markazidan uzoqda, *giperbolaning asimptotalari* deyiluvchi to‘g‘ri chiziqlardan deyarli farq qilmaydi. Shuning uchun ham katta uzoqlikda giperbolik trayektoriyasini to‘g‘ri chiziqli trayektoriya deyish mumkin. Parabolik va giperbolik trayektoriyalarda yuqoridagi har ikkala tenglama ham o‘rinli bo‘laveradi. Tortish maydonida KAning harakati birinchi bo‘lib planetalar harakatining elliptik shaklini topgan va ularning harakat qonunlarini aniqlagan nemis olimi I.Kepler sharafiga *keplercha harakat* deb yuritiladi.

Savol va topshiriqlar:

1. Tortishishning markaziy maydonida harakatlanayotgan jismning harakat trayektoriyasi uning boshlang‘ich tezligiga bog‘liqmi?
2. Energiya integrali formulasining ko‘rinishi qanday fizik kattaliklar orasidagi bog‘lanishni ifodalaydi?
3. Ellips bo‘ylab harakatlanayotgan jismning davri qanday topiladi?
4. Birinchi va ikkinchi kosmik tezliklar deb qanday tezliklarga aytiladi?
5. Parabolik va giperbolik trayektoriyalar bo‘ylab harakatlanayotgan KAlarning cheksizlikdagi tezliklarida qanday farq bo‘ladi?

34-MAVZU. 68-§. Ta’sir sferasi va kosmik apparat trayektoriyalarini taxminiy hisoblash

KAning keplercha orbitalari real osmon jismlari uchun aslida amalga oshirib bo‘lmaydigan orbitalardir. Sababi – markaziy osmon jismi aniq sferik simmetriyaga ega bo‘lmaganligi tufayli uning maydoni ham markaziy bo‘la



117-rasm. Yerdan va Quyoshdan berilayotgan chetlanishlarni hisoblash.

olmaydi. Tashqi osmon jismlarining ta'siri hamda boshqa omillar jism harakatini o'rganishda e'tiborga olinishi lozim bo'ladi. Biroq keplercha harakat shu qadar sodda va shu qadar yaxshi o'rganilganki, undan voz kechib bo'lmaydi. Shuning uchun ham Kepler orbitasi tayanch orbita sifatida qabul qilinib, boshqa holatlar beradigan chetlantirishlar hisob-kitobda alohida e'tiborga olinadi, boshqacha aytganda, jismning harakat trayektoriyasi aniqlashtiriladi.

Boshqa osmon jismlari tomonidan Yer atrofida harakatlanuvchi KAga beriladigan gravitatsion chetlanishlarni ikki hol uchun hisoblaylik. Bunda chetlantiruvchi tashqi osmon jismi Quyosh bo'lsin (117-rasm).

I hol. Quyosh bilan Yerni tutashtiruvchi to'g'ri chiziq bo'ylab Yerdan 500 000 km masofadagi kosmik apparat Quyoshdan 149 100 000 km masofada bo'lib, unga Yer beradigan tezlanish $1,594 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$, Quyoshniki esa $5,970 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$ ni tashkil etadi.

1. Agar bizni KAning geosentrik harakati qiziqtirayotgan bo'lsa, chetlantiruvchi tezlanish Quyoshdan KA va Yer oladigan tezlanishlarining farqiga teng bo'lib $(5,970 \cdot 10^{-6} - 5,930 \cdot 10^{-6}) \text{ km/s}^2 = 0,040 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$ ni tashkil etadi. Bu – KAga Yer beradigan tezlanishning 2,5% inigina tashkil qiladi.

2. Endi Yerdan bunday masofada KAning geliosentrik harakatini o'rganadigan bo'lsak, u holda Yerning KAga beradigan tezlanishi ($1,594 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$) va Quyoshga beradigan tezlanish ($0,00001781 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$)larning farqi Quyoshning KAga beradigan tezlanishi $5,97 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$ uchun chetlantiruvchi tezlanish bo'lib, u $1,594 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$, ya'ni markaziy jism Quyoshning KAga beradigan tezlanishining 26,7 % ini tashkil etadi. Demak, *geliosentrik harakatga* Yerning chetlantiruvchi tezlanishining ta'siri juda ham sezilarli ekanligi aniqlanadi. Bino-

barin, 1-holda KA Yer atrofida geosentrik harakatda bo‘ladi deyish to‘g‘ri bo‘lar ekan, deb xulosa qilish mumkin.

II hol. Endi KAni Yer-Quyosh chizig‘i bo‘yicha Yerdan 1 500 000 km, Quyoshdan esa 148 100 000 km masofada turgan hol uchun ko‘raylik.

1. Dastlab KA Yer atrofida *geosentrik trayektoriya* bo‘ylab aylanganda, Quyosh beradigan chetlantiruvchi tezlanish kattaligini aniqlaylik. *117-rasmdan* ko‘rinishicha, bunda KAning Yer ta’sirida oladigan tezlanishi $0,1772 \cdot 10^{-6}$ km/s² ni tashkil etadi. KAning Quyosh ta’sirida oladigan tezlanishi $6,051 \cdot 10^{-6}$ km/s² ga teng bo‘ladi. Endi Yerning Quyoshdan oladigan tezlanishi ($5,930 \cdot 10^{-6}$ km/s²)ga ko‘ra, Quyoshning chetlantiruvchi tezlanishi ($6,051 \cdot 10^{-6} - 5,930 \cdot 10^{-6}$) km/s² = $0,121 \cdot 10^{-6}$ km/s² ekanligi ma’lum bo‘lib, u KAning Yerdan oladigan $0,1772 \cdot 10^{-6}$ km/s² tezlanishining 68,3 % ini tashkil etadi.

2. Endi KA Quyosh atrofida *geliosentrik trayektoriya* bo‘ylab aylanyapti deb qarab, unga Yer beradigan chetlantiruvchi tezlanishlarni hisoblasak, u Yerning KAgaga beradigan $0,1772 \cdot 10^{-6}$ km/s² tezlanishidan Yerning Quyoshga beradigan tezlanishi ($0,00001781 \cdot 10^{-6}$ km/s²) ayirmasiga teng bo‘lib, u taxminan $0,1772 \cdot 10^{-6}$ km/s² bo‘ladi. Uni Quyoshning KAgaga beradigan $6,051 \cdot 10^{-6}$ km/s² tezlanishi bilan solishtirsak, Yerning kosmik apparatga beradigan chetlantiruvchi tezlanishi $0,1772 \cdot 10^{-6}$ km/s² bo‘lib, u Quyoshning KAni geliosentrik trayektoriya bo‘ylab harakatlantiruvchi tezlanishining ($6,051 \cdot 10^{-6}$ km/s²) atigi 3 % ini tashkil etishi ma’lum bo‘ladi. Binobarin, bunday masofada KA Yer atrofida geosentrik emas, balki Quyosh atrofida geliosentrik trayektoriya bo‘ylab harakatlanyapti deyish to‘g‘riroq bo‘lishini ma’lum qiladi (Yer berayotgan chetlantiruvchi tezlanishning juda kichikligi tufayli).

Shu xildagi trayektoriyaning hisob-kitobini fazoning barcha – Yer-Quyosh to‘g‘ri chizig‘ida yotmaydigan nuqtalari uchun ham (faqat bunda KAgaga Yer va Quyosh beradigan tezlanishlar vektorlarining farqi olinadi) bajarsak, I holda har bir nuqta KAni Yer atrofida geosentrik trayektoriya bo‘ylab harakatlanishining ma’qulligini ko‘rsatib, II holda fazoning barcha boshqa nuqtalarida yotib, KAni geliosentrik trayektoriya bo‘ylab, ya’ni markazi Quyosh bo‘lgan nuqta atrofida keplercha trayektoriya bo‘ylab aylanyapti, deb qarash ma’qulligini ko‘rsatadi. Bu nuqtalarning matematik tahlili ko‘rsatilgan soha chegarasi Yer atrofida yotuvchi sferaga yaqin bo‘lganidan, u soddalik uchun kosmodinamikada aniq sfera sifatida qabul qilinib, Yerning ta’sir sferasi deb yuritiladi. Yer ta’sir sferasining Quyoshga nisbatan radiusi 925 000 km, Oy ta’sir sferasining Yerga

nisbatan radiusi 66 000 km, Quyoshning galaktika markaziga nisbatan aniqlangan ta'sir sferasining radiusi esa $9 \times 10^{12} \text{ km} \approx 1 \text{ y.y.}$ ga tengligini ko'rsatadi.

Oralari a bo'lgan m massali jismning yaqinida joylashgan M massasi jismga nisbatan ta'sir sferasining radiusi (bunda $m \ll M$):

$$\rho = a \left(\frac{m}{M} \right)^{\frac{2}{5}}$$

ifodadan topiladi.

KA jism ta'sir sferasining chegarasini kesib o'tayotganda, u tortishishning bir markaziy maydonidan ikkinchisiga o'tadi. KAning har bir tortishish maydonidagi harakati shu maydonlarga nisbatan alohida-alohida keplercha orbitani (konus kesimlaridan birini) tashkil etadi. Ta'sir sferasining chegarasidagi kosmik apparatning harakat trayektoriyasi esa ma'lum qoidalar bo'yicha «ulanadi». KA trayektoriyalarini hisoblashning taxminiy metodining asl mohiyati shunda bo'lib, u ba'zan *konus kesimlarini o'zaro tutashtirish metodi* deb ham yuritiladi.

35-MAVZU. 69-§. Yer sun'iy yo'ldoshlarining orbita elementlari

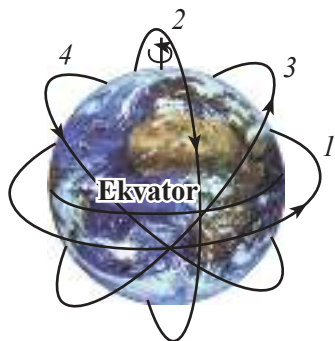
Yer atrofi fazosida harakatlanayotgan sun'iy yo'ldosh (SY)ning harakati Yer atrofi uchishlari deb yuritiladi. Osmon mexanikasi nuqtayi nazaridan Yer atrofi fazosi deganda Yer ta'sir sferasi bilan chegaralangan soha tushunilib, unda jismning harakatini faqat Yerning tortish maydonida kuzatilyapti deb qarash mumkin. 118-rasmda Yer fazosida aylanayotgan Yer sun'iy yo'ldoshining orbitasi tasvirlangan bo'lib, u yerdagi P va A nuqtalari, mos ravishda, yo'ldoshning perigey va apogey nuqtalariga mos keladi.

Rasmdan ko'rinishicha, Yer sun'iy yo'ldoshining orbita tekisligi Yer ekvatori tekisligi bilan *tugunlar chizig'i* deyiluvchi to'g'ri chiziq bo'yicha kesishadi.

Bunda ko'tarilish tuguni SYning Yer ekvatorini janubiy yarimshardan shimoliy yarimsharga kesib o'tish nuqtasi bo'lib, botish tugunida esa aksincha bo'ladi.



118-rasm. Sun'iy yo'ldoshning orbita elementlari.



119-rasm. Ekvatorial (1), qutbiy (2), to'g'ri (3) va teskari (4) yo'ldoshlar.

Bundan ko'rinadiki, SYning orbita tekisligi, geografik kengligi, uning tekisligining Yer ekvatorga og'maligidan (ya'ni i burchagidan) katta bo'lmagan Yer shari hududlari ustidan uchib o'tadi. SYning balandligi yetarli darajada katta bo'lganda $\varphi > i$ rayonlardan ham yo'ldoshni ko'rish mumkin bo'ladi.

SYlarning quyidagi orbita elementlari mavjud:

1) i – SY orbitaning Yer ekvatori tekisligiga og'maligi ($i=90^\circ$ bo'lganda u *qutbiy yo'ldosh* (119-rasm, 2-orbita) deb, $i=0^\circ$ bo'lganda esa *ekvatorial yo'ldosh* (119-rasm, 1-orbita) deb ataladi. SYning harakat yo'li Yer aylanishi yo'nalishiga mos kelsa, u *to'g'ri* (119-rasm, 3-orbita), aksincha bo'lganda esa, *teskari yo'ldosh* (119-rasm, 4-orbita) deb yuritiladi ($i > 90^\circ$ – yo'ldoshlar, Yerning aylanish yo'nalishiga teskari harakatlanadi); 2) h_a – SY apogeyining balandligi; 3) h_p – uning perigeyining balandligi; 4) T – SYning aylanish davri; 5) a – SY orbitasining katta yarim o'qi; 6) e – SY orbitasining eksentrisiteti; 7) Ω – ko'tarilish tugunining Yer ekvatori tekisligidagi bahorgi tengkunlikka tomon tortilgan yo'nalishdan burchak uzoqligi bo'lib, Ω ning uzunlamasini xarakterlaydi. Ekvator ustida Yer bilan bir xil davrda (24^h) aylanuvchi SYlar *geostatsionar yo'ldoshlar* deb yuritiladi.

70-§. Yer atmosferasida yo'ldosh orbitasining evolutsiyasi

Yer atmosferasining sun'iy yo'ldosh harakatiga qarshilik kuchi ushbu formuladan topiladi:

$$F_{\text{qarsh}} = cS \frac{\rho v_{\text{nis}}}{2},$$

bu yerda: c – atmosferaning yuqori qatlamlari uchun kattaligi 2–2,5 bo'lgan o'lchamsiz qarshilik koeffitsiyentini; S – yo'ldoshning harakat yo'nalishiga tik bo'lgan maksimal kesim yuzini; ρ – atmosfera zichligini; v_{nis} esa yo'ldoshning tashqi muhitga nisbatan tezligini ifodalaydi.

Atmosfera qarshiligi ta'sirida vujudga kelgan chetlantiruvchi tezlanish yo'ldoshning massasiga teskari proporsional bo'lib, uning ko'ndalang kesim yuziga to'g'ri proporsional hisoblanadi. Shu bois ichi deyarli bo'sh bo'lgan yo'ldoshga atmosfera qarshiligining ta'siri juda kuchli bo'ladi. Aynan shu omil tufayli quyi orbitaga chiqarilgan tashuvchi raketaning yo'ldoshdan ajratilgan va yonilg'idan bo'shagan oxirgi bosqichi atmosfera qarshiligini ilmiy apparaturalar zich joylashtirilgan konteynerga nisbatan kuchli «his» qilib, tezda orqada qolishini ta'minlaydi.

Qarshilik kuchi tufayli yo'ldosh harakatiga ta'sir etuvchi chetlantiruvchi tezlanishning kattaligi 200 km balandlikda $2,2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}^2$ ni, 400 km balandlikda $3,1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$ ni, 800 km balandlikda esa atigi $2,6 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}^2$ ni tashkil etadi. Yo'ldosh 100 km balandlikda uchayotganda bunday tezlanishning miqdori sezilarli darajada katta bo'lib, 30 m/s^2 ga teng bo'ladi.

110–120 km balandlikdan pastga atmosferaning zichligi keskin ortishi tufayli SY navbatdagi aylanishini yakunlay olmaydi. Bunda uning trayektoriyasi qo'l soati prujinasining spirali ko'rinishida bo'lib, SY har safar perigeyidan o'tishda tezligi keskin kamayib boradi (*120-rasm*).

Atmosferada yo'ldosh harakatining tormozlanish jarayonini diqqat bilan o'rganish atmosfera yuqori qatlamlarining zichliklarini hisoblashga imkon berib, u qimmatli nazariy va amaliy xulosalarga olib keladi.

Sun'iy yo'ldosh orbitasini ma'lum maqsadni mo'ljallab har qanday o'zgartirish (tezlatish, tormozlash, burish) *orbital manyovrlar* deyiladi. Kosmonavtikada ko'p hollarda yo'ldosh orbitasini ko'p impulsli shunday manyovrlar yordamida o'zgartirishga to'g'ri keladi. Keyingi paragrafda shunday hollardan ayrimlari bilan tanishamiz.



120-rasm. Yer atmosferasida sun'iy yo'ldoshning tushishi: tushish orbitalarining ko'rinishi.

Savol va topshiriqlar:

1. SYning qanday orbita elementlarini bilasiz?
2. To'g'ri va teskari yo'ldoshlar deb qanday SYlarga aytiladi? Qutbiy va ekvatorial yo'ldoshlar deb-chi?
3. Yer atmosferasining SY harakatida qarshiligi qanday topiladi?
4. Geostatsionar yo'ldoshlar deb qanday SYlarga aytiladi?

36-MAVZU. 71-§. Orbital manyovrlar. Sun'iy yo'ldosh orbita tekisligini o'zgartirish

1-metod. Zarur bo'lganda sun'iy yo'ldosh (SY) orbita tekisligini ma'lum burchakka o'zgartirish katta energiya sarfi bilan amalga oshiriladi. Masalan, aylanma orbitada v tezlik bilan harakatlanayotgan SY tezligining qiymatini o'zgartirmagan holda, uning orbitasini α burchakka burish talab etilsin. U holda buning uchun zarur bo'lgan Δv tezlik impulsning kattaligi, *121-rasmdagi* tezliklar (v_0 – dastlabki; $v_{n.t.}$ – orbita tekisligi α burchakka burilgandan keyingi natijaviy; Δv – talab qilinadigan manyovr tezligini xarakterlaydi) vektorlarining qo'shilishidan tashkil topgan teng yonli uchburchagiga ko'ra, ushbu formuladan topiladi:

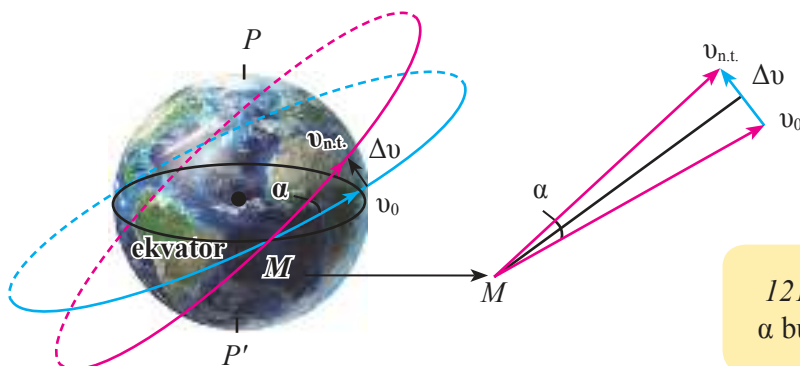
$$\frac{\Delta v}{2} = v_0 \sin \frac{\alpha}{2}, \text{ bunda } \Delta v = 2 v_0 \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (1)$$

Agar yo'ldosh orbitasi tekisligini M nuqtada 90° li burchakka burish talab etilsa, u holda $\Delta v_0 = 2v_0 \sin 45^\circ$ ligidan

$$\Delta v = \sqrt{2 \cdot v_0} \text{ bo'ladi.} \quad (2)$$

Bu ifodadan yo'ldosh orbitasini 90° ga o'zgartirish uchun zarur bo'lgan tezlikning qiymati juda katta – ikkinchi kosmik tezlikka teng bo'lishi ma'lum bo'lib, orbitani bunday o'zgartirish juda katta energiya sarfi bilan kechishi aniq bo'ladi.

2-metod. Shu bois yo'ldosh orbitasi tekisligini katta burchakka burish talab etilganda, uni «cheksizlik orqali burish» deyiluvchi boshqa bir metod orqali amalga oshirilsa, bu jarayon raketa yoqilg'isining katta tejami bilan yuz beradi.



121-rasm. SY orbitasini α burchakka o'zgartirish.

Gap shundaki, yoʻldosh Yer atrofi aylanma orbitasidan parabolik orbitaga yaqin trayektoriyaga chiqarilsa, uning tezligi cheksizlikda nolga yaqin boʻlganidan uning tekisligini cheksizlikda zarur boʻlgan burchakka burish uchun lozim boʻlgan tezlikning miqdori (Δv) ham (1) formulaga koʻra nolga intiladi. U holda yoʻldosh orbitasining tekisligini cheksizlikda α burchakka burish uchun zarur boʻlgan tezliklarning toʻla impulsi $\Delta v'$, tezliklarning quyidagi tashkil etuvchilarining yigʻindisidan iborat boʻladi:

$$\Delta v' = (\sqrt{2}v_0 - v_0) + \Delta v + (\sqrt{2}v_0 - v_0), \quad (3)$$

bu yerda birinchi qavs – yoʻldoshni parabolik orbitaga oʻtkazish uchun zarur tezlik impulsini, ikkinchi had Δv – cheksizlikda tezlikni α burchakka burish uchun zarur boʻlgan tezlik impulsini (u yerda $v_0 \approx 0$ boʻlganidan, Δv ham nolga intiladi) va, nihoyat, uchinchi qavs – yoʻldosh cheksizlikdan qaytib kelgach, uning parabolik tezligini boshlangʻich v_0 tezlikkacha kamaytirish uchun zarur boʻlgan impulsni xarakterlaydi.

Shubhasiz, yoʻldosh orbitasini kichik burchakka burish uchun talab etiladigan tezlikni qiymati (1) ga koʻra, $2v_0 \sin \frac{\alpha}{2}$ ga teng boʻlishini eʼtiborga olsak, u holda yoʻldoshning orbita tekisligini α burchakka burish uchun, qanday kattalikdagi burchakkacha uni oʻz oʻrnida burish, «cheksizlik orqali burish»dan qancha afzalligini aniqlashga imkon beradi. Buning uchun (2) va (3) ifodalarni tenglab, osongina chegaraviy α burchakning qiymatini topish mumkin:

$$(\sqrt{2}v_0 - v_0) + \Delta v + (\sqrt{2}v_0 - v_0) = 2v_0 \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (4)$$

Tenglamadagi Δv cheksizlikda nolga intilganidan

$$2v_0(\sqrt{2} - 1) = 2v_0 \sin \frac{\alpha}{2} \text{ boʻladi,} \quad (5)$$

$$\text{bu yerdan} \quad \alpha = 48^\circ 54' \quad (6)$$

ni tashkil etishi maʼlum boʻladi. Binobarin, bunday holda orbitani α burchakka burish uchun talab etilgan tezliklarning impulslari har ikkala hol uchun teng boʻlib, orbitani bundan katta burchakka burishda uni «cheksizlik orqali burish» har doim tejamli boʻlib, aksincha, uni $48^\circ 54'$ dan kichik burchakka burish talab etilsa, uni shu joyning oʻzida (yaʼni (2) formula yordamida) burish energetik jihatdan tejamli kechishi maʼlum boʻladi.

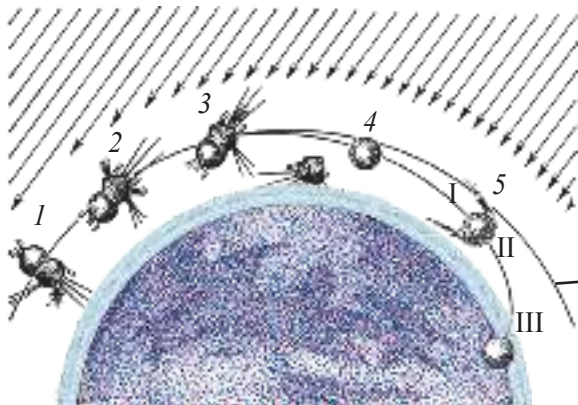
72-§. Sun'iy yo'ldoshni orbitadan tushirish

Orbital manyovrlar ichida eng soddasi kosmik apparatni orbitadan Yerga tushirish hisoblanadi. Odatda, KAni Yerga tushirish trayektoriyasi *uch qismga bo'linadi* (122-rasm, I, II, III).

Bulardan *birinchisi* – *trayektoriyaning pasayish uchastkasida*, yo'ldoshning orbitadan chiqishi juda kichik burchak ostida amalga oshirilib, bu joydan to atmosferaning qalin qatlamiga kiringuncha bo'lgan qismini o'z ichiga oladi. Atmosfera qalin qatlamining yuqori qismi sifatida, shartli ravishda, Yer sirtidan taxminan 100 kilometr uzoqlikdagi sirt olinadi.

Tushish uchastkasining ikkinchisi – Yerning qalin atmosferasidan o'tish qismi shu 100 kilometrli balandlikdan boshlanib, bunda kosmik apparat va uning ekipaji og'irlik kuchidan bir necha marta ortiq zo'riqishni «his» qiladi. Shuningdek, mazkur uchastkada KAning atmosfera bilan ishqalanishi tufayli kema korpusining keskin qizishi ro'y beradi. Bunday hol qo'ndiriluvchi kema korpusi va ekipaj a'zolarining hayoti uchun katta xavf tug'diradi.

Tushishning uchinchi uchastkasida kosmik apparatning trayektoriyasi Yer markazi tomon keskin buriladi va oxir-oqibatda qarshilik kuchi harakat yo'nalishi bo'yicha og'irlik kuchining proyeksiyasiga tenglashib, qo'ndiriluvchi apparatning Yerga tomon erkin tushishini ta'minlaydi. Odatda, tushish qulay va tejamli bo'lishi (eng kam tezlik impulsi talab qilishi) uchun sharoit – KAni orbitadan chiqish nuqtasidan atmosferaning qalin qatlamiga kirishgacha bo'lgan 180° li yoy chegarasida amalga oshiriladi. Bunda KAning atmosferaning qalin qatlamiga



122-rasm. SYni orbitadan tushirish jarayoni: I–3 – tormozlovchi impuls; 4 – aylanma orbitadan chiqish; 5 – aerodinamik tormozlanish va parashut yordamida qo'nish.

kirishi taxminan 5° burchak ostida bo'lishi ta'minlanadi. Orbitadan chiqishda esa kosmik kemaga beriladigan tezlikning transversal tashkil etuvchisidan tashqari, Yer tomon yo'nalgan radial tashkil etuvchiga ega bo'lishiga erishish lozim bo'lib, uning impulsi 150–200 m/s dan kam bo'lmasligi talab etiladi. Atmosferaning qalin qatlamidan o'tishida, aerodinamik tormozlanish tufayli kosmik kemaning tezligi birinchi kosmik tezlikdan to 150–250 m/s gacha pasayib boradi.

Yerga qo'nishning bayon qilingan metodida raketaga atmosferaning qarshilik kuchidan tashqari uning ko'taruvchi kuchi ham ishtirok etib, u yordamida yuklama keskin kamaytiriladi va so'ngra kemani Yerga aerodinamik sifat bilan qo'ndirishga erishiladi. Agar kemani qo'ndirishda aerodinamik kuch faqat qarshilik kuchidagina iborat bo'lsa, bu kemani yerga tushirishning *ballistik metodi* deyiladi. Bunda ekipaj uchun yuklama katta bo'lishi tufayli kema qobig'i keskin qiziydi va ekipaj hayoti uchun halokatli xavf tug'iladi.

Kemani *qo'ndirishda aerodinamik sifat* deb, ko'tarish kuchining qarshilik kuchiga nisbati bilan o'lchanadigan kattalikka aytiladi. Har ikkala kattalik ham havoning zichligi va tezligining kvadratiga bog'liq bo'lib, ushbu formulalar bilan ifodalanadi:

$$F_{\text{qarshi}} = c_x \cdot S \frac{\rho v_{\text{nis}}^2}{2}, \quad F_{\text{ko'tar}} = c_y \cdot S \frac{\rho v_{\text{nis}}^2}{2},$$

bu yerda: c_x va c_y lar, mos ravishda, qarshilik va ko'tarish kuchlarining koef-fitsiyentlarini; S – yo'ldoshning maksimal ko'ndalang kesim yuzasini; v_{nis} – yo'ldoshning tashqi muhitga nisbatan tezligini ifodalaydi. U holda, tushishning aerodinamik sifatini xarakterlovchi koeffitsiyent k ushbu formuladan topiladi:

$$k = F_{\text{ko'tar}} / F_{\text{qarshi}} = c_y / c_x.$$

Agar $c_y = 0$ bo'lsa, kemaning tushishi *aerodinamik sifatsiz* yoxud *ballistik* deyiladi. Aerodinamik tushishda yuklama koeffitsiyenti 3–4 ni tashkil etgani holda, ballistik ko'rinishda yerga tushishda u 8–10 ni tashkil etadi. Xususan, «Soyuz» tipidagi avtomatik stansiyalarni yerga tushirish Yer sirtidan 9,5 kilometr balandlikda ishga tushiriladigan parashut sistemasi yordamida amalga oshirilgan. Kema yer sirtiga 1 m qolganda, uning qo'ndiriluvchi qismining qattiq yoqilg'ili raketa dvigateli avtomatik ravishda ishga tushib, kemani yer bilan atigi 3–4 m/s tezlik bilangina to'qnashishini, ya'ni ohista qo'ndirilishini ta'minlaydi.

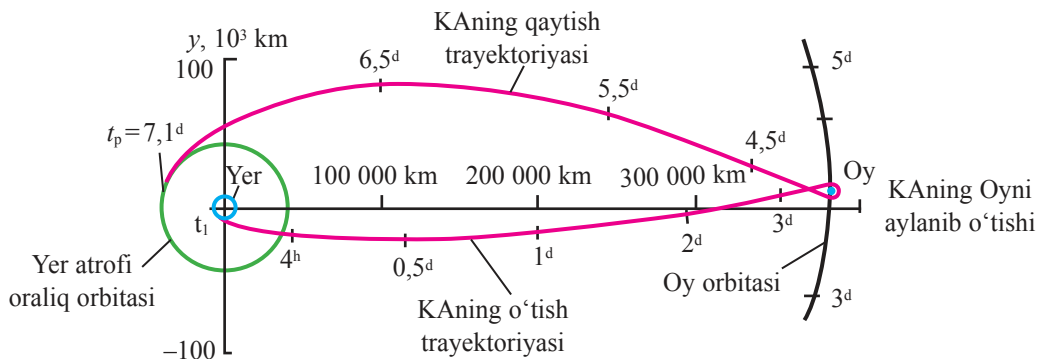
Savol va topshiriqlar:

1. Orbital manyovrlar deganda nimani tushunasiz?
2. SYning orbitasini mahalliy (ya'ni o'z o'rnida) o'zgartirish qanday bajariladi?
3. Yo'ldosh orbitasini cheksizlik orqali o'zgartirish qanday hollarda tejamli bo'ladi?
4. SYni orbitadan tushirishda orbitadan chiqish qanday amalga oshiriladi?
5. Tushishning ikkinchi qismida SY harakatining tezligini kamaytirish qanday yo'l bilan amalga oshiriladi?
6. Tushishning uchinchi qismida yo'ldosh qanday qilib Yerga qo'ndiriladi?

37-MAVZU. 73-§. Kosmik apparatlarni Oyga uchirish

KAlarni Oyga uchirish uchun uni dastlab Yer atrofidagi Oy orbitasi tekisligida yotuvchi (kamida 200 km balandlikdagi) orbitaga chiqarish lozim bo'ladi (*123-rasm*). Eslatilganidek, kosmonavtikada o'tish orbitalari (misolimizda – Yer atrofi orbitasidan Oy orbitasiga o'tish trayektoriyasi) ichida eng kam energiya sarfi bilan uchish yarim elliptik trayektoriya bo'ylab uchirganda kechadi.

Shu xildagi Oyga uchish trayektoriyasining hisob-kitobini qilamiz. Buning uchun dastlab Yer atrofida 200 km balandlikdagi oraliq orbitada harakatlanishi lozim bo'lgan KAning tezligini Yerning gravitatsion parametri $K=4 \cdot 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2$ va mo'ljallangan orbita radiusi $r=R_{\oplus}+200 \text{ km}=(6370+200) \text{ km}=6570 \text{ km}$ ga ko'ra aniqlaymiz. KAning bunday orbitada tezligi ushbu ifodadan topiladi:



123-rasm. KAning Oyga borib qaytishining kunlarda berilishi.

$$v_1 = \sqrt{\frac{K_{\oplus}}{R_{\oplus} + h}} = 7,789 \text{ km/s} \approx 7,79 \text{ km/s}.$$

Oyning orbital tezligi $v_c = 1,018 \text{ km/s}$ bo'lib, Oy orbitasining o'rtacha r radiusi 384400 km deb, o'tish trayektoriyasi hisoblangan yarim elliptik orbitaning katta yarim o'qini hisoblasak, u:

$$a = \frac{r + R_{\oplus} + h}{2} = 195485 \text{ km bo'ladi.}$$

U holda KAga o'tish – gomon trayektoriyasining perigeyidagi berilishi lozim bo'lgan tezlik, energiya integraliga ko'ra qanday kattalikda bo'lishini topamiz:

$$v_p = \sqrt{K_{\oplus} \left(\frac{2}{R_{\oplus} + h} - \frac{1}{a} \right)}; v_p = 10,923 \text{ km/s bo'lishi aniqlanadi.}$$

Agar bevosita Yer sirtidan turib yarim elliptik orbita bilan Oyga borish talab etilsa, buning uchun raketaga $11,09 \text{ km/s}$ boshlang'ich tezlik berish zarur bo'ladi.

Binobarin, Yer atrofi oraliq orbitasidan gomon orbitasiga o'tish uchun KAga $\Delta v = (10,9 - 7,789) \text{ km/s} = 3,134 \text{ km/s}$ qo'shimcha tezlik berish lozimligi ko'rinadi.

Gomon trayektoriyasining apogeyidagi tezlik ushbu formuladan topilsa, u:

$$v_A = \sqrt{K_{\oplus} \left(\frac{2}{r_{\text{apog}}} - \frac{1}{a} \right)}; v_A = 0,187 \text{ km/s tezlikka teng bo'ladi.}$$

Bundan ko'rinadiki, KA Oy orbitasining biror nuqtasiga Oy bilan bir vaqtda yetib borganda, uning Oyga nisbatan tezligi (Oy ta'sir sferasiga kirish tezligi)

$$\Delta v = v_c - v_A = (1,018 - 0,187) \text{ km/s} = 0,831 \text{ km/s ga teng bo'ladi.}$$

Oyning ta'sir sferasiga ($r = 66\,000 \text{ km}$) kirgan SYning bu tezligi (831 m/s),

Oydan bunday masofada $v = \sqrt{\frac{2K_c}{R_c + 66000}}$ formula yordamida topilgan Oyga

nisbatan parabolik (erkinlik) tezligi 383 m/s dan katta bo'lganidan SY Oy ta'sir sferasi ichiga unga nisbatan giperbolik trayektoriya bo'ylab harakatlanishi ma'lum bo'ladi. SY bu sfera ichida Oyga yaqinlasha borib, uning ta'sirida tezligini yana

ham orttirib boradi. Bunday tezlik bilan harakatlanayotgan SY sferaga kirish tezligining yo'nalishiga bog'liq ravishda Oyga borib urilishi (bunda tezlik 2,5 km/s dan kam bo'lmaydi) yoki Oyni aylanib o'tib, unga kirish tezligiga teng tezlik bilan uning ta'sir sferasidan chiqib ketishi mumkin. Agar KAni Oyning yo'ldoshiga aylantirish zaruriyati tug'ilsa, uning tezligini Oyning yaqinida ($h \approx 50$ km) 1,6–1,8 km/s gacha bort dvigatelini ishga tushirib, tormozlash orqali uni aylanma yoki elliptik orbitada ushlab qolish mumkin.

Endi Oyga uchib borish vaqtiga kelsak, u KAning Oy orbitasiga urinib o'tuvchi gomon-elliptik orbitasi bo'ylab to'la aylanish davrining yarmiga teng bo'lishini 123-rasmga qarab tushunish qiyin emas. Bu davr Kepler qonuniga ko'ra

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{K_{\oplus}}} a^{3/2} \text{ yoki}$$

Yerning gravitatsion parametri (67-§) K_{\oplus} va π larning qiymatlari orqali topilsa:

$$T = \frac{a\sqrt{a}}{6028,92} \text{ min} = 9 \text{ sutka } 22 \text{ soat } 56 \text{ min bo'ladi.}$$

U holda t uchish vaqti T davrning yarmiga tengligidan $t = \frac{T}{2} = 4$ sutka-yu 23 soat 28 minutni tashkil etadi.

38-MAVZU. 74-§. Planetalarga uchish trayektoriyalari. Yerning ta'sir sferasi ichidagi harakat

Kosmik apparatlarni planetalarga uchirish trayektoriyalarining hisob-kitobi yetarlicha murakkab bo'lib, agar ular Quyosh atrofida ma'lum bir tekislikda aylanma orbitalar bo'ylab harakatlanadi deb qaralsa, masalaning yechimi ancha yengillashadi. Darvoqe, Quyosh atrofida harakatlanuvchi barcha yirik planetalarning elliptik orbitalari aylanaga juda yaqin. Shuningdek, ularning orbita tekisliklari ham Yer orbita tekisligi (ya'ni ekliptika tekisligi) bilan juda kichik burchak tashkil etadi va shu bois, farazimiz haqiqatga yaqin bo'lib, hisoblashlarda katta xato bo'lmaydi.

Agar planetalarning Quyoshdan o'rtacha uzoqliklari kilometrlarda, ularning tezliklari esa km/s larda ifodalansa, Quyoshning gravitatsion parametri $K_{\odot} = GM_{\odot} = 1,327 \cdot 10^{11} \text{ km}^3/\text{s}^2$ ga, bordi-yu planetalarning Quyoshdan o'rtacha uzoqliklari astronomik birliklarda (a.b.) ifodalansa, u holda Quyoshning gravitatsion parametri $K_{\odot} = 887,153(\text{km}^2 \cdot \text{a.b.})/\text{s}^2$ ga teng bo'ladi.

Planetalar uchishning passiv trayektoriyalari, odatda, *quyidagi uch qismga bo'lib o'rganiladi*: 1) birinchi yuz kilometr balandlik: dvigatellarni o't oldirilgan start nuqtasidan Yerning ta'sir sferasigacha; 2) yerning ta'sir sferasi chegarasidan to mo'ljallangan planeta ta'sir sferasigacha; 3) mo'ljallangan planeta ta'sir sferasi chegarasidagi harakat. Bu degani, eslatilgan uchishning bo'lingan uchta qismidan birinchisida, KA faqat Yerninggina ta'sirida, ikkinchisida Quyoshning tortish kuchi ta'sirida, uchinchisida esa faqat mo'ljallangan planetaning ta'sirida harakatlanadi deb (yoni har bir uchastkada jarayonni 2-jism masalasi sifatida) qarashga imkon beradi. Agar planetaning radius-vektori r va orbitasi katta yarim o'qining qiymatlarini ushbu energiya integrali ifodasiga qo'ysak:

$$V = \sqrt{K_{\odot} \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}, \quad (1)$$

unda geliosentrik orbita bo'ylab harakatlanayotgan KAning yarim elliptik o'tish trayektoriyasining ixtiyoriy nuqtasidagi geliosentrik tezligini u formulaga teng kuchli bo'lgan quyidagi formula bilan hisoblasak, unda ellipsning ixtiyoriy r radius-vektorli nuqtasida KAning geliosentrik tezligi ushbu ifodadan topiladi:

$$V = 29,785 \sqrt{\frac{2}{r} - \frac{1}{a}}, \quad (2)$$

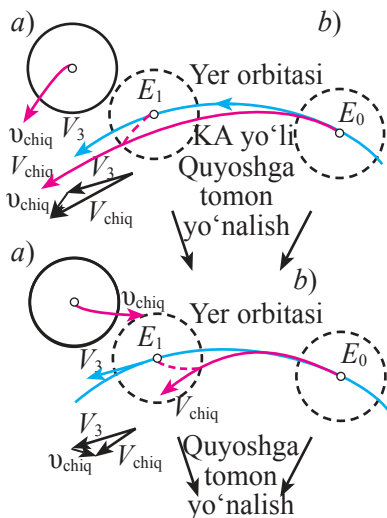
bu yerda r va a lar astronomik birliklarda ifodalangan.

Yerning ta'sir sferasi ichidagi harakat. 124-yuqoridagi a va b rasm chizmalarida Yerning geliosentrik va KAning geliosentrik hamda geosentrik harakat trayektoriyalari tasvirlangan. Shuningdek, bu rasmda KAning geosentrik harakati Yerning ta'sir sferasi (Yer atrofida doiracha bilan tasvirlangan) ichida tasvirlangan. 124-rasm, yuqoridagi a) da KA Yer ta'sir sferasi ichida harakatlanib, uning chegarasiga yetgach, undan chiqish yo'nalishi tasvirlangan. Aynan shu vaqt ichida Yer o'z orbitasining E_0 nuqtasidan chiqib, E_1 nuqtasiga yetib kelgan. KAning Yer ta'sir sferasidan chiqish paytidagi geosentrik tezligi – v_{chiq} , geliosentrik tezligi esa – V_{chiq} bilan belgilangan.

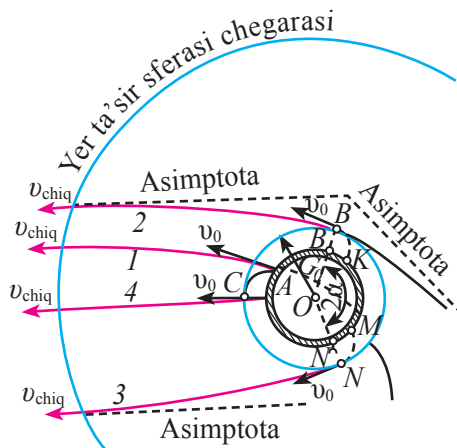
Bu tezliklarning Yerning orbital (geliosentrik) tezligi bilan bog'liqligi

$$\vec{V}_{\text{chiq}} = \vec{V}_{\oplus} + \vec{v}_{\text{chiq}} \quad (3)$$

chizmadagi tezliklar uchburchagidan ko'rinib turibdi. Bunda KA Yer ta'sir sferasining old tomonidan chiqib Yerdan ilgari ketadi (*124-yuqoridagi a rasm*).



124-rasm. KAning Yer ta'sir sferasidagi harakati: a va b (yuqorida) – tashqi planetalarga uchish; a va b (pastda) – ichki planetalarga uchish sxemalari; a) geosentrik; b) geliosentrik trayektoriyalar.



125-rasm. Planetalarga uchishda Yer ta'sir sferasi chegarasida KA uchun mumkin bo'lgan chiqish trayektoriyalari (bu yerda 1, 2, 3 lar – giperbolik, 4 esa to'g'ri chiziqli trayektoriya).

124-rasmning pastidagi b chizmada esa KA Yerdan ko'tarilib, uning ta'sir sferasiga yetganda, Yer o'z orbitasining E_0 nuqtasidan E_1 nuqtaga kelib, ta'sir sferasining orqa tomonidan chiqadi va Yerdan orqada qoladi. Tepadagi chizmada KA tashqi planetani mo'ljallab yo'lga chiqqani holda, pastdagi chizmada u ichki planetalardan birini (Merkuriy, Venera) mo'ljallab yo'lga chiqqan bo'ladi. Bu hollarda ham KA erishgan tezliklar, tezliklar uchburchagidan ko'rinib turibdi:

$$\vec{V}_{\text{chiq}} = \vec{V}_{\oplus} - \vec{v}_{\text{chiq}} \quad (4)$$

Kosmik apparat Yerdan uzoqlashgani sayin uning tezligi kamaya borib, Yer ta'sir sferasining chegarasiga yetganda, boshlang'ich tezlikka (v_0) nisbatan uning tezligi v_{chiq} quyidagicha topiladi (energiya integrali formulasidan):

$$v_{\text{chiq}}^2 = v_0^2 - \frac{2K_{\oplus}}{r_0} \left(1 - \frac{r_0}{r_{\text{Yts}}} \right) \quad (5)$$

$$\text{yoki} \quad v_{\text{chiq}}^2 = v_0^2 - v_{\text{par}}^2 \left(1 - \frac{r_0}{r_{Yts}} \right), \quad (5')$$

bu yerda: $r_0 = R_{\otimes}$ Yerning radiusi; r_{Yts} – Yer ta'sir sferasining radiusi.

$r_{Yts} \gg R_{\otimes}$ bo'lganidan yuqoridagi ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$v_{\text{chiq}}^2 = v_0^2 - v_{\text{par}}^2 \quad \text{yoki} \quad v_{\text{chiq}}^2 = v_0^2 - \frac{2K_{\otimes}}{R_{\otimes}}. \quad (6)$$

Bu formuladan Yer ta'sir sferasi ichida $v_0 > v_{\text{par}}$ ligidan (chunki $v_0 > v_{\text{par}}$ bo'lmasa, raketa Yerni tashlab keta olmaydi) ta'sir sferasining ichida KAning trayektoriyasini giperbolik deb olamiz. Bunda ma'lum bir planetaga yo'l olgan KA uchun u ta'sir sferasining qaysi nuqtasidan chiqib ketishi uncha muhim bo'lmay, qanday yo'nalishda va tezlik bilan chiqib ketishi muhim bo'ladi.

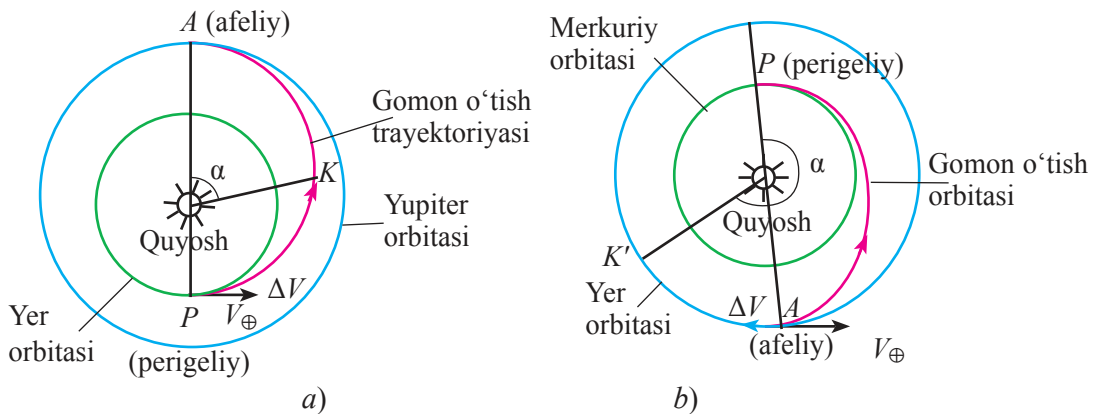
Planetalar uchishda bunday ma'lum yo'nalishdagi va aniq tezlikdagi giperbolik trayektoriyalar cheksiz ko'p bo'lishi keltirilgan chizmadan oson ayon bo'ladi (*125-rasm*). Bulardan tashqari, chizmadan planetalar uchishda bitta to'g'ri chiziqli trayektoriya ham mavjudligi ko'rsatilgan, qolganlari Yerga nisbatan giperbolik trayektoriyalardir.

Savol va topshiriqlar:

1. Planetalar uchishda passiv trayektoriya qanday qismlarga bo'linib o'rganiladi?
2. Yer ta'sir sferasida KAning harakat trayektoriyalari geliosentrik va geosentrik bo'lib, ko'rinishlari bilan qanday farqlanishini chizmada tasvirlang.
3. Yer ta'sir sferasi ichida planetalararo kosmik apparatning tezligi 2-kosmik tezlikka nisbatan kattami yoki kichik?
4. Tashqi planetalar uchishda eng tejamli geliosentrik trayektoriyaning ko'rinishi qanday tanish egri chiziq bo'ylab kechadi?

39-MAVZU. 75-§. Gomon orbitalari bo'ylab uchishlar

Planetalar orbitalarini aylana, ularning orbita tekisliklarini esa ekliptika tekisligi bilan ustma-ust tushadi deb faraz qilaylik. Planetalararo avtomatik stansiyaning Yerdan mo'ljallangan planetaga eltuvchi trayektoriya *o'tish orbitasi* deyiladi. Bu orbitalar gomon yoxud yarim elliptik orbitalar bo'lib, tashqi



126-rasm. a) tashqi planetalarga gomon orbitasi bo'yicha uchish;
b) ichki planetalarga gomon orbitasi bo'yicha uchish.

planetalarga KAni uchirishda, uning boshlang'ich tezligining aniq qiymatlarida, o'tish yarim elliptik orbitasining afeliyi tashqi planeta orbitasiga (126-a rasm), ichki planetalarga uchishda esa, o'tish yarim elliptik orbitasining perigeliyi ichki planeta orbitasiga urinib o'tishi (126-b rasm) bu uchishlarda energetik jihatdan eng qulay orbitalar hisoblanadi.

Agar tashqi planetalarga uchishda Yer orbitasining P nuqtasida berilgan qo'shimcha tezlikning impulsi Yerning harakat yo'nalishi bilan bir xil yo'nalishda bo'lib, unda KAning chiqish geliosentrik tezligi – $V_{\text{chiq}} > V_{\oplus}$ bo'lsa, u tashqi planetalardan birini nishonga oladi. Bordi-yu Yer orbitasining P nuqtasida berilgan qo'shimcha tezlik impulsi Yerning tezligiga qarama-qarshi yo'nalgan bo'lsa, unda KA ichki planetalardan birini nishonga olib, uning geliosentrik tezligi Yernikidan kichik bo'ladi. KAning Yer ta'sir sferasidan chiqish paytidagi, ma'lum tashqi planetaga uchish uchun zarur bo'lgan v_0 tezligining Yer sirtidan boshlang'ich v_0 tezlik bilan bog'lanishi $R_{\oplus} \ll r_{t.s.}$ bo'lganidan v_0 ning ushbu

$$v_0^2 = \sqrt{v_{\text{chiq}}^2 + v_{\text{erk}}^2} \quad (1)$$

ifodadan topiladigan qiymati KAga Yer va mo'ljallangan planeta orbitalariga urinib o'tadigan geliosentrik o'tish orbita bo'ylab harakatini ta'minlaydi.

Bunday orbita *gomon orbitasi* yoki *yarim elliptik orbita* deyiladi. Chizmadan ko‘rinishicha, gomon orbitalari bo‘ylab Yer ta’sir sferasidan chiqish geosentrik va geliosentrik tezliklari v_{chiq} va V_{chiq} bir xil yo‘nalishga ega bo‘lib, ular o‘zaro quyidagi munosabatlarda bo‘ladi:

$$\text{tashqi planetalar uchun} \quad v_{\text{chiq}} = V_{\text{chiq}} - V_{\oplus}; \quad (2)$$

$$\text{ichki planetalar uchun} \quad v_{\text{chiq}} = V_{\oplus} - V_{\text{chiq}} \quad (3)$$

yoki umumiy holda vektor ko‘rinishida

$$\vec{v}_{\text{chiq}} = \vec{V}_{\text{chiq}} - \vec{V}_{\oplus} \quad (4)$$

bo‘ladi, bu tenglamadagi V_{chiq} tezlikning qiymatini energiya integraliga ko‘ra:

$$V_{\text{chiq}} = \sqrt{K_{\odot} \left(\frac{2}{R_{\oplus \text{orb}}} - \frac{1}{a} \right)} \quad (5)$$

ifoda orqali hisoblash mumkin bo‘lib, bu yerda: K_{\odot} – Quyoshning gravitatsion parametrini; a esa gomon orbitasining (yarim elliptik orbitaning) katta yarim o‘qini ifodalab, ushbu

$$a = \frac{R_{\oplus \text{orb}} + R_{\text{pl.orb}}}{2} \quad (6)$$

formuladan topiladi.

a ning qiymatini (5) ga qo‘yib, V_{chiq} ga nisbatan ushbu tenglikka erishamiz:

$$V_{\text{chiq}} = \sqrt{\frac{2K_{\odot}}{R_{\oplus \text{orb}}}} \cdot \sqrt{\frac{R_{\text{pl.orb}}}{R_{\oplus \text{orb}}(R_{\oplus \text{orb}} + R_{\text{pl.orb}})}}, \quad (7)$$

bu yerda

$$\sqrt{2K_{\odot} / R_{\oplus \text{orb}}} = \sqrt{2}V_{\oplus} = 42,122 \text{ km/s ga tengligidan} \quad (8)$$

planetalar orbitalarining radiuslarini astronomik birliklarda ifodalasak, V_{chiq} :

$$V_{\text{chiq}} = 42,122 \sqrt{\frac{R_{\text{pl.orb}}}{1 + R_{\text{pl.orb}}}} \quad (9)$$

bo‘ladi. Gomon orbitasi bo‘yicha uchish vaqtini hisoblamoqchi bo‘lsak, yarim elliptik orbitani ellipsga to‘ldirganda, KAning bu ellips bo‘ylab aylanish davrining yarmiga teng bo‘lishini tushunish qiyin emas. Binobarin:

$$t_{\text{gom}} = \frac{T}{2} = \frac{\pi}{\sqrt{K_{\odot}}} \sqrt{\left(\frac{R_{\oplus \text{orb}} + R_{\text{pl. orb}}}{2} \right)^3} \text{ ga teng bo'ladi.} \quad (10)$$

Masofani a. b.larda, vaqtni yulduz yilida ifodalasak, u holda Yerning Quyosh atrofida bir to'la aylanish davri uchun

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{K_{\odot}}} \sqrt{a^3} \quad (11)$$

ifodadan foydalanib,

$$1 = \frac{2\pi}{\sqrt{K_{\odot}}} \cdot \sqrt{1^3} \text{ yoki } \sqrt{K_{\odot}} = 2\pi \quad (12)$$

ekanligini aniqlaymiz. Shunga ko'ra gomon orbitasi bo'yicha ma'lum planetaga uchish vaqti ushbu

$$t_{\text{gom}} = \frac{\sqrt{2}}{8} \sqrt{(1 + R_{\text{pl. orb}})^3} = 0,177 \sqrt{(1 + R_{\text{pl. orb}})^3} \quad (13)$$

ifodadan aniqlanib, u yulduz yilida chiqadi. Bunda $R_{\text{pl. orb}}$ ni a.b. da ifodalab, yulduz yilini Quyosh sutkalarida ifodalasak ($1 \text{ y.y.} = 365,256236$ o'rtacha Quyosh sutkasi), uchish vaqti:

$$t_{\text{gom}} = 64,569 \sqrt{(1 + R_{\text{pl. orb}})^3} \text{ sutkaga teng bo'ladi.} \quad (14)$$

Gomon orbitalari uchun P dan A nuqttagacha burchak uzoqligi 180° ga tengligidan raketaning starti paytida Quyoshdan Yer va mo'ljallangan planetaga tortilgan chiziqlar orasidagi burchak *konfiguratsiya burchagi* ψ deyilib, u:

$$\psi = 180^\circ - \alpha \text{ dan topiladi.} \quad (15)$$

Bu yerda α – mo'ljallangan planetaning KA bilan o'z orbitasining A nuqtasida uchrashguncha o'tishi zarur bo'lgan yoyi bo'lib, uni ω_{pl} – sutkalik burchak tezlik bilan uchayotgan tashqi planeta t_{gom} vaqtda o'tadi, ya'ni $\alpha = \omega \cdot t_{\text{gom}}$. Bunga ko'ra topilgan tashqi planeta yoyi *126-a rasmdagi* \widehat{KA} yoyga teng bo'ladi. Ichki planetaga uchishda start paytida u o'z orbitasining K' nuqtasida bo'lib, α burchak 180° dan katta bo'lganidan ψ manfiy bo'ladi. Bunda ψ burchak ichki planetaning boshlang'ich konfiguratsiyadagi holatidan (ya'ni start paytidan) t_0 u Yerni «quvib» kelib, Yer-Quyosh chizig'ida (ya'ni quyi qo'shilishda) bo'lish momentiga

qadar yoki Yer tashqi planetani «quvib», Quyosh-planeta chizig'ida bo'lish (ya'ni qarama-qarshi turish) momentiga qadar ketgan τ vaqt quyidagi ifodadan topiladi:

$$\tau = \frac{\Psi}{\omega_{\oplus} - \omega_{pl}}, \quad (16)$$

bu yerda ω_{\oplus} va ω_{pl} lar – Yer va planetaning sutkalik burchak tezliklari. Ixtiyoriy planeta uchun boshlang'ich konfiguratsiya momentining qaytarilish davri planetaning sinodik davrida teng bo'lib, u ushbu ifodadan topiladi:

$$P_{sin} = P_{pl} \cdot P_{\oplus} / |P_{pl} - P_{\oplus}| \quad (17)$$

40-MAVZU. 76-§. Kosmik apparatning mo'ljallangan planeta ta'sir sferasidagi harakati

Mo'ljallangan planetaga borib, uning ta'sir sferasi ichida KA o'tayotgan trayektoriyasining hisob-kitobini qilish uchun dastlab gomon trayektoriyasi bo'ylab harakatlanayotgan KAning mo'ljallangan planeta ta'sir sferasiga kirish geliosentrik tezligini (V_{kir}) topish zarur bo'ladi. Buning uchun planetaning ta'sir sferasiga kirish geliosentrik tezligi sifatida KAning mo'ljallangan planetaga yaqinlashish tezligi olinadi. Tashqi planetalarga (Mars, Yupiter, Saturn va boshqalar) KAning yaqinlashish tezligi, bu planetalarning orbital tezliklaridan kichik bo'lgani holda, ichki planetalarga (Merkuriy, Venera) KAning yaqinlashish tezligi ularning tezligidan katta bo'ladi. Shuning uchun ham KA tashqi planetalarning ta'sir sferasiga old tomondan, ichki planetalar ta'sir sferasiga esa orqa tomondan kirib boradi. Planetalar ta'sir sferasi o'tish orbitalarining o'lchamlariga nisbatan juda kichikligi tufayli, KAlarning planetaning ta'sir sferasiga kirish tezliklari (V_{kir}), planetaning orbital tezligi yo'nalishi bilan deyarli bir to'g'ri chiziqda yotadi deb qarash mumkin. U holda planetosentrik kirish tezligi v_{kir} , geliosentrik kirish tezligi V_{kir} va mo'ljallangan planetaning orbital tezligi V_{pl} orasida quyidagicha bog'lanish bo'lishini tushunish qiyin emas. Bunda tashqi planetalar uchun

$$v_{kir} = V_{pl} - V_{kir}, \quad (1)$$

ichki planetalar uchun esa (bunda v_{kir} , V_{kir} va V_{pl} tezliklar o'zaro parallel)

$$v_{kir} = V_{kir} - V_{pl} \quad (2)$$

bo‘ladi. Umumiy holda bu kattaliklar uchun quyidagi vektorial bog‘lanish o‘rinli bo‘ladi:

$$\vec{v}_{\text{kir}} = \vec{V}_{\text{kir}} - \vec{V}_{\text{pl}}. \quad (3)$$

Planetosentrik kirish tezligi v_{kir} bu planeta uchun parabolik tezlikdan katta bo‘lib, shunga ko‘ra u planeta tomon tushayotib, yo‘lida uni uchratmasa, ma’lum vaqtdan so‘ng uning bu sferasidan ta’sir sferasiga kirish tezligi kattaligiga teng tezlik bilan chiqib ketadi. KAning planeta ta’sir chegarasiga kirish tezligi vektori davomi va planeta markazidan bu vektorga parallel o‘tkazilgan to‘g‘ri chiziq orasidagi masofa kosmonavtikada d_{nish} *nishoniy masofa* deyilib, uning kattaligi quyidagi formuladan topiladigan r_{ef} – effektiv radiusdan katta yoki kichikligiga ko‘ra, KAning ta’sir sferasi ichida planetaga nisbatan trayektoriyasi nisbiy masofasi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$r_{\text{ef}}^2 = R_{\text{pl}} \left(\frac{2K_{\text{pl}}}{v_{\text{kir}}^2} + R_{\text{pl}} \right) \quad (4)$$

topiladigan effektiv radiusdan kichik bo‘lsa, KA albatta borib planeta sirtiga uriladi. Bordi-yu r_{ef} dan katta bo‘lsa, uning tezligini tormozlash yo‘li bilan KA planeta sirti yaqinidan o‘tayotgan joygacha tormozlab borib, bu joyning planeta sirtidan h balandligiga to‘g‘ri keladigan va ushbu ifodadan

$$v = K_{\text{pl}} / R_{\text{pl}} + h \quad (5)$$

topiladigan tezlikkacha kamaytirilsa, KA mo‘ljallangan bu planetaning sun’iy yo‘ldoshiga aylanadi va zarur bo‘lganda planeta sirtiga qo‘ndiriladi.

Savol va topshiriqlar:

1. Yerdan tashqi planetaga uchayotgan KAning ta’sir sferasida erishgan chiqish tezligi Yerdan ko‘tarilayotgandagi boshlang‘ich tezligiga nisbatan qanday topiladi?
2. Yer ta’sir sferasidan chiqayotgan KAning geliosentrik va KAning mo‘ljallangan planeta ta’sir sferasiga geliosentrik kirish tezliklarining kattaliklari qanday topiladi?
3. Yerdan planetalar tomon uchayotgan KAning boshlang‘ich tezligi uning Yerga nisbatan ikkinchi kosmik tezligidan katta bo‘ladimi yoki kichikmi?

Astronomik doimiylar

Yerning ekvatorial radiusi	6378,16 km
Yerning qutbiy radiusi	6356,78 km
Yer hajmiga teng shar radiusi	6371,03 km
Yulduz sutkasining uzunligi	$23^{\text{h}}56^{\text{m}}4^{\text{s}},091$ oʻrtacha Quyosh vaqti
Oʻrtacha quyosh sutkasining uzunligi	$24^{\text{h}}03^{\text{m}}56^{\text{s}},555$ yulduz vaqti
Yilning uzunligi (oʻrtacha vaqt bilan):	Tropik yil $365^{\text{d}},2422 = 365^{\text{d}}5^{\text{h}}48^{\text{m}}46^{\text{s}}$
	Yulduz yili $365^{\text{d}},2564 = 365^{\text{d}}6^{\text{h}}9^{\text{m}}10^{\text{s}}$
Oyning uzunligi (oʻrtacha vaqt bilan):	Sinodik oy $29^{\text{d}},5306 = 29^{\text{d}}12^{\text{h}}44^{\text{m}}3^{\text{s}}$
	Yulduz oyi $27^{\text{d}},3217 = 27^{\text{d}}7^{\text{h}}43^{\text{m}}12^{\text{s}}$
	Ajdaho oyi $7^{\text{d}},2122 = 27^{\text{d}}5^{\text{h}}5^{\text{m}}36^{\text{s}}$

Quyosh haqida maʼlumotlar

Quyosh parallaksi	$8,794''$
Yerdan Quyoshgacha boʻlgan oʻrtacha masofa	149 600 000 km
Diametri	$D_{\odot} = 109,12 D_{\oplus} = 1391016$ km
Yuzi	$S_{\odot} = 11930 S_{\oplus} = 608,7 \cdot 10^{10}$ km ²
Hajmi	$V_{\odot} = 1303800 V_{\oplus} = 1,412 \cdot 10^{33}$ cm ³ = $1,4 \cdot 10^{18}$ km ³
Massasi	$M_{\odot} = 332958 M_{\oplus} = 1,99 \cdot 10^{30}$ kg
Oʻrtacha zichligi	$\rho_{\odot} = 0,255$ $\rho_{\oplus} = 1,410$ g/cm ³
Quyosh sirtida erkin tushish tezlanishi	$G_{\odot} = 2,738 \cdot 10^4$ cm/s ²
Quyosh sirtida parabolik (kritik) tezlik	$v_{\text{par}} = 617,7$ km/s
Quyosh ekvatoridagi nuqtaning sinodik aylanish tezligi	$T_{\text{sin}} = 27^{\text{d}},275$
Quyosh ekvatorining ekliptikaga ogʻmaligi	$7^{\circ} 15' 00''$
Quyosh doimiysining oʻrtacha qiymati	$W = 1,388 \cdot 10^6$ erg/s cm ²
Vaqt birligi ichida ajraladigan umumiy nurlanish energiyasi	$3,88 \cdot 10^{33}$ erg/s
Quyosh harakatining apeksi	$\alpha = 18^{\text{h}}00^{\text{m}}, \delta = +30^{\circ}$

Galaktika markazi atrofida Quyoshning tezligi	240 km/s
Galaktika markazi atrofida Quyoshning aylanish davri	$T=200$ mln. yil
Quyoshning eng katta ko‘rinma burchak diametri	$32'35'',78$
Quyoshning eng kichik ko‘rinma burchak diametri	$31'31'',34$

Yer haqida ma'lumotlar

Massasi	$6 \cdot 10^{24}$
Ekvatorial radiusi	6378,160 km
Yer aylanishining burchak tezligi	$15'',041 \text{ s}^{-1}$
Ekvatoridagi nuqtaning chiziqli tezligi	465,119 m/s
φ geografik kenglamaga ega bo‘lgan Yer sirtidagi nuqtaning chiziqli tezligi	$465,119 \cos \varphi \text{ m/s}$
Orbitadagi eng katta tezligi (perigeliyda)	30,27 km/s
Orbitadagi minimal tezligi (afeliyda)	29,27 km/s
Quyoshga tomon Yerning tezlanishi	$0,59 \text{ cm/s}^2$
Yerda erkin tushish tezlanishi	$980,665 \text{ cm/s}^2$
Yer o‘qining ekliptika o‘qi atrofida aylanish (pretsessiya hodisasi tufayli) davri	25725 yil
Shimoliy geomagnit qutbining koordinatalari	$\varphi = 78^\circ,6; \lambda = 70^\circ,1$
Geomagnit qutblarda kuchlanganligining kattaligi	0,63E

Oy haqida ma'lumotlar

Oyning o‘rtacha sutkalik gorizonttal parallaksi	$57'2'',61$
Yerdan o‘rtacha uzoqligi	384467 km
Ko‘rinma eng katta burchak diametri	$33'32''$
Ko‘rinma eng kichik burchak diametri	$29'20''$
Diametri	$3476 \text{ km} = 0,27234 d_{\oplus}$
Hajmi	$2195,3 \cdot 10^7 \text{ km}^3 = 0,020266 V_{\oplus}$
Yuzi	$3,791 \cdot 10^7 \text{ km}^2 = 0,0743 S_{\oplus}$
Massasi	$7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg} = 0,012300 m_{\oplus}$
O‘rtacha zichligi	$3,350 \text{ g/cm}^3 = 0,607 \rho_{\oplus}$

Oy sirtida erkin tushish tezlanishi	1,623 m/s ²
Kritik tezlik (2-kosmik tezlik)	2,38 km/s
Oy orbitasi tekisligining ekliptikaga og'maligi (og'ish burchagi 6°31' dan 6°51' ga qadar o'zgaradi)	6°40',7
Yerdan qaraganda Oy yuzasining ko'rinmaydigan qismi	0,410
O'rtacha ko'rinma burchak tezligi	12°,15
Orbita bo'ylab o'rtacha tezligi	1,023 km/s
Yer ta'sirida olgan tezlanishi	0,272 cm/s ²
Oyning aylanish davriga teng siderik davri	27,32 sutka
Sinodik davri (Quyoshga nisbatan to'la aylanish davri)	29,53 sutka
Oyda tush paytida temperatura	+120 °C
Oyda yarim kechada temperatura	-150 °C

Planetalar o'ld ma'lumotlar

Planetalar	Ekvatorial radiusi (km)	Quyoshdan o'rtacha uzoqligi (mln. km)	Massasi		O'z o'qi atrofida aylanish davri	Planeta sirtidagi kritik tezlik (km/s)	Quyosh atrofida aylanish davri	Orbital tezligi (km/s)
			m_{\oplus}	10 ²⁴ kg				
Merkuriy	2439	57,91	0,055	0,330	58d,65	4,3	87 ^d ,97	48,0
Venera	6052	108,81	0,816	4,872	243d,16	10,4	224 ^d ,7	35,0
Yer	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
Yupiter	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 42 ^m	21,3	30685 ^d	6,8
Neptun	24764	4554,4	17,25	103	15 ^h 57 ^m	23,5	60188 ^d	5,5

MUNDARIJA

KIRISH	3
1-MAVZU. 1-§. Astronomiya nimani o'rganadi? Uning rivojlanish tarixi va boshqa fanlar bilan aloqasi	3

I QISM

I BOB. AMALIY ASTRONOMIYA ASOSLARI

2-MAVZU. 2-§. Yoritgichlarning sutkalik ko'rinma harakatlari. Yulduz turkumlari	6
3-§. Yerning o'z o'qi atrofida aylanishiga dalillar*. Fuko mayatnigi.	7
4-§. Osmon sferasi, uning asosiy nuqta, aylana va chiziqlari	8
5-§. Quyoshning yillik ko'rinma harakati. Ekliptika	10
3-MAVZU. 6-§. Osmon koordinatalari	11
7-§. Yulduzlarning xaritalari	13
8-§. Yulduzlarning ko'rinma yulduz kattaliklari *	14
4-MAVZU. 9-§. Olam qutbining balandligi va joyning geografik kenglamasi orasidagi bog'lanish	15
10-§. Turli geografik kenglamalarda osmon sferasining sutkalik ko'rinma aylanishlari	16
11-§. Yoritgichlarning kulminatsiyasi va kulminatsiya balandliklari	19
12-§. Astronomik kuzatishlar asosida joyning geografik kenglamasini taxminiy aniqlash **	20
5-MAVZU. 13-§. Vaqtni o'lchash asoslari *	21
14-§. Kalendarlar	23
6-MAVZU. 15-§. Oyning harakati, fazalari va davrlari	25
16-§. Musulmonlarning oy va quyosh hijriy kalendarlari *	27
17-§. Quyosh va Oy tutilishlari	29

II BOB. QUYOSH SISTEMASINING TUZILISHI VA OSMON JISMLARINING HARA KATI

7-MAVZU. 18-§. Quyosh sistemasining tuzilishi	31
19-§. Quyosh sistemasining masshtabi va a'zolari	34
20-§. Planetalarning konfiguratsiyalari va ko'rinish shartlari *	35
21-§. Planetalarning Quyosh atrofida aylanish davrlari *	37
8-MAVZU. 22-§. Sutkalik va sutkalik-gorizontal parallaks. Quyosh sistemasi jismlarigacha bo'lgan masofalarni aniqlash	38

23-§. Quyosh sistemasi jismlarining radiuslarini aniqlash **	39
9-MAVZU. 24-§. Astronomiyada uzunlik o'lchov birliklari	41
25-§. Kepler qonunlari	41
26-§. Osmon jismlarining massalarini hisoblash *	43
10-MAVZU. 27-§. Ikki jism masalasi. Kosmik tezliklar	45

III BOB. ASTROFIZIKA VA UNING TADQIQOT METODLARI

11-MAVZU. 28-§. Osmonni elektromagnit to'liqlik nurlarda o'rganish – keng to'liqlik astronomiyaning asosi	47
29-§. Optik teleskoplar	48
30-§. Teleskoplarining asosiy xarakteristik kattaliklari **	51
31-§. Radioteleskoplar haqida tushuncha	53
32-§. Ulug'bek rasadxonasining «bosh teleskopi»	55
12-MAVZU. 33-§. Nurlanish qonunlari va osmon jismlarining fizik tabiatlarini spektral metodlar yordamida o'rganish	56

IV BOB. QUYOSH SISTEMASI JISMLARINING FIZIK TABIATI

13-MAVZU. 34-§. Quyosh eng yaqin yulduz. Quyosh haqida umumiy ma'lumot	59
35-§. Quyosh fotosferasi va uning tuzilmalari. Quyosh dog'lari	61
14-MAVZU. 36-§. Quyosh xromosferasi va toji	64
37-§. Quyosh energiyasining manbai *	66
38-§. Quyosh aktivligi va uning Yerga ta'siri *	68
15-MAVZU. 39-§. Yer rumidagi planetalar. Merkurij va Venera	71
40-§. Yer va uning tabiiy yo'ldoshi Oy. Mars	73
16-MAVZU. 41-§. Gigant planetalar, ularning yo'ldoshlari va halqalari	81
17-MAVZU. 42-§. Asteroidlar va mitti planetalar	89
18-MAVZU. 43-§. Kometalar («dumli yulduzlar»)	92
44-§. Meteorlar («uchar yulduzlar») va meteoritlar	95
19-MAVZU. 45-§. Quyosh sistemasining kelib chiqishi haqida hozirgi zamon qarashlari	99

V BOB. YULDUZLAR

20-MAVZU. 46-§. Yillik parallaks, yulduzlarning masofalarini aniqlash	102
47-§. Yulduzlarning o'lchamlari va fizik parametrlarini aniqlash*	103
48-§. Yulduzlarning rangi va temperaturasi	105
21-MAVZU. 49-§. Yulduzning absolut kattaligi va uning yorqinligi bilan bog'liqligi *	106
50-§. Yulduzlarning spektri va spektral sinflari	108

51-§. Spektr-yorqinlik diagrammasi	109
22-MAVZU. 52-§. Fizik qo'shaloq yulduzlar va ularning turlari	111
53-§. Yulduzlarning massalarini hisoblash **	113
23-MAVZU. 54-§. Fizik o'zgaruvchan yulduzlar: sefeidlar, yangi va o'tayangi yulduzlar	115
24-MAVZU. 55-§. Yulduzlar evolutsiyasi. Neytron yulduzlar va «qora o'ralar» *	118

VI BOB. KOINOTNING TUZILISHI VA EVOLUTSIYASI

25-MAVZU. 56-§. Galaktikamizning tuzilishi, tarkibi va aylanishi	121
57-§. Yulduzlarning sharsimon va sochma to'dalari **	122
26-MAVZU. 58-§. Diffuz va chang tumanliklar	124
27-MAVZU. 59-§. Tashqi galaktikalar. Galaktikalarning sinflari va spektrlari	126
60-§. Radiogalaktikalar va kvazarlar *	129
28-MAVZU. 61-§. Koinotning kengayishi. Xabbl qonuni *	130
29-MAVZU. 62-§. Galaktikalarning Koinotda taqsimlanishi **	132

II QISM

KOSMONAVTIKA ELEMENTLARI **

30-MAVZU. 63-§. Kosmonavtika predmeti va uning boshqa fanlar bilan aloqasi	134
31-MAVZU. 64-§. Raketa harakati qonunlari. Raketaning tortish kuchi	138
32-MAVZU. 65-§. Raketaning strukturasi va konstruktiv xarakteristikasi	141
66-§. Uchish paytida kosmik apparatga ta'sir etuvchi kuchlar	142
33-MAVZU. 67-§. Tortishishning markaziy maydonida harakatlanayotgan jismning orbitalari	144
34-MAVZU. 68-§. Ta'sir sferasi va kosmik apparat trayektoriyalarini taxminiy hisoblash	148
35-MAVZU. 69-§. Yer sun'iy yo'ldoshlarining orbita elementlari	151
70-§. Yer atmosferasida yo'ldosh orbitasining evolutsiyasi	152
36-MAVZU. 71-§. Orbital manyovrlar. Sun'iy yo'ldosh orbita tekisligini o'zgartirish..	154
72-§. Sun'iy yo'ldoshni orbitadan tushirish	156
37-MAVZU. 73-§. Kosmik apparatlarni Oyga uchirish	158
38-MAVZU. 74-§. Planetalarga uchish trayektoriyalari. Yerning ta'sir sferasi ichidagi harakat.....	160
39-MAVZU. 75-§. Gomon orbitalari bo'ylab uchishlar.....	163
40-MAVZU. 76-§. Kosmik apparatning mo'ljallangan planeta ta'sir sferasidagi harakati	167
Ilovalar	169

O'quv nashri

Mamadazimov Mamadmusa

ASTRONOMIYA

*O'rta ta'lim muassasalarining 11-sinfi va o'rta maxsus,
kasb-hunar ta'limi muassasalarining o'quvchilari uchun darslik
1-nashri*

«DAVR NASHRIYOTI» MCHJ

100011, Toshkent shahri, A. Navoiy ko'chasi, 30-uy

Mas'ul muharrir	<i>R. Zaparov</i>
Muharrir	<i>T. Mirzayev</i>
Rassom-dizayner	<i>Y. Belyatskaya</i>
Musahhih	<i>S. Niyazova</i>
Sahifalovchi	<i>Y. Belyatskaya</i>
Matn teruvchi	<i>S. Niyazova</i>

Litsenziya raqami AI № 308

Bosishga ruxsat etildi 18.06.2018. Qog'oz bichimi 70×90¹/₁₆.
Ofset bosma usuli. «Times New Roman» garniturası. Shartli b.t. 12,87. Nashr t.13,2.
432771 nusxada chop etildi. Buyurtma № 18-269.

O'zbekiston Matbuot va axborot agentligining
«O'zbekiston» nashriyot-matbaa ijodiy uyi bosmaxonasida chop etildi.
100011, Toshkent, A. Navoiy ko'chasi, 30

@ELEKTRON_DARSLIKBOT dan yuklab olindi.

Ijaraga berilgan darslik holatini ko'rsatuvchi jadval

№	O'quvchining ismi va familiyasi	O'quv yili	Darslikning olingandagi holati	Sinf rahbari- ning imzosi	Darslikning topshiril- gandagi holati	Sinf rahbari- ning imzosi
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

**Darslik ijaraga berilib, o'quv yili yakunida qaytarib
olinganda yuqoridagi jadval sinf rahbari tomonidan quyidagi
baholash mezonlariga asosan to'ldiriladi:**

Yangi	Darslikning birinchi marotaba foydalanishga berilgandagi holati.
Yaxshi	Muqova butun, darslikning asosiy qismidan ajralmagan. Barcha varaqlari mavjud, yirtilmagan, ko'chmagan, betlarida yozuv va chiziqlar yo'q.
Qoniqarli	Muqova ezilgan, birmuncha chizilib, chetlari yedirilgan, darslikning asosiy qismidan ajralish holati bor, foydalanuvchi tomonidan qoniqarli ta'mirlangan. Ko'chgan varaqlari qayta ta'mirlangan, ayrim betlariga chizilgan.
Qoniqar-siz	Muqovaga chizilgan, yirtilgan, asosiy qismidan ajralgan yoki butunlay yo'q, qoniqarsiz ta'mirlangan. Betlari yirtilgan, varaqlari yetishmaydi, chizib, bo'yab tashlangan. Darslikni tiklab bo'lmaydi.