

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA  
O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

O'RTA MAXSUS, KASB-HUNAR TA'LIMI MARKAZI

*M. Mamadazimov*

# ASTRONOMIYA

*Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun  
darslik*

11- nashri



«O'QITUVCHI» NASHRIYOT-MATBAA IJODIY UYI  
TOSHKENT – 2013

UO'K: 372.852(075)

KBK 22.6я722

M23

*Астрономия*

**Taqrizchilar:** **R.G.Isyanov** – pedagogika fanlari nomzodi, dotsent;

**I.Boltayev** – Akademik litseylarda ta'lim mazmuni va metodikasi bo'limi boshlig'i, fizika-matematika fanlari nomzodi;

**M.Qurbonov** – O'zMU fizika fakulteti dotsenti.

NO 42213  
391

2014/14 A 12/15	Alisher Navoiy nomidagi O'zbekiston MK
-----------------------	--

ISBN 978-9943-02-683-4

© «O'qituvchi» nashriyoti, 2003

© «O'qituvchi» NMIU, 2013

© Cho'lpon nomidagi NMIU, 2013

## SO'ZBOSHI

Aziz o'quvchi, tabiiy fanlarning eng qadimiysi hisoblanmish astronomiya fani miloddan avvalgi bir necha ming yillar kishilarning hayotiy ehtiyojlarini qondirish yo'lidagi sa'y-harakatlari oqibatida vujudga kelgan bo'lib, Sizlarni Koinotning ming yillik sirlaridan ogoh qiladi. Qadim Sharqda sayyohlar, savdogarlar kunduzi jazirama oftobdan saqlanib, salqin tunda yo'lga chiqqanlarida yulduzlar ularga yo'l ko'rsatar, vaqtning qaysi mahali kechayotganidan darak berar, qolaversa, yulduzlar osmoni ularni go'zalligi, jozibasi va sirliligi bilan o'ziga rom qilardi. Kishilar osmonni kuzatib, yil fasllarining almashinish vaqtlarini aniq biladigan bo'ldilar. Ular osmon hodisalaridan voqif bo'lganlari sayin hayratga tushishar, bu hodisalarning sabablarini bilishga intilar edilar. Biroq osmon kishilarni o'z sirlaridan oson voqif qilishni istamas, ularni ba'zan bu sirlar haqida ming yillar «bosh qotirishga» undar, majbur qilar edi.

Yulduzlar osmonining tinimsiz aylanishi, uning fasllar bo'yicha o'zgarishi, Oyning turli fazalarida ko'rinishi, Quyosh va Oy tutilishlari, yulduzlarning uchishi, ahyon-ahyonda dumli yulduzlarning ko'rinishi va boshqalar uning ana shunday sirlaridan edi. Bu hodisalarning ko'pchiligining davriyligini (sutkalik, oylik va yillik) sezgan kishilar ulardan vaqtini o'lchashda, dehqonchilik, chorvachilik, savdogarchilik, sayyohlik ishlarini rejalashtirishda oz-ozdan foydalana boshladilar. Shu tufayli astronomiya qadimda sivilizatsiya markazlaridan sanalgan Sharqda — Hindiston, Xitoy, Misr, Iroq, Arabiston, Eron, O'rta Osiyoda jadal rivojlandi.

Jumladan, Movarounnahrda astronomiya ancha rivoj topgan fanlardan biri edi. Bu yerdan yetishib chiqqan o'nlab vatandoshlarimizning o'z kashfiyotlari bilan jahon astronomiya fani tarixida o'chmas iz qoldirganliklaridan barchamiz faxrlansak arziydi. Bular ichida IX asrlarda fan va madaniyat markazi sanalgan, Bag'dod shahrida shakllangan «Donishmandlar uyi» («Ma'mun akademiyasi»)da faol ishtirok etgan Muhammad al-Xorazmiy, Ahmad al-Farg'oniy, X asrda yashab ijod etgan Abu Mahmud



Xo'jandiy, XI asrda Xorazmda Abu Rayhon Beruniy, Abu Nasr Mansur ibn Iroq, sal keyinroq Umar Xayyom (XI asr), Nasriddin at-Tusiy (XIII asr) kabi buyuk yurtdoshlarimizning ilmiy meroslari – astronomiya fani erishgan dastlabki durdonalardan sanaladi. Shuningdek, azim shahar Samarqand etagida Ulug'bek va uning maktabi tomonidan ishga tushirilgan rasadxona va undan Koinot qa'riga tashlangan nazar ham faqat Sharqdagina emas, balki jahon fani, madaniyatining «ochilmagan qo'rig'i»ni ochish – Koinotni o'rganishga qo'yilgan buyuk bir qadamlardan sanaladi. Shu ilk qadam, buyuk yurtdoshlarimizning durdona meroslaridan qurilgan ilmu-nujum poydevori sabab bo'lib, Yevropada birin-ketin yirik, yaxshi jihozlangan rasadxonalar ishga tusha boshladi. Polshada olam tuzilishining geliosentrik nazariyasi (N.Kopernik tomonidan), Milanda (Italiya) Koinotning cheksizligi va unda Quyosh sistemasi – oddiy bir yulduzning yo'l-doshlari bilan tashkil etgan sistemasi ekanligi g'oyasi (Jordano Bruno tomonidan), Germaniyada osmon jismlarining harakat qonunlarini ifodalovchi – osmon mexanikasi (I.Kepler tomonidan), Angliyada osmon jismlarining massalarini hisoblash usuli (I.Nyuton tomonidan) kabi muhim kashfiyotlar «daryosi»ning vujudga kelishida Samarqand astronomlari «ko'zini ochgan buloq» dastlabki irmoq bo'ldi. Quyosh, Oy va sayyoralarning harakatlarini o'rganish bo'yicha Ulug'bek maktabi qo'ygan poydevor – nazariy astronomiyaning shakllanishida o'zining ulkan hissasini qo'shdi.

Insonning qadami, u asrlar orzu qilgan Oyga yetdi. Yer atrofi orbitasida qurilishi bundan besh yilcha oldin boshlangan birinchi kosmik shaharcha – Xalqaro kosmik stansiya ishga tushdi. Yaqin yillarda inson Marsga qo'nishni rejalashtirmoqda. Kosmos ana shunday shaxdam odimlar bilan o'zlashtirilayotgan XXI asrda har bir o'quvchi Olamning ilmiy astronomik manzarasidan voqif bo'lishi, osmon haqidagi turli uydirmalarga (astrologik bashoratlar, kosmik «kelgindilar», «uchar tareklalar», «dumli yulduz»lar – baxtsizlik elchilari) uchmasligi – bugungi kun yoshlarining bilimlariga qo'yilgan oddiy bir talabdir. Bunday bilimlar insonni cheksiz Koinotning bir zarrasi va uning milliardlab yillar davom etgan evolutsiyasining mahsuli ekanligini, shuningdek, u yasha-



gan umr – Koinotning yoshi oldida atigi bir daqiqa ekanligini, har bir insonning «bir zumlik» hayotga kelishi – mo'jizaviy bir holligini va bu «bir zumlik» umrni pala-partish emas, balki buyuk maqsadlarga qaratib yashash zarurligini, inson degan ulug' nomga dog' tushirmay yashash lozimligini sezdirishi bilan beqiyos ahamiyat kasb etadi.

Bu esa, o'z navbatida, insonni o'z hayotini, boshqalar taqdiri va shaxsini qadrlashga, tabiatning nodir in'omi – hayotga yengilyelpi qaramaslikka, buyuk ezgu maqsadlarni ko'zlab ish tutishga, o'z ijodiy faoliyati bilan uning mazmunini boyitishga, sermazmun qilishga undaydi.

Kishilarda ana shunday umuminsoniy qadriyatlarni yarata-digan dunyoqarashni shakllantirishda o'zining ulkan hissasini qo'shayotgan ilmu-nujum, eslatilganidek, bizga ota-bobolarimizdan meros fan hisoblanadi. Bu yurtimiz yoshlari oldiga bunday durdona merosni avaylab-asrash va uni ko'paytirishdek ulug' ishlarga bel bog'lab kirishish vazifalarini qo'yadi.

O'zbekistonning rivojlanayotgan astronomiya fani, yaqin kelajakda sizdek iste'dodli yoshlar hisobiga iqtidorli astronom-olimlar safini to'ldiradi va ular erishgan yutuqlari bilan ajdod allomalarimiz ruhini shod etadilar, degan umiddaman.

Ushbu darslik mustaqilligimiz sharofati ila astronomiyadan o'zbek tilida bitilgan birinchi darslik bo'lib, uni yozishda barcha hamkasb astronomlarning fikrlari va maslahatlaridan keng foydalandim. Mahalliy o'quv va rasmi materiallarning aksariyati Astro-nomiya instituti ma'muriyati va ilmiy xodimlari, birinchi navbat-da, uning direktori, fizika-matematika fanlari doktori Sh.A.Egam-berdiyev tomonidan foydalanish uchun ixtiyorimizga berildi. Ularning barchasiga samimiy minnatdorchiligimni bildiraman.

Sizga esa, aziz o'quvchilar, Koinot sirlaridan voqif bo'lishda omad doimo hamroh bo'lishini istab qolaman!

*Muallif*



# I

## KIRISH

### 1- §. Astronomiya fani va uning kelib chiqishi

Siz boshlang'ich sinflarda «Atrofimizdagi olam», keyinroq «Tabiatshunoslik» va «Fizika» kurslaridan Quyosh, Oy, planetalar va yulduzlar haqida ma'lum tushunchalarga ega bo'ldingiz. Bu osmon jismlarining harakati va nurlanishi to'g'risida ham dastlabki bilimlarni qo'lga kiritdingiz. Sizing osmon jismlariga oid bu bilimlaringizni umumlashtiradigan, kengaytiradigan va chuqurlashtiradigan fanning nomi *astronomiya* deb ataladi. Yanada aniqroq qilib aytadigan bo'lsak, astronomiya – osmon jismlarining harakati, fizik tabiati, ularning kelib chiqishi va evolutsiyasi, Koinotning tuzilishi va unda planetamiz – Yerning o'rni haqidagi ma'lumotlar beradigan fandır. «Astronomiya» so'zi yunoncha «astron» – yulduz, «nomos» – qonun so'zlaridan tarkib topgan.

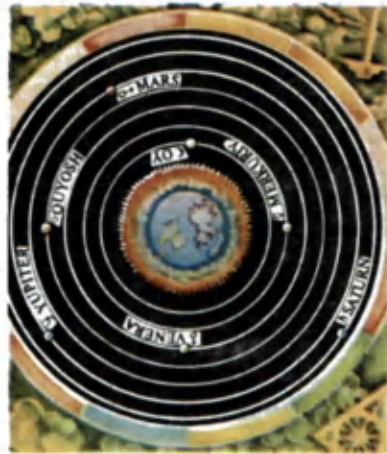
Astronomiya ham barcha boshqa fanlar singari jamiyatning amaliy ehtiyojlari asosida vujudga kelgan. Astronomiyaning kurtaklari Babil, Misr, Xitoy, Hindiston va boshqa Sharq hamda G'arb mamlakatlarida bundan bir necha ming yil avval mavjud bo'lgan (1–2- rasmlar). Masalan, misrlik koininlar miloddan 3



1- rasm. Miloddan 2000 yilcha oldin Quyosh va Oy harakatlarini o'rganish maqsadida qurilgan Stounxendj (Angliya) observatoriyasi.



**2- rasm.** Markaziy Amerikada milod. avv. 1000- yillarda maya qabilasi tomonidan qurilgan astronomik observatoriya.



**3- rasm.** Aristotel (milod. avv. IV asr) Olam tuzilishini shunday tasavvur qilgan.

ming yilcha avval Nil daryosi toshqinining boshlanish kunlarini astronomik kuzatishlar asosida oldindan aytib berganlar. Bunda osmonning shimoliy yarim sharining eng yorug' yulduzi Siriusning sharqda, erta tongda Quyosh shafaqlari bilan bir vaqtda, paydo bo'lishi va Nil daryosi toshqinining boshlanishi orasida bog'lanish borligi aniqlangan edi. Ko'p yillik bunday kuzatishlar yilning haqiqiy uzunligini aniqlashga ham olib keldi.



1. Astronomiya nimani o'rganadi?
2. Astronomiya fani qanday vujudga kelgan?

## 2- §. Qisqacha tarixiy ocherk

### 2.1. Qadimgi Yunonistonda Olam tuzilishi haqidagi tasavvurlar.

Qadimda yunon astronomlari, kuzatishlar bilan bir qatorda, kuzatilgan astronomik hodisalarning kelib chiqish sabablarini tushuntirishga ham harakat qilganlar. Xususan, Pifagor (milod. avv. VI asr) Yerning sharsimon shaklda ekanligi haqida fikr berdi, Aristotel (milod. avv. IV asr) esa Olamning markazida harakatsiz Yer joylashgan degan geosentrik sistemaga asos soldi (3- rasm).



Aleksandriyalik Eratosfen m.a. III asrda birinchilardan bo'lib, Yer meridiani yoyining uzunligini va, keyinchalik shu asosda, planetamizning radiusini o'lhadi. Mashhur yunonistonlik olim Gipparx (milod. avv. II asr) yuzlab yulduzlarning koordinatalarini o'zida aks ettirgan birinchi yulduzlar katalogini (jadvalini) tuzdi va pretsessiya deyiluvchi Yer aylanishi bilan bog'liq hodisani kashf qildi. Eramizning II asrida, mashhur astronom Klavdiy Ptolemey «Megale sintaksis» («Buyuk tuzilish») nomli asarida yunon astronomiyasi yutuqlarini umumlashtirib, planetalarning ko'rinma sirtmoqsimon harakatlarini tushuntira oladigan va asosida Aristotel-Gipparxlarning geosentrik nazariyasi yotgan, Olam tuzilishi haqidagi yangi ta'limotni yaratdi.

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

Umuman olganda, III–V asrlargacha astronomlar erishgan muvaffaqiyatlari shular bo'lib, VI–XII asrlardan boshlab Yevropada feodal tuzumning yemirilishi bilan o'zining qoloq agrar xo'jaligini va savdo aloqalarini yo'lga qo'yishda, astronomiya bo'yicha amaliy bilimlarga katta ehtiyoj sezila boshlandi. Bu davrda Olam markazida Yer joylashgan degan diniy qarash hukmron edi. Shu boisdan bunday qarashga shak keltiradigan har qanday boshqa qarashlarning mualliflari ruhoniylar tomonidan qattiq jazoga mustajob edilar.

## 2.2. Sharq olimlarining astronomiya sohasidagi meroslari.

Ayni davrda Sharqda vujudga kelgan yirik teokratik davlat Bag'dod xalifaligida fan va madaniyatning taraqqiyoti uchun qulay sharoit vujudga keldi. IX–XV asrlarda, Yaqin va O'rta Sharq hamda O'rta Osiyo mamlakatlarida yirik astronomik rasadxonalar qurilib ishga tushirildi. Ularda Al-Battoniy, Al-Farg'oniy, Al-Xorazmiy, Abul-Vafo Buzjoniy, Abu Mahmud Xo'jandiy, Abdurahmon as-So'fiy va Ibn Yunus kabi mashhur olimlar ijod qildilar (4- rasm). Xususan Al-Battoniy yunon astronomiyasi erishgan yutuqlarni umumlashtirib, Oy harakatiga doir ba'zi





ma'lumotlarlarni aniqladi. Al-Farg'oniy yozgan «Astronomiya asoslari» nomli asari o'sha davr uchun astronomiyadan o'ziga xos ensiklopediya xizmatini o'tadi. Oy va uning harakatlari to'g'risidagi kashfiyotlari, Yer meridiani uzunligini o'lchash bo'yicha ishlari bilan Abul-Vafo dunyoga tanildi. X–XI asrlarda yashab ijod etgan mashhur o'zbek allomasi Abu Rayhon Beruniyning astronomiyaga oid 40 dan ortiq asari bizgacha yetib kelgan. Olimning «Xronologiya» asarida, Yevropa va Osiyodagi deyarli barcha xalqlarning turli davrlarga tegishli taqvim tizimlari batafsil bayon qilingan bo'lib, unda bu taqvimlarning asoslari va biridan ikkinchisiga o'tish yo'llari to'la yoritilgan.

Beruniyning «Geodeziya», «Qonuni Mas'udiy» va «Yulduzlar ilmi» asarlari to'laligicha astronomiyaga bag' ishlangan bo'lib, ularda Quyosh, Oy va planetalarning harakatlariga doir ko'plab ma'lumotlar, Yer radiusini o'lchashning o'sha zamonda ma'lum bo'lgan bir necha usullari keltirilgan. Beruniyning izdoshi Umar Xayyom ham Koinot haqida bir qator falsafiy fikrlar bildirib, nihoyatda katta aniqlikka ega bo'lgan Quyosh kalendarni ishlab chiqqan.

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



**4- rasm.** IX–X asrlarda shakllangan Sharq astronom-olimlari uyi (akademiyasi).



### **2.3. Yevropada astronomiyaning rivoji.**

Astronomiyaning keyingi ravnaqi Yevropada bir qator olimlarning astronomiya sohasidagi fundamental kashfiyotlari bilan bog'liq. Bu borada polshalik astronom N.Kopernik (1473–1543), italiyalik J.Bruno (1548–1600) va G.Galiley (1564–1642), nemis Iogann Kepler (1572–1630) hamda ingliz Isaak Nyuton (1643–1727)larning ijodiy faoliyatlari ayniqsa barakali bo'ldi. XVI asrdan XX asrning boshlarigacha tabiatshunoslik yo'nalishida qilingan asosiy kashfiyotlar va qonuniyatlarning aksariyati yuqoridagi olimlarning nomlari bilan bog'liq. Shuningdek, bu davrda taniqli olimlardan O.K.Ryomer, E.Galley, J.Bradley, I.G.Galle, V.Y.Struve, F.V.Bessel va boshqalarning astronomiya fanini rivojlantirishdagi xizmatlari katta bo'ldi. XX asr o'rtalarida spektral analizning kashf etilishi va astronomiyada fotografiyaning qo'llanilishi natijasida astronomiyaning yangi ufqlari ochildi. Bu, osmon jismlarini fizik tabiatlarini o'rganish borasida katta imkoniyatlarni vujudga keltirdi. Oqibatda, osmon jismlari va ular sistemalarining fizik tabiatlarini o'rganish bilan shug'ullanadigan yangi fan – astrofizikaga asos solindi.

### **2.4. Zamonaviy astronomiya va kosmosni o'zlashtirishning ahamiyati.**

Ayni paytda mamlakatimizda ham yirik astronomik markazlar – Toshkent astronomiya instituti va uning Qashqadaryo viloyati Kitob tumanida Ulug'bek nomli Xalqaro kenglik stansiyasi va Qamashi tumanida Maydanak Balandtog' observatoriyalar kompleksi filiallari faol ishlamoqda (5- rasm). Mazkur ilmiy



**5- rasm.** Qashqadaryo viloyati, Qamashi tumanidagi Maydanak Balandtog' observatoriyasi.



dargohlarda bir qator taniqli o'zbek olimlari astronomiya va astrofizika muammolari bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib bormoqdalar.

Shuningdek, insonning kosmosni o'zlashtirish bilan bog'liq faoliyati unga ona planetamiz – Yerning geologik boyliklarini, tabiati va iqlimini o'rganishga katta imkoniyatlar yaratadi. Inson Koinotdan Yerga nazar solib, uning naqadar mitti, noyob va go'zal qarorgoh ekanligini angladi. Shu bilan birga bu nazar orqali u, planetamiz hayotiga tahdid solayotgan ekologik, energetik va demografik muammolarni ham butun bo'y-basti bilan ko'ra oldi. Oxirgi o'n yillar ichida kosmonavtikaning taraqqiyoti, insonga Yerdagi bu muammolarni bartaraf qilishning yo'l-yo'riqlarini ko'rsatibgina qolmay, bu ishda kosmonavtikaning o'zi ham faol ishtirok etishi mumkinligini ma'lum qildi. Xususan, Yerdagi energetik inqirozning oldini olish uchun, Quyosh energiyasidan foydalanish imkonini beruvchi yirik kosmik inshootlarning loyihalari, demografik halokatdan qutulish uchun esa, Yer atrofi zonasini «o'zlashtirish»ning, kosmik «mustamlakalar» qurishning rejalarini, to'la hisob-kitobi bilan dunyo olimlari oldiga tashladi. Ayniqsa, Yerdagi hayotga tahdid solayotgan ekologik muammolarning oldini olishda insoniyat kosmonavtikaning yordamiga katta ehtiyoj sezadi.

Ayni paytda o'nlab rivojlangan mamlakatlar hamkorligida qurilayotgan Xalqaro kosmik stansiya (XKS) kelajakda qurilishi mo'ljallanayotgan «kosmik shaharlarning» dastlabki namunalari hisoblanadi (6- rasm).

Kosmosni o'zlashtirish bilan bog'liq barcha tadqiqotlar sivilizatsiyamiz ijtimoiy hayotiga radioelektronikaning rivojlanishi qanday ijobiy ta'sir ko'rsatgan bo'lsa, shunday foydali ta'sir ko'rsatib, uning bugungi muammolarini hal qilishda juda katta xizmat qilishiga hech qanday shubha yo'q! Faqat kosmik texnikagina insonga, uning uyi hisoblanmish – Yerga tashqaridan qarab, planetamizning, shoir A.Oripov iborasi bilan aytganda, «kichik bir soqqa» ekanligini, mashhur sayyoh-olim T.Xeyerdal aytganidek, achchiq va zaharli dud-chiqindilarni chiqarib yuborish uchun «mo'risining yo'qligini» va shu tufayli uning tabiiy qazilma boyliklari, biz o'ylagancha bitmas-tuganmas emasligini anglashga imkon beradi. Binobarin, tabiat boyliklaridan katta tejamkorlik va ehtiyotkorlik bilan foydalanish lozimligini uqtiradi.



**6- rasm.** Kosmosda qurilayotgan yirik inshoot – Xalqaro kosmik stansiya (XKS).

Kosmosdan turib Yer biologik sferasining holati bilan tanishish, uning tabiiy resurslarini, oʻrmon va qishloq xoʻjaligi yer maydonlarini oʻrganish – kosmonavtikaning eng muhim vazifalaridan hisoblanadi. Mazkur yoʻnalishlar boʻyicha ishlar planetamiz ekologik muammolarini bartaraf qilishda muhim ahamiyat kasb etib, kelgusida raketa va kosmik texnika yordamida, planetamiz bagʻrida koʻpayayotgan hamda qayta ishlatib boʻlmaydigan zaharli va radioaktiv chiqindilarni Yerdan tashqariga uloqtirib tashlashni rejalashtiradi. Kosmonavtika, yaqin oʻn yillar ichida, kosmosda yirik energetik qurilmalarni, xomashyo resurslarini ishlab chiqarish komplekslarini joylashtirish boʻyicha ishlarni ham moʻljallamoqda. Bularning barchasi kelajakda kosmik fazo, birinchi navbatda Yer atrofi zonasi inson yashaydigan va faoliyat koʻrsatadigan muhitga aylantirilishidan darak beradi. Yaqin kosmosni inson manfaati uchun xizmat qiladigan muhitga aylantirilishi, boshqacha aytganda, kosmosni ekologizatsiyalashtirish, ayni paytda ekologik inqirozlar global masshtabda qamrab kelayotgan planetamizni ularning halokatli oqibatlaridan qutqarish borasida inson koʻrsatayotgan muhim faoliyatlaridan hisoblanadi.



Xususan, bugun orbital stansiyalarda 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 sonli eksperimentlar o'tkazilayotganligi barchamizga ma'lum.

Xalq xo'jaligi uchun zarur bo'lgan ko'plab materiallarni ishlab chiqarishda kelajakda Oyning va ayrim asteroidlarning tarkibiy materiallaridan foydalanish bo'yicha ham katta ishlar rejalashtirilmogda. Aynan shu maqsadlarni ko'zlab, dunyo olimlari tomonidan yaratilgan Oyda aholi yashaydigan va ishlaydigan stansiyalarning loyihalari butun dunyo jamoatchiligi davralarida muhokama qilinmogda.

Shuningdek, Yer atrofi fazosida eng yirik qurilmalarni (AQSH ning Prinston universiteti olimlari tomonidan yaratilgan «Quyosh fabrikasi»ni) ishga tushirish bo'yicha ham real hujjatlarning tayyorlanayotganligi, kelgusida insoniyatni energetik va demografik halokatdan xalos qilish kabi muhim gumanitar maqsadlarni ko'zda tutadi.



1. Yerning sharsimon osmon jismi ekanligini birinchilardan bo'lib kim aniqlagan?
2. Yer radiusini qadimda birinchi bo'lib kim o'lchadi?
3. O'rta asrlarda astronomiya rivojiga katta hissa qo'shgan O'rta Osiyolik qaysi olimlarni bilasiz?
4. Al-Farg'oniyning astronomiyaga bag'ishlangan mashhur astronomik asari qanday nom bilan atalgan?
5. Abu Rayhon Beruniyning astronomiya sohasidagi mashhur asarlarini ayting.
6. Umar Xayyomning astronomiya sohasida dunyo tan olgan xizmati nimada?
7. Ulug'bek rasadxonasi qaysi davrda, respublikamizning qaysi shahrida qurilgan edi?
8. Bu rasadxonada ishlagan mashhur astronomlarning ismlarini ayting.
9. O'rta asrlarda astronomiya sohasida katta ilmiy meros qoldirgan yevropalik astronomlarning ismlarini ayting.
10. Polshalik astronom N.Kopernikning bu sohadagi xizmati nima-dan iborat?
11. O'zbekiston hududidagi astronomik markazlar, hozirgi davrda, qayerlarda joylashgan?



12. Kosmosni o'zlashtirishning ahamiyati nimada?
13. Yaqin kelajakda kosmosni o'zlashtirishning istiqbollari haqida nimalarni bilasiz?
14. Kosmosni o'zlashtirish insoniyatni qanday ekologik muammolardan xalos qilishda yordami tegishi mumkin, deb o'ylaysiz?

### 3- §. Yoritgichlarning ko'rinma holatlari. Yulduz turkumlari

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 soni 3 mingdan ortmaydi. Shuningdek, yulduzlar, aslida bizdan turli masofalarda yotsalar-da, lekin bizga bir xil masofadan o'tuvchi sfera sirtida yotgandek tuyuladilar.

Yulduzlarning o'zaro joylashishi juda sekinlik bilan o'zgarib, maxsus o'lchashsiz, oddiy kuzatishlar asosida bunday o'zgarishlarni bir necha oy, hatto yillardan keyin ham sezib bo'lmaydi. Bunday hol yer sirtida yulduzlarga qarab mo'ljal olish, ya'ni gori-zont tomonlarini aniqlash uchun juda qo'l keladi. Shu tufayli sayyohlar juda qadim zamonlardanoq yulduz – kompaslardan keng foydalanganlar.

Qadim sharqda kishilar yoritgichlarga qarab mo'ljal olish uchun osmonning yorug' yulduzlarini alohida to'dalarga ajratib, ularga *yulduz turkumlari* deb nom berganlar. Yulduz turkumlarini hayvonlar yoki jonivor (Katta Ayiq, Oqqush, Arslon, Ajarho, Kit), yunon afsonalarining qahramonlari (Kassiopiya, Andromeda, Pegas va boshqalar) va ba'zan yorug' yulduzlari birgalikda eslatadigan geometrik shakl yoki buyumlarning nomlari (Uchburchak, Tarozi, Cho'mich) bilan ataganlar (7- rasm).

XVII asrda, har bir yulduz turkumiga kiruvchi bir necha yorug' yulduzlar grek alfavitining harflari (alfa, beta, gamma, delta va hokazo) bilan belgilanadigan bo'ldi. Shuningdek, 130 ga yaqin yorug' yulduzlarga xususiy nom berildi, jumladan Katta Itning  $\alpha$  si Sirius, Aravakashning  $\alpha$  si Kapella, Liraning  $\alpha$  si Vega, Orionning  $\alpha$  si Betelgeyze, Perseyning  $\alpha$  si Algol nomlari bilan yuritila boshlandi. Keyinchalik bulardan xiraroq yulduzlarni



7- rasm. Yulduzlar osmoni (Katta Ayiq va Kichik Ayiq yulduz turkumlari aniq ko'rsatilgan).

tartib bo'yicha raqamlar bilan (1, 2, 3 va hokazo) nomerlash odat qilib kiritildi va hozirgi paytda, u asosan juda xira yulduzlar uchungina ishlatiladi.

1922- yilda yulduz turkumlarini chegaralovchi egri chiziqlar to'g'ri chiziqlar bilan almashtirilib, ayrim katta maydonli yulduz turkumlari bir necha yulduz turkumlariga ajratildi. Bugungi kunda osmon sferasi 88 ta 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'ljal bo'lib xizmat qiladi.

Osmonda ma'lum yulduz turkumini yoki yulduzni topish uchun, dastlab yulduz xaritalari va atlaslari bilan yaxshi tanishmoq va so'ngra ular yordamida ancha mashq qilmoq zarur bo'ladi. Ayniqsa, osmonning surilma xaritasidan foydalanishni o'rgangan kishi uchun osmonda ma'lum yulduz yoki yulduz turkumini topish, uning chiqish va botish vaqtlarini taxminiy belgilash ortiqcha qiyinlik tug'dirmaydi.



1. Osmonda oddiy ko'z bilan bir vaqtning o'zida qancha yulduzni ko'rish mumkin?
2. Yulduz turkumlari deb nimaga aytiladi? Jami bo'lib, nechta yulduz turkumi bor?
3. Yulduz turkumlari qanday nomlar bilan ataladi?
4. Alohida nomlar bilan qanday yulduzlar ataladi? Ulardan qaysilarini bilasiz?



#### 4- §. Quyosh, Oy, planetalar va yulduzlarning ko'rinma harakatlari

Agar tunda ma'lum bir joydan turib yulduzlar bir necha soat davomida tinimsiz kuzatilsa, butun osmon sferasining yulduzlari, kuzatuvchidan o'tuvchi faraziy o'q – *Olam o'qi* atrofida aylanishini 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. Bunda ma'lum yoritgich, sharq tomonda har doim ma'lum nuqtadan ko'tarilib, g'arbda ham aniq bir nuqtada botadi. Uning gorizontdan maksimal balandligi ham (janub tomon yo'nalishida) kunlar o'tishi bilan bu kuzatuvchi uchun o'zgarмай, har doim bir xil bo'ladi. Agar kuzatuvchi shimol tomonga qarasa, bir qism yulduzlar sharqdan chiqib, g'arpga botgani holda, botmaydiganlari – ma'lum qo'zg'almas nuqta atrofida konsentrik aylanalar (markazi bir nuqtada bo'lgan aylanalar) chizayotganini ko'radi (8- rasm). Bu qo'zg'almas nuqta *olamning shimoliy qutbi* deb yuritiladi. Olamning shimoliy



8- rasm. Yulduzlarning Qutb yulduzi atrofida ko'rinma aylanishi (bir necha soat davomida Qutbga yo'naltirib o'rnatilgan fotoapparat yordamida olingan).

qutbi, Kichik Ayiq yulduz turkumining (Katta Ayiq – «Yetti qaroqchi»ga qo'shni yulduz turkumi) eng yorug' yulduziga (alfasiga) juda yaqin (orasi taxminan  $1^\circ$  bo'lgan) nuqtada yotadi. Shu tufayli Kichik Ayiqning bu yulduzi *Qutb yulduzi* deb nom olgan. Yulduzlarning sutkalik bunday ko'rinma harakatlari Yerning o'z o'qi atrofida aylanishi tufayli sodir bo'ladi.

Quyosh va Oyniing sutkalik harakatlari ham sharqdan g'arpga 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 paytdagi balandligi pasaya borib, kunduz qisqaradi, tun esa, aksincha, uzayadi.

Planetamizning yo'ldoshi Oy ham sutkalik ko'rinma harakatda ishtirok qilib, sharqdan g'arbga, yulduzlar bilan birga siljib boradi. Biroq bir necha tun davomida kuzatishlardan oq, Oyning yulduzlarga nisbatan haqiqiy harakatlanishini sezish mumkin. Bunday harakat tufayli Oy, yulduzlar fonida g'arbdan sharqqa tomon har sutkada taxminan 13 gradusdan siljib borib, Yer atrofidagi 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 yoini tashkil qiladi va bir yilda bir marta to'la aylanib chiqadi.

Quyosh va Oyning osmonni bir to'la aylanib chiqishlaridagi yuradigan yo'llarining tekisliklari bir-biriga yaqin. Ular kesib o'tadigan yulduz turkumlari zodiak yulduz turkumlari (yunoncha «zoon» – hayvonlar degani) deyilib, bu turkumlar sohasi – zodiak soha deyiladi.

Juda qadim zamonlardayoq kishilar, zodiak yulduz turkumlari sohasida, tashqi ko'rinishi bilan yulduzlarga o'xshash, biroq yulduzlardan farq qilib, ularga nisbatan siljib boruvchi 5 ta yoritgichni kuzatdilar. Yulduzlardan farqlanuvchi bunday xususiyatlari evaziga ularga «adashgan yulduzlar» – planetalar deb nom berdilar. Qadim Rimda adashgan yulduzlar Rim xudolarining nomlari bilan Merkuriy, Venera, Mars, Yupiter va Saturn deb atala boshlandi.

Teleskop ixtiro qilingandan so'ng 1781- yilda Uran, 1846- yilda Neptun planetalari va 1930- yilda Pluton

2019/12/12	1846- yilda
A	Atishet Navoiy
1215	tasi topildi.
	nomidagi
	O'zbekiston MK



Planetalarning ko'rinma harakatlari ham zodiak yulduz turkumlari chegaralarida kuzatilib, yulduzlar fonida siljishlari Quyosh va Oyning siljishlari kabi g'arbdan sharqqa bo'ladi.



1. Yulduzlar osmonining sharqdan g'arbga aylanishining sababi nimada?
2. Yulduzlar, aynan ko'ringani kabi bitta sfera sirtida joylashganmi?
3. Quyosh va Oyning Yer atrofida sharqdan g'arbga tomon kuza-tiladigan harakatlari haqiqiy harakatmi?
4. Olam qutbi deb osmonning qaysi nuqtasiga aytiladi?

### 5- §. Yerning o'z o'qi atrofida aylanishiga dalillar

Tunda osmonga sinchiklab qaragan har bir kishi bir necha minut davomidayoq, eslatganimizdek, yulduzlar osmonining sharqdan g'arbga tomon aylanayotganining guvohi bo'ladi. Buning uchun ma'lum bir joydan turib, 2–3 ta yorug' yulduzning o'rnini belgilab (daraxt shoxi, simyog'och yoki televizor antenasiga, yoki boshqa biror jismga nisbatan), soatga qarab qo'yilsa bas. 15–20 minutdan so'ng, bu yulduzlarga dastlabki joydan turib qaralsa, ular g'arb tomonga bir xil yoyga siljiganlari ma'lum bo'ladi. Oddiy hisoblash yordamida yulduzlar, har soatda sharqdan g'arbga tomon  $15^\circ$  ga siljishlari oson topiladi. Endi  $360^\circ$  ni  $15^\circ$  ga bo'lsak, 24 soat chiqadi. Demak, barcha yulduzlar 24 soatda, ya'ni bir sutkada 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.

1. 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, 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, mayatnik 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 mayatnik, osilgan nuqta har qancha burilganda ham, 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 aylanayotganidan darak beradi. Sankt-Peterburgdagi Isaakiy soborida o'rnatilgan uzunligi 98 metrli Fuko mayatnigi yordamida Yerning o'z o'qi atrofida aylanishi aynan shu yo'l bilan namoyish qilinadi.

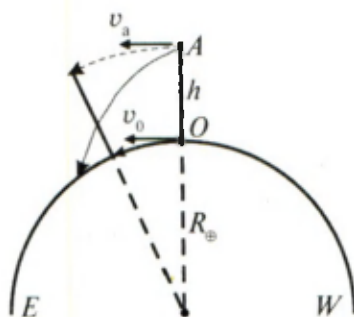
2. Yer aylanishining boshqa bir isboti, uning sirtiga ma'lum balandlikdan tashlangan jismlarning sharqqa tomon siljib tushishidir. Gap shundaki, Yer sirtidan  $h$  balandlikda (9- rasm) jismning chiziqli tezligi

$$v_a = \omega_a(R_\oplus + h)$$

bilan o'lchangani holda, jism ostida, Yer sirtida yotgan nuqtaning tezligi

$$v_0 = \omega_0 R_\oplus$$

bilan hisoblanadi. Bu yerda  $R_\oplus$  – Yer radiusini,  $\omega_a$  va  $\omega_0$  esa, mos ravishda,  $O$  va  $A$  nuqtalarga tegishli bo'lgan Yerning burchak tezliklarini ifodalaydi.  $\omega_a$  va  $\omega_0$  bir-biriga tengligidan  $v_a > v_0$  ekanligi oydin bo'ladi. Shuning uchun ham  $h$  balandlikdan tashlangan jism  $O$  nuqtadan sharqqa ilgarilab, oldinga tushadi va Yerning g'arbdan sharqqa aylanishini tasdiqlaydi.



9- rasm. Yer sirtidan ma'lum balandlikdan tashlangan jismning harakat trayektoriyasiga ko'ra, Yerning aylanishini isbotlash.



1. Yerning o'z o'qi atrofida aylanishini qanday dalillarda isbotlay olasiz?
2. Nega Yer sirtida ma'lum balandlikdan turib tashlangan jism sharq tomonga siljib tushadi?



## II

# AMALIY ASTRONOMIYA ASOSLARI

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

Osmon yoritgichlarining ko'rinma vaziyatlarini 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'rganish yetarli bo'lib, ko'p hollarda, ulargacha bo'lgan masofalarni aniqlashga ortiqcha ehtiyoj sezilmaydi. Yoritgichlarning ko'rinma vaziyatlari va harakatlarini o'rganishdan oldin, ayrim tushunchalar hamda osmonning asosiy nuqta, chiziq va aylanalari bilan tanishishga to'g'ri keladi.

*Osmon sferasi* deb, radiusi ixtiyoriy qilib olingan va markazi kuzatuvchining ko'zi turgan nuqtada yotgan shunday sferaga aytiladiki, bu sferada ma'lum vaqtda yulduzlar, osmonda qanday ko'rinsa, shundayligicha proyeksiyalangan bo'ladi.

Ta'rifdan ko'rinishicha, osmon sferasi markazidagi nuqtada joylashgan kuzatuvchi, uning sirtida joylashgan yulduzlarni osmonda qanday ko'rinsa, shundayligicha ko'radi. Osmon sferasida yoritgichlarning o'zaro joylashishini aniqlashda, ularning ko'rinma va haqiqiy harakatlarini o'rganishda osmonning quyidagi asosiy nuqta, chiziq va aylanalariga tayaniladi.

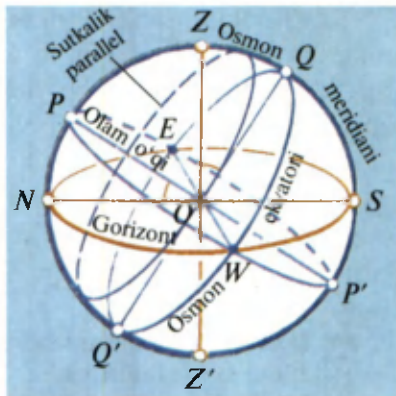
Osmon sferasining markazida turgan kuzatuvchidan o'tkazilgan vertikal yo'nalishning osmon sferasi bilan kesishgan ikki nuqtasidan biri (kuzatuvchining bosh tomoni yo'nalishidagisi) *zenit* ( $Z$ ), unga diametral qarama-qarshi yotgan ikkinchisi esa *nadir* ( $Z'$ ) deb yuritiladi (10- rasm). Sferaning bu nuqtalarini tutashtiruvchi to'g'ri chiziq *vertikal chiziq* deyiladi.



Osmon sferasini, uning markazidan vertikal chiziqqa perpendikular qilib o'tkazilgan tekislik bilan kesishishidan hosil bo'lgan katta aylana – *matematik gorizont* deb yuritiladi. Sferaning vertikal o'q orqali o'tuvchi tekisliklar bilan kesishishidan hosil bo'lgan katta aylanalari esa *vertikal aylanalar* deb ataladi. Yuqorida eslatilgan nuqta va chiziqlar kuzatuvchining Yer sirtidagi o'z o'rnini o'zgartirishiga bog'liq ravishda o'zgarib turadi. Osmon sferasining, Yer sharining asosiy chiziq va nuqtalari bilan bog'liq bo'lgan shunday nuqta va chiziqlari mavjudki, ular Yerning istalgan joyidan kuzatilganda ham o'z holatlarini o'zgartirmaydi. Olam qutblari, olam o'qi, osmon ekvatori ana shunday nuqta, chiziq va aylanalardan hisoblanadi.

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 sferasini markazidan o'tib, uni 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 tekisligiga parallel tekisliklar bilan sferani kesishishidan hosil bo'lgan aylanalari *sutkalik parallellar* deyiladi. Olam o'qi orqali o'tuvchi tekisliklar bilan osmon sferasini kesishishidan hosil bo'lgan katta aylanalari esa *og'ish aylanalari* deb ataladi.

Osmon sferasining asosiy chiziqlari va aylanalari proyeksiyalangan tekislikda yotib, 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.



10- rasm. Osmon sferasining asosiy nuqta, chiziq va aylanalari.



Bu nuqtalardan  $90^\circ$  masofada yotgan matematik gorizontning nuqtalari *Sharq (E)* va *G'arb (W)* nuqtalari deyiladi. Matematik gorizont tekisligi bo'ylab yo'nalib, Shimol va Janub nuqtalarini tutashtiruvchi to'g'ri chiziq kesmasi *tush chizig'i* deb yuritiladi.

Osmon sferasining yuqorida keltirilgan nuqta va chiziqlari o'rganilgach, ular asosida osmonning turli koordinatalar sistemalarini o'rganish ortiqcha qiyinchilik tug'dirmaydi.



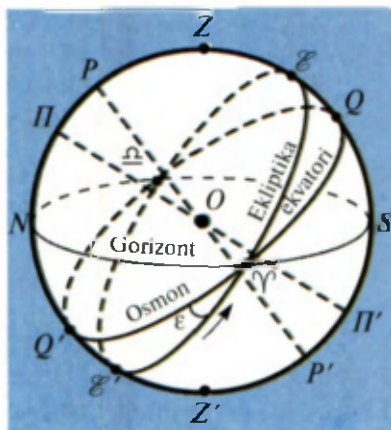
1. Olam o'qi deb nimaga aytiladi? Olam qutblari deb-chi?
2. Osmon ekvatori va Yer ekvatori o'zaro qanday joylashgan?
3. Og'ish aylanalari, sutkalik parallellar deb qanday aylanalarga aytiladi?
4. Matematik yoki haqiqiy gorizont deb-chi?
5. Zenit va nadir nuqtalari osmonda qayerda yotadi?
6. Osmon meridiani deb qanday katta aylanaga aytiladi?
7. Gorizontning Shimol va Janub, Sharq va G'arb nuqtalari deb qanday nuqtalariga aytiladi?
8. Vertikal aylanalarda deb qanday aylanalarga aytiladi?

## 2- §. Quyoshning yillik ko'rinma harakati. Ekliptika

Quyoshning yulduzlar oralab g'arbdan sharqqa tomon ko'rinma (haqiqiy emas!) siljishi, eslatilganidek, juda qadimdan sezilgan. Bu siljish har sutkada salkam  $1^\circ$  bo'lib, Quyosh bir yilda osmon sferasining zodiak yulduz turkumlari orqali Yer atrofida bir marta to'la aylanib chiqadi. Quyoshning yillik *ko'rinma* bu yo'li katta aylana bo'lib, u *ekliptika* deb yuritiladi. Yil davomida, sistemali ravishda, tush paytida, Quyoshning zenitdan uzoqligini ma'lum bir joydan turib o'lchash, uning osmon ekvatoridan og'ishi  $+23^\circ 26'$  dan  $-23^\circ 26'$  ga qadar o'zgarishini ko'rsatadi. Bundan ekliptika tekisligining osmon ekvatoriga og'maligi  $\epsilon = 23^\circ 26'$  ga teng ekanligi ma'lum bo'ladi (11- rasm). Ekliptikaning xarakterli to'rtta asosiy nuqtasi bo'lib, bulardan ikkitasi uning osmon ekvatori bilan kesishgan nuqtalarini, qolgan ikkitasi esa osmon ekvatoridan eng katta og'ishga ega bo'lgan nuqtalarini xarakterlaydi. Uning ekvator bilan kesishgan nuqtalaridan biri (Quyosh osmonining janubiy yarim sharidan shimoliy yarim shariga kesib



o'tayotganda hosil bo'lgani) *bahorgi tengkunlik* nuqtasi ( $\Upsilon$ ) deyilib, Quyosh unda 21- mart kuni bo'ladi. Ikkinchisi esa *kuzgi tengkunlik* nuqtasi ( $\Omega$ ) deyilib, Quyosh u nuqtada 23- sentabr kuni bo'ladi. Ekliptikaning, osmonning shimoliy yarim sharida, eng katta og'ishga ( $+23^{\circ}26'$ ) ega bo'lgan nuqtasi ( $\mathcal{E}$ ) *yozi quyosh turishi* deyilib, bu nuqtada Quyosh 22- iyun da bo'ladi. Janubiy yarim shar da ekliptikaning eng katta og'ishga ( $-23^{\circ}26'$ ) ega bo'lgan nuqtasi esa, *qishki quyosh turishi* ( $\mathcal{E}'$ ) nuqtasi deyilib, unda Quyosh har doim 22- dekabrda bo'ladi.



11- rasm.

Quyoshning yillik ko'rinma harakati. Ekliptika ( $\varepsilon$  – ekliptika va osmon ekvatori hosil qilgan burchak).

Ekliptika tekisligiga tik qilib o'tkazilgan osmon sferasining diametri  $PP'$  – *ekliptika o'qi* deyiladi. Ekliptika o'qining osmon sferasi sirti bilan kesishgan nuqtalari ekliptikaning *shimoliy*  $\Pi$  (shimoliy yarim shardagisi) va *janubiy*  $\Pi'$  (janubiy yarim shardagisi) *qutblari* deb ataladi. Ekliptika qutblari orqali o'tuvchi katta aylanalar yoritgichning *kenglik aylanalari* deyiladi.

Quyoshning yillik ko'rinma harakat yo'li bo'ylab joylashgan yulduz turkumlarining sohasi, eslatilganidek (I bob, 4- §), *zodiak soha* deyiladi. Bu sohada joylashgan 12 yulduz turkumi – Hut, Hamal, Savr, Javzo, Saraton, Asad, Sunbula, Mezon, Aqrab, Qavs, Jaddi, Dalv nomlari bilan yuritiladi.

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 Yer orbita tekisligi bilan ustma-ust tushadi. Binobarin, ekliptikaning osmon ekvatoriga og'maligi – Yer ekvatorining o'z orbita tekisligiga og'maligi bilan bir xil bo'ladi.



1. Quyoshning yulduzlar oralab siljib borishining sababi nimada?
2. Quyoshning yillik ko'rinma harakat yo'li nima deyiladi?
3. Ekliptika tekisligi osmon ekvatoriga qanday burchak ostida og'gan?
4. Zodiak soha deb nimaga aytiladi? Bu soha yulduz turkumlarini tartib bilan sanang.
5. Ekliptikaning asosiy nuqtalarini (bahorgi va kuzgi tengkunlik nuqtalari; qishki va yozgi quyoshturishi nuqtalari) ta'riflang.

### 3- §. Osmon koordinatalari

Yer sirtida ma'lum bir shaharning o'rni aniq geografik koordinatalar  $\lambda$  – uzunlik va  $\varphi$  – kenglik bilan xarakterlangani kabi (12- rasm), osmondagi yoritgichlarning o'rni ham qabul qilingan ma'lum koordinata sistemasining koordinatalari bilan belgilanadi.

Ekvatorial koordinatalar sistemasi deyiluvchi sistemada yoritgichlarning o'rni ikkita – to'g'ri chiqish  $\alpha$  (alfa) va og'ish  $\delta$  (delta) deb ataluvchi koordinatalar bilan belgilanadi.

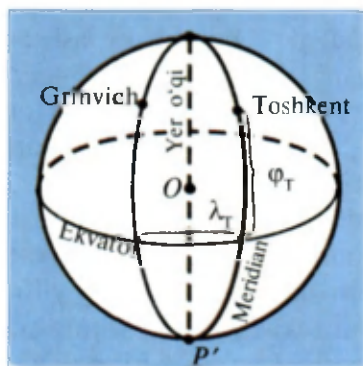
Bunda hisob boshi qilib, shartli ravishda, ekliptika bilan osmon ekvatorining kesishgan – bahorgi tengkunlik nuqtasi –  $\Upsilon$  olinadi (13-a, b rasm).

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.

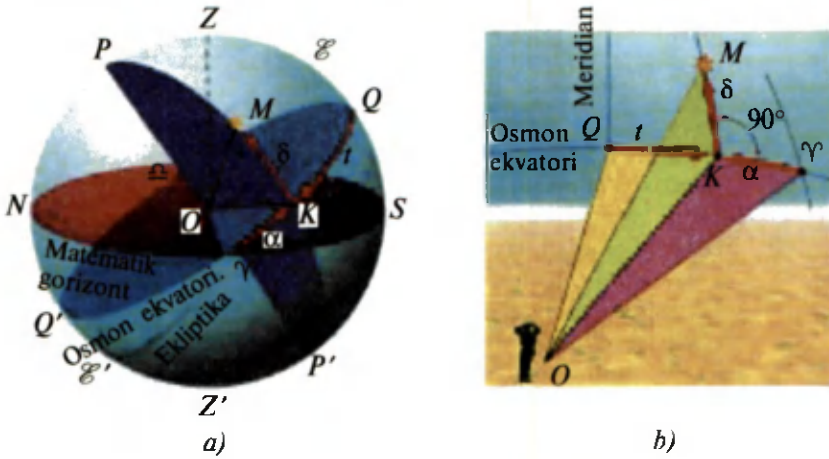
$M$  yoritgichning ikkinchi koordinatasi – og'ish ( $\delta$ ) esa  $K$  nuqtadan og'ish aylanasi bo'ylab

yoritgichgacha bo'lgan yoy ( $KM$ ) bilan o'lchanadi (13-a va b rasmlar). Markazdagi kuzatuvchi uchun bu yoy unga tiralgan markaziy burchak bilan o'lchanadi, ya'ni  $\delta = KM = \angle KOM$ .



12- rasm. Geografik koordinatalar sistemasi.





13- rasm. Ekvatorial koordinatalar sistemalari.

Yoritgichning to'g'ri chiqishi, odatda, osmonning sutkalik 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  $\pm 90$  gradusgacha (minus ishorasi janubiy yarim shardagi yoritgichlar uchun) o'lchanadi. Yulduz xaritalarini tuzishda aynan shu koordinatalar asos qilib olinadi.

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 aylanasining ekvator bilan kesishgan nuqtasi ( $K$ ) gacha bo'lgan yoy ( $QK$ ) yoki markaziy burchak  $\angle QOK$  bilan o'lchanadi. Yoritgichning soat burchagi  $t$  ham soat, minut va sekundlarda o'lchanadi (13-*a*, *b* rasmlar). O'lchanish chegarasi 0 soatdan  $\pm 12$  soatgacha, yoki ba'zan 0 soatdan 24 soatgacha bo'ladi.

Vaqt bo'yicha soatlar, minutlar va sekundlarda ifodalangan ma'lum burchakni (yoxud yoini) yoy graduslari, minutlari va sekundlariga (yoki aksincha) o'tkazishda ushbu jadvaldan foydalaniladi.



## II. Amaliy astronomiya asoslari

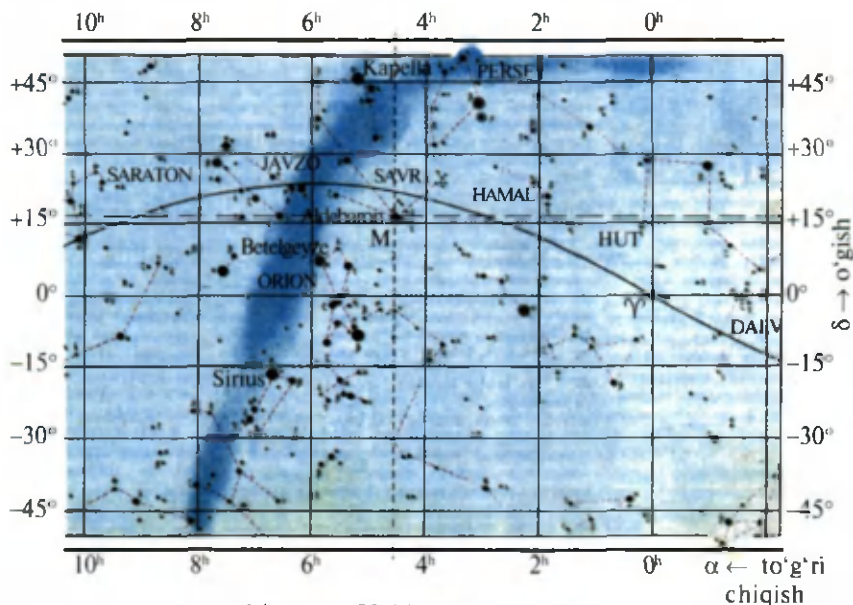
Yoy o'lchamida	360°	15°	1°	15'	1'	15''
Vaqt o'lchamida	24 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup>	4 <sup>m</sup>	1 <sup>m</sup>	4 <sup>s</sup>	1 <sup>s</sup>



1. Geografik koordinatalarni eslang. Geografik uzunlik va kenglik qanday o'lchanadi?
2. Osmonning ekvatorial koordinatalari bo'yicha yoritgichlarning to'g'ri chiqishi ( $\alpha$ ) va og'ishi ( $\delta$ ) qanday o'lchanishini chizmadan tushuntiring.
3. Osmon koordinatalari va geografik koordinatalar orasida qanday o'xshashlik bor?
4. Yoritgichning soat burchagi ( $t$ ) qanaqa koordinata va u qanday o'lchanadi?

### 4- §. Yulduzlarning xaritalari

Yulduzlar xaritalari ham geografik xaritalar kabi, ko'pincha, yulduzlarning tekislikdagi proyeksiyasi ko'rinishida ishlanadi. Bunday xaritalardan biri 14- rasmda keltirilgan. Unda yulduzlarning  $\alpha$  – to'g'ri chiqish va  $\delta$  – og'ish o'qlari – o'zaro perpendikular koordinata o'qlari ko'rinishida aks ettirilgan.



14- rasm. Yulduzlarning xaritasi.



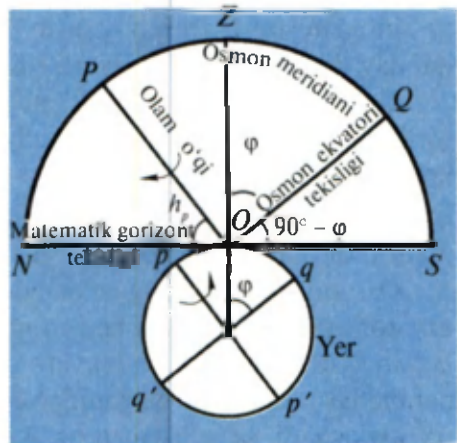
Xaritada keltirilgan  $M$  yulduzning koordinatalarini topish uchun bu yulduzdan osmon ekvatorini ifodalovchi chiziqqa perpendikular qilib, o'tkazilgan og'ish aylanasini yoyini ifodalovchi chiziqning (chizmada vertikal chiziq)  $\alpha$ - o'qi bilan kesishgan nuqtasidan mazkur yulduzning to'g'ri chiqishi olinadi.  $M$  yulduzning  $\delta$ - og'ishi esa undan o'tgan sutkalik parallel yoyini ifodalovchi chiziqning (chizmada gorizontal chiziq)  $\delta$  o'qi (yoki o'ng tomondagi unga parallel o'q) bilan kesishgan nuqtasidan olinadi. Unda xaritadagi  $M$  yulduzning shunday yo'l bilan topilgan koordinatalari:  $\alpha = 4^{\text{h}}35^{\text{m}}$ ,  $\delta = +16^{\circ}$  ekanligi ko'rinib turibdi.



1. Berilgan yulduzlar xaritasida vertikal chiziqlar osmon sferasining qanday aylanalarning yo'ylarini ifodalaydi?
2. Yulduzlar xaritasidagi gorizontal chiziqlar-chi?
3. Ma'lum bir yulduzning ekvatorial koordinatalarini xaritadan topish uchun qanday tartibda o'lchash ishlarini olib borish zarurligini tushuntiring.

## 5- §. Olam qutbining balandligi va joyning geografik kengligi orasidagi bog'lanish

Yer sharining istalgan nuqtasidan kuzatilganda olam qutbining matematik gorizontaldan balandligi  $h_p$ , shu joyning geografik kengligi  $\varphi$  ga teng bo'ladi. Bu hol quyidagicha oson isbot qilinadi: 15- rasmdan ko'rinishicha, osmon meridiani bo'ylab zenitdan ekvator tekisligigacha bo'lgan yoy uzunligi —  $ZQ$ , Yer sirtidagi kuzatuvchi turgan  $O$  nuqta geografik kengligining yoyi  $qO = \varphi$  bilan bir xil qiymatli markaziy burchak ( $\angle QOZ$ ) ni tashkil qiladi.



15- rasm. Olam qutbining balandligi va kuzatish joyining geografik kengligi orasidagi bog'lanish.



Olam qutbining balandligini xarakterlovchi yoy —  $NP$  ga tiralgan burchak  $NOP$  va eslatilgan  $QOZ$  tekis burchaklarning 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 tengligidan  $\angle NOP = \angle QOZ$  bo'ladi. Biroq  $\angle NOP = h_p$ ,  $\angle QOZ = \varphi$ . Shunga ko'ra,  $h_p = \varphi$  bo'ladi.



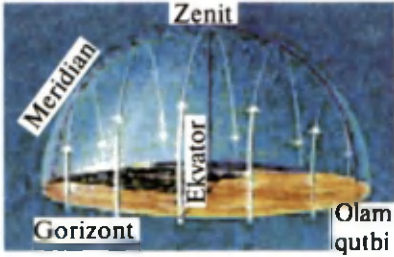
1. Olam qutbining balandligi va joyning geografik kengligi orasida qanday bog'lanish borligini tushuntiring.
2. Kuzatuvchi Yerning shimoliy qutbida bo'lsa, Olamning shimoliy qutbi gorizontga nisbatan qanday joylashishini aytning. Ekvatorida bo'lsa-chi?

## 6- §. Turli geografik kengliklarda osmon sferasining sutkalik ko'rinma aylanishi

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

**1-hol.** Kuzatuvchi  $\varphi = 0^\circ$  geografik kenglikda, 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 (16-a rasm).

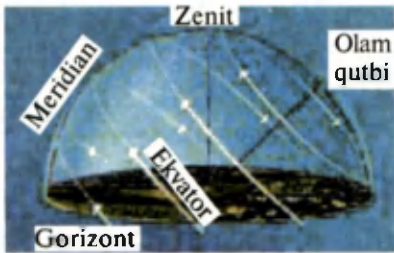
Osmon ekvatorining tekisligi olam o'qiga tik bo'lganidan, ekvator aylanasi zenit va nadir nuqtalari orqali o'tadi. Yoritgichlarning sutkalik yo'llari, ekvatorga parallel bo'lgan — sutkalik parallellar bo'ylab yo'nalganidan ular ham matematik gorizontga tik joylashadi va u bilan teng ikkiga bo'linadi. Bundan ko'rinishicha, ekvatoridagi kuzatuvchi uchun osmonning shimoliy va janubiy yarim sharlardagi barcha yoritgichlarning gorizont ustida va ostida bo'lish vaqtlari o'zaro teng bo'ladi. Ularning meridian-



a)



b)



d)

### 16- rasm.

Turli kengliklarda yulduzlar osmonining sutkalik ko'rinma aylanishi:  
 a) Yerning qutbida;  
 b) Yerning qutbida;  
 d) o'ra geografik kengliklarda.

dagi balandliklari  $h = 90^\circ - |\delta|$  ga teng bo'ladi. Ekvatordagi kuzatuvchi uchun barcha yoritgichlar chiqadi va botadi. Agar yoritgich ekvator bo'ylab sutkalik ko'rinma harakat qilayotgan bo'lsa (ya'ni  $\delta = 0$ ), 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 kunlar uchun Quyoshning gorizontga nisbatan sutkalik ko'rinma harakati qanday kechishini ko'raylik. 22- dekabr kuni qishki quyosh turishi nuqtasi orqali o'tkazilgan sutkalik paralleldan ko'rinadiki, bu kuni Quyosh osmonning janubiy yarim sharida sharqdan  $23^\circ 26'$  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 yarim sharda,



olam ekvatoridan  $23^{\circ}26'$  masofadan o'tuvchi sutkalik parallel bo'ylab kuzatiladi. Tush paytida Quyosh, 22- dekabrda kabi, matematik gorizontdan  $66^{\circ}34'$  balandda bo'ladi. 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.

**2- hol.**  $\varphi = \pm 90^{\circ}$ , ya'ni kuzatuvchi Yer qutblarida bo'lsin. Agar kuzatuvchi shimoliy qutbda bo'lsa, olam shimoliy qutbning balandligi  $h_p = \varphi = 90^{\circ}$  bo'lib, u zenit bilan ustma-ust tushadi (16-b rasm). U holda olam o'qi vertikal o'q bilan, olam ekvatori esa matematik gorizont bilan ustma-ust tushadi. Bunda osmonning shimoliy yarim sharidagi barcha yulduzlar matematik gorizontga parallel holda aylanadi va botmaydi. Ularning aylanish balandliklari yil davomida o'zgarmas bo'lib, shu yoritgichlarning og'ish burchaklariga ( $\delta$ ) teng bo'ladi. Osmonning janubiy yarim sharidagi yoritgichlar esa, aksincha, butunlay chiqmay gorizont ostida unga parallel harakatlanadilar.

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,  $h_{\odot} = \delta_{\odot} = 23^{\circ}26'$  ga yetadi. Shundan so'ng Quyosh, botmagan holda, kundan-kun balandligini pasaytirib boradi va, nihoyat, 23- sentabr kuni u botadi va to kelgusi yilning 21- martiga qadar chiqmaydi. Agar kuzatuvchi Yerning janubiy qutbida bo'lsa, Quyosh 6 oygacha – 21- martdan 23- sentabrgacha chiqmaydi.

**3- hol.**  $0 < \varphi < 90^{\circ}$ , ya'ni kuzatuvchi Yer ekvatori va qutbidan boshqa nuqtalarda (o'rta kengliklarda) bo'lsin (16-d rasm). Bu joylarda sutkalik parallel aylanalari matematik gorizont bilan kesishmasligi yoki kesishgach, teng ikkiga bo'linmasligi mumkin. Osmon ekvatori bundan mustasno. Shimoliy yarim sharda harakatlanayotgan yoritgichlar sutkalik parallel aylanalarining gorizont ustidagi qismi gorizont ostidagi qismidan katta bo'ladi. Bu farq yoritgichning og'ish burchagi  $\delta$  ga bog'liq bo'lib, u qancha katta bo'lsa, farq ham shuncha ko'p bo'ladi. Janubiy yarim



shardagi yoritgichlar sutkalik aylanalarining gorizont ostidagi qismlari esa, aksincha, ustidagisidan ko'p, boshqacha aytganda, yoritgichlar, gorizont ostida, uning ustidagiga qaraganda ko'proq vaqt bo'ladilar. Shuningdek, bu joylarda, ya'ni osmonning har ikkala – shimoliy va janubiy yarim sharlarida ham sutkalik yo'llari matematik gorizont bilan kesishmaydigan yoritgichlar mavjud bo'lib, ular mos ravishda, sutkalik harakatlari davomida butunlay botmaydilar yoki, aksincha, chiqmaydilar. Ular osmonning qanchalik katta yoki kichik maydonini egallashlari, 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 yarim shardagi botmaydigan yoritgichlar uchun;  $|\delta| > 90^\circ - \varphi$  – janubiy yarim shardagi chiqmaydigan yoritgichlar uchun.

Bunday kengliklarda Quyoshning sutkalik yo'li, u shimoliy yarim sharda bo'lganda (ya'ni 21- martdan to 23- sentabrga qadar), kunduz tundan uzun, janubiy yarim sharda bo'lganda esa (ya'ni 23- sentabrdan to kelgusi yilning 21- martiga qadar) tuni kunduzidan uzun ekani kuzatiladi. Agar joyning geografik kengligi qutb aylanasidan shimolda (ya'ni  $66^\circ 34'$  dan katta) bo'lsa, bunday joylarda 22- iyunga yaqin bir necha kun yoki bir necha oy ( $\varphi > 70^\circ$  bo'lsa) davomida Quyoshning botmasligini, 22- dekabr atrofidagi kunlarda esa chiqmasligini kuzatish mumkin.



1. Kuzatuvchi Yer qutblaridan ( $\varphi = \pm 90^\circ$ ) birida bo'lganda yulduzlar osmonning aylanishi qanday kechishini tushuntiring.
2. Kuzatuvchi Yer ekvatorida bo'lganda ( $\varphi = 0^\circ$ ) yulduzlar gorizontga nisbatan sutkalik aylanishini tushuntiring.
3. Kuzatuvchi o'rta kengliklarda ( $0 < \varphi < 90^\circ$ ) bo'lganda, yulduzlar osmonining ko'rinma aylanishi gorizontga nisbatan qanday kechadi?
4. Turli kengliklarda, yil davomida Quyoshning sutkalik aylanishi qanday kechadi?

## 7- §. Astronomik kuzatishlar asosida joyning geografik kengligini taxminiy belgilash

Qutb yulduzi (Kichik Ayiq yulduz turkumining eng yorug' yulduzi – alfasi) olam qutbidan 1 gradusdan ham kichik yoy masofada joylashgan. Oldin aniqlaganimizdek, ma'lum bir



joyning geografik kengligi –  $\varphi$ , o'sha joyda Olam qutbining gorizontdan balandligiga ( $h_p$ ) teng bo'ladi, ya'ni  $\varphi = h_p$ . Binobarin, Toshkentda Olam qutbining balandligi taxminan  $41^\circ$  ga tengligidan, Toshkentning geografik kengligi  $41^\circ$  ga teng bo'ladi deb xulosa qilish mumkin.

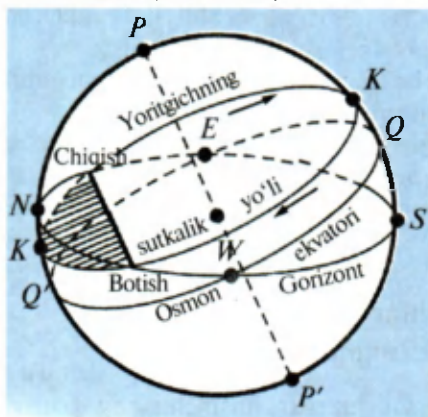
Boshqacha aytganda, Yer sharining ma'lum bir joyida turib, bu joyning geografik kengligini taxminan aniqlash zarur bo'lsa, shu joyda Olam qutbining gorizontdan balandligini o'lchash kifoya ekan.



1. Kuzatuvchi turgan joyning kengligini taxminan aniqlashning oddiy usuli qanday?
2. Toshkentda ( $\varphi = 41^\circ 20'$ ) Olamning shimoliy qutbi qanday balandlikka ega bo'ladi?

## 8- §. Yoritgichlarning kulminatsiyasi va kulminatsiya balandliklari

Yoritgichlarning, sutkalik ko'rinma harakati 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* deb, ikkinchisi esa ( $K'$ ) – *quyi kulminatsiya* deb ataladi (17- rasm).



17- rasm. Yoritgichlarning kulminatsiyasi hodisasi.

Kulminatsiya paytida yoritgichning balandligi kuzatish joyining geografik kengligi ( $\varphi$ ) va yoritgichning og'ishiga ( $\delta$ ) bog'liq bo'ladi.

$K$  yoritgichning yuqori kulminatsiyasi paytidagi balandligi  $SK$  yoy bilan o'lchanib, u  $h_{yu} = SK = SQ + QK$

bo'ladi.  $SQ$  – osmon ekvatori tekisligining gorizont tekisligiga og'maligiga teng





bo'lib, u  $SQ = 90^\circ - \varphi$  ifoda orqali hisoblanadi.  $QK$  yoy esa yoritgichning og'ishiga ( $\delta$ ) tengligidan

$$h_{yu} = 90^\circ - \varphi + \delta$$

tenglamadan topiladi. Yoritgichning quyi kulminatsiyasi ham shunday yo'l bilan hisoblanib, u  $h_q = \varphi + \delta - 90^\circ$  ga tengligi oson topiladi. Quyoshning yuqori kulminatsiya holati tush payti deyalib, quyi kulminatsiya holati – yarim kechaga to'g'ri keladi.

*Misol uchun*, Toshkentda, 22- iyunda, tush paytida Quyosh markazining balandligini topish talab etilgan bo'lsin. Toshkentning geografik kengligi  $\varphi_T = 41^\circ 20'$ ; 22- iyunda, ya'ni Quyosh yozgi quyosh turishi nuqtasida bo'lganda, uning og'ishi ekliptikaning ekvatorga og'ish burchagiga ( $\delta = 23^\circ 26'$ ) tengligidan Quyosh markazining balandligi

$$h_\odot = 90 - \varphi_T + \delta$$

ifodadan topiladi.  $\varphi_T$  va  $\delta$  ning qiymatlaridan foydalansak:  $h_\odot = 90^\circ - 41^\circ 20' + 23^\circ 26' = 72^\circ 06'$ . Demak, bu kuni tush paytida, Quyosh markazining gorizontdan balandligi  $72^\circ 06'$  ga teng bo'lib, zenitdan atigi  $17^\circ 54'$  li yoy masofada bo'lar ekan.



1. Yoritkichlarning kulminatsiyasi deb qanday hodisaga aytiladi va u necha xil bo'ladi?
2. Yoritkichning kulminatsiyalari uning og'ishi va kuzatuvchining kengligi orqali qanday ifodalanadi?

## 9- §. Vaqtni o'lchashning asoslari

Kishilar vaqtni 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 vaqtni o'lchash uchun foydalanganlar. Qadimda hindlar foydalangan shunday soatlardan biri 18- rasmda tasvirlangan. Vaqt o'tishi bilan kishilar vaqtni o'lchashning aniq usullarini o'ylab topdilar. Bular ichida Yerning o'z o'qi atrofida to'la aylanish davriga tayanib vaqtni o'lchash usuli eng qulayi bo'lib, kishilar vaqtni o'lchashning bu usulidan hozirga qadar foydalanadilar.



18- rasm. Qadimda hindlar foydalangan Quyosh soati.

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 vaqtni o'lchashda, Yerning o'z o'qi atrofida Quyoshga nisbatan bir to'la aylanib chiqish vaqti – Quyosh sutkasini asos qilib olamiz. Quyosh sutkasi deb, Quyoshni ikki marta ketma-ket yuqori kulminatsiyasidan (boshqacha aytganda, tush paytidan) o'tishi uchun ketgan vaqtga aytiladi.

Bu vaqt, aslida doimo bir xil bo'lmay, biroq o'zgarib turadi. Buning sababi, Quyoshning ekliptika bo'ylab ko'rinma harakatining notekisligidadir. Shu sababdan amalda sutkaning uzunligi uchun Quyosh sutkasining o'rtacha qiymati olinadi va u 24 soat qilib belgilanadi.

Quyosh vaqtini aniqlash va soatlarni tekshirish uchun Quyoshning kulminatsiyadalik momentini (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 yulduzning 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.

Astronomlar tomonidan topib berilgan aniq vaqtni «asrash» uchun, maxsus atom soatlaridan foydalaniladi. Bunday soatlarning yurishi, atomda o'zgarmas chastotali tebranma jarayonlarga tayaniganidan, juda yuqori aniqlikka ega bo'ladi.



Aniq vaqtni belgilash, uni «as-rash» va uni vaqti-vaqti bilan yul-duzlarga qarab to'g'rilab turish bilan Astronomiya institutlari (yoxud ob-servatoriyalari) qoshida tashkil etilgan «Vaqt xizmati» bo'limlari shug'ul-lanadi. Xususan, O'zbekiston FA ga qarashli Astronomiya instituti qoshida ham shunday bo'lim mavjud bo'lib, u mamlakatimiz va hatto dunyo ahliga aniq vaqt xizmatini ko'rsatishda ko'p yillardan beri faol ishtirok etadi.



**19- rasm.** Vaqt hisobi Grinвич meridiani vaqtidan boshlanadi.

Ma'lum joylarning aniq *mahalliy vaqtlarini* bilish, bu joylarning geografik uzunliklarini aniqlash uchun ham zarurdir.

Ixtiyoriy  $\lambda_1$  va  $\lambda_2$  uzunliklarga ega bo'lgan punktlarning mahalliy vaqtlari —  $T_1$  va  $T_2$  orasida quyidagicha bog'lanish mavjud:

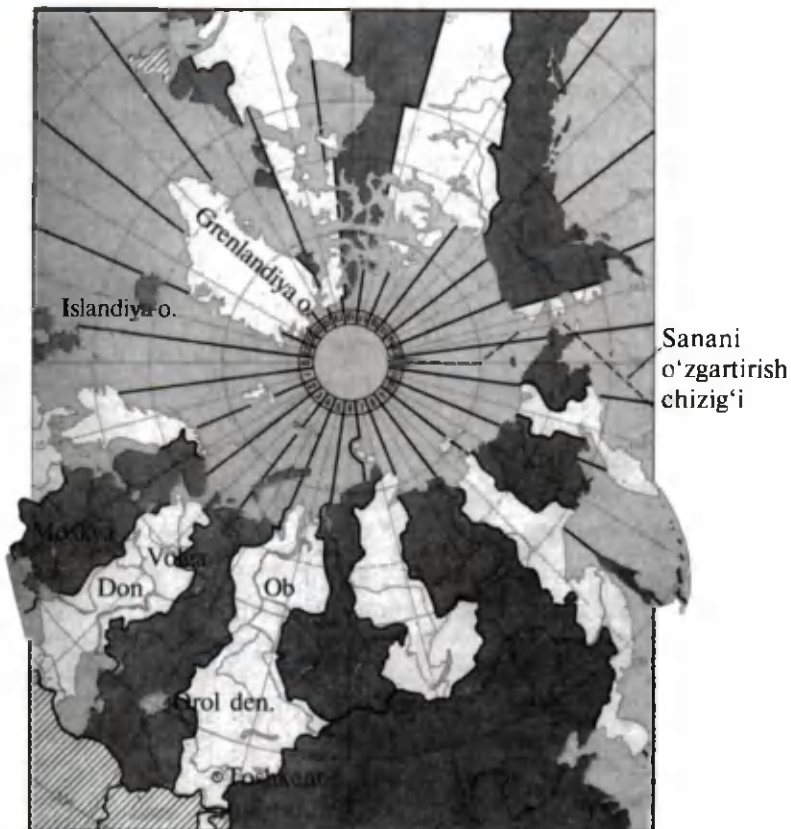
$$\lambda_1 - \lambda_2 = T_1 - T_2.$$

*Dunyo vaqti:* uzunligi nolga teng bo'lgan meridianing (ya'ni Grinвич meridianining) mahalliy vaqti, shartli ravishda, dunyo vaqti —  $T_0$  qilib olingan (19- rasm).

Ixtiyoriy  $\lambda$  uzunlikka ega bo'lgan punktning mahalliy vaqti —  $T_\lambda$ , dunyo vaqti —  $T_0$  orqali quyidagicha topiladi:

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

*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 (20- rasm). Har bir poyas uchun alohida vaqt belgilanadi. Ular bir-biridan uzunliklari o'rtacha  $15^\circ$  farq qiluvchi meridianlar bilan chegaralanadi va ular tartib bilan, 0 dan 23 gacha (0, 1, 2, 3, ..., 23) nomerlanadi. Shuningdek, har bir poyas chegarasida yotgan bittadan meridian asosiy meridian qilib tanlanadi. Asosiy meridianlarning uzunliklari mos ravishda  $0^h$ ,  $1^h$ ,



20- rasm. Yer shari poyaslari (Toshkent 5- poyasda joylashgan).

$2^h, 3^h, 4^h, \dots, 23^h$  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.

Ixtiyoriy  $N$ - nomerli poyas chegarasida yotgan va  $\lambda_m$  uzunlikka ega bo'lgan punktning mahalliy vaqti ( $T_m$ ) va poyas vaqti ( $T_p$ ) orasidagi bog'lanish quyidagicha ifodalanadi:

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

chunki  $\lambda_{as}$  – mazkur poyasning o'rtasidan o'tgan asosiy meridianning uzunligini,  $T_p$  – esa shu meridianga 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. Bu tenglama, poyas vaqti ( $T_p$ ) berilgan bo'lsa, mahalliy vaqtni ( $T_m$ ) topishga (yoki, aksincha) imkon beradi, ya'ni:

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



1. Vaqtni o'lchashda qaysi osmon jismlarining qanday davrlari asos qilib olinadi?
2. Yulduz va quyosh sutkalari qanday topiladi? Ular o'zaro tengmi?
3. Quyosh vaqtini topish qanday bajarilishi haqida gapirib bering.
4. Mahalliy va dunyo vaqtlari deb qanday vaqtlarga aytiladi?
5. Poyas vaqti qanday topiladi? Bu vaqtlar orasida qanday bog'lanish mavjud?

## 10- §. Kalendarlar (taqvimlar)

Uzoq muddatni vaqtning o'lchamlari (sutka-kun, hafta, oy va yillar) bo'yicha tizimga solish — kalendar deyiladi. Kalendar tuzishda Oy fazalarining almashinish davri yoki yil fasllarining almashinish davri (tropik yil) asos qilib olinadi. Oy fazalarining almashinish davri (sinodik davr) asos qilib olingan taqvimlar — *Oy kalendarlari* deb, yil fasllarining almashinish davri asos qilib olinganlari esa *Quyosh kalendarlari* deb yuritiladi.

Oy fazalarining almashinish davri 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 ancha mushkullashtiradi. Chunki kalendar oyi ham, yili ham amalda butun sutkalarda ifodalashni talab etadi.

**1. Oy kalendari.** Birinchi oy kalendari miloddan avvalgi 2500-yillarda qadim Vavilonda paydo bo'ldi. Yetti kunlik hafta ham o'sha paytlarda, yulduzlar fonida harakatlanadigan yettita osmon jismi (Quyosh, Oy va 5 planeta) soniga teng qilib joriy qilindi. Bu osmon jismlari ilohiylashtirilib, haftaning bittadan kuni ularga bag'ishlandi.

Keyinchalik musulmonlar taqvimi deb ataladigan oy kalendari 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 ko'rinishi bilan boshlanadi. Kalendar oylari oy fazalariga mos kelishi uchun musulmonlar taqvimida ba'zi yillar 355 kun qilib olinadi.

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

Ushbu kalendar erasi Muhammad payg'ambarning Makka-dan 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 beradi). Bu taqvimning 12 oyi quyidagi nomlar bilan yuritiladi: Muharram, Safar, Rabi-ul-avval, Rabi-us-soni, Jumadal-ulya, Jumadal-oxira, Rajab, Sha'bon, Ramadon, Shavval, Zul-qa'da va Zul-hijja.

Mazkur taqvim bo'yicha yangi – 1428- yilning 1- muharrami 2007- yilning 20- yanvar shanba kuni kirgan.

**2. Quyosh kalendari.** Qadimgi Misrda, miloddan oldingi 3000-yillar ilgari birinchi Quyosh kalendari paydo bo'lgan. U davrda 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 ishlatilgan. Va, nihoyat, miloddan oldingi III asrda Misrda astronomlar yilning uzunligini 365,25 kunga tengligini aniqladilar.

Shundan so'ng, eramizdan oldingi I asrda rim sarkardasi Yuliy Sezar yilining 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 kun 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 reforma qabul qilib, yilning uzunligini aniqroq olingan qiymatini (365,2422 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 erasi Iso payg'ambarning afsonaviy tug'ilgan yilidan boshlangan.

Bu kalendarining 12 oyidan beshtasi qadimgi rimliklarning afsonaviy xudolarining nomlari bilan (Yanus, Februus, Mars, Maya, Yunona) iyul va avgust oylari rim imperatorlari Yuliy Sezar va Avgust nomi bilan, qolganlari esa o'zlarining tartib nomerlari (sentabr – yettinchi, oktabr – sakkizinchi, noyabr – to'qqizinchi, dekabr – o'ninchi) bilan ataladi. 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 qilinar edi. 1342- yildan Moskva metropoliti (hokimi) yangi yil bayrami bundan buyon faqat 1- sentabrda o'tkazilishi haqida buyruq berdi. XVII asrning oxirida podsho Pyotr I buyrug'i bilan 1700- yil kalendar yilining boshi 1- yanvarga ko'chirildi. Shundan buyon bu taqvim bo'yicha yangi yil 1- yanvarda nishonlanadigan bo'ldi.



1. Taqvimlar (kalendarlar) tuzishda qaysi osmon jismlarining davrlari asos qilib olinadi?
2. Oying sinodik davri (Oy fazalarining qaytarilish davri) asos qilib olingan kalendarlar qanday kalendar deyiladi?
3. Tropik yil asos qilib olinganlari-chi?
4. Oy-hijriy yoki musulmonlar taqvimi tuzilishini gapirib bering.
5. Yulian va grigorian kalendarlari haqida nimalar bilasiz?

## 11- §. Umar Xayyom kalendari

XI asrda Nishopurda (Xuroson) yashab, matematika, astronomiya sohasida ijod etgan taniqli shoir Umar Xayyom (1048–1131) 1070- yilda seljuq sultoni Malikshoh va uning vaziri



Nizomul-Mulk tomonidan saroyga taklif etildi. Uning iltimosiga ko'ra shoh, Xayyom va uning shogirdlari uchun 1076- yili Isfahonda (Eron) rasadxona qurib berdi. Malikshoh vafotiga (1092- y.) qadar ishlagan bu rasadxonadagi astronomik kuza-tishlar natijasida yuzdan ortiq yorug' yulduzlarning koordinata-larini 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 astro-nomiya tarixidan o'rin oldi.

Beruniy o'zining «O'tgan avlodlar haqida esdaliklar» asarida qadimgi Eronda kalendar yilining uzunligi 365 kun bo'lib, 12 ta oyining birinchi 11 tasi 30 kundan, 12- si esa 35 kundan bo'lganini ma'lum qiladi. Bu taqvimning yil boshisi esa har doim bahorgi teng kunlik (21- mart) bilan ustma-ust tushishi zarur edi.

Tropik yilning uzunligi, aslida 365 kun bo'lmay, undan 6 soatcha uzunligi tufayli, yillar o'tishi bilan taqvim yilining boshi tengkunlikdan siljib ketishiga (har to'rt yilda taxminan 1 kun) sabab bo'lgan. Kalendarini bunday kamchilikdan xalos qilish uchun Malikshoh astronom va matematiklardan iborat kengash tuzib, unga rahnamolik qilishni Umar Xayyomga topshirdi.

Kengashning bosh vazifasi, taqvim yillarining boshi («Navro'z») bahorgi tengkunlikdan siljilmaydigan qilib tuzishdan iborat edi. Buning uchun komissiya 366 kunlik kabisa yilini joriy qilib, uning kelish tartibini, rimliklarning yulian kalendarida joriy qilgan tartibidan boshqacharoq shaklini taklif etdi.

Keyinchalik Umar Xayyom kalendari deb nom olgan bu taq-vimda 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 qilib 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 erasining 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 taqvimda oylar, Quyoshning yillik ko'rinma harakati davomida kesib o'tadigan yulduz turkumlarining nomlari bilan Hamal, Savr, Javzo, Saraton, Asad, Sunbula, Mizon, Aqrab, Qavs, Jaddi, Dalv, Hut deb yuritiladi.

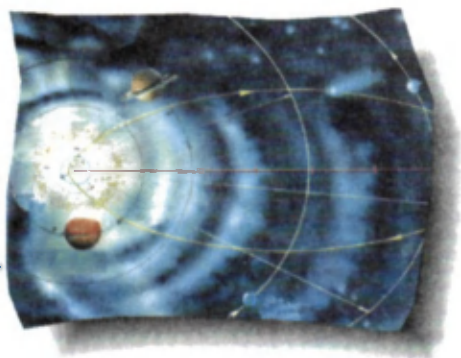
Quyosh-hijriy kalendari bo'yicha yangi — 1387- yil 2008- yilning 21- martida kiradi.



1. Umar Xayyom kalendari qanday kalendar?
2. Quyosh-hijriy kalendari deb yuritiluvchi bu taqvimning erasi qachondan boshlangan?
3. Umar Xayyom kalendari bo'yicha yangi yil qachon kiradi?
4. Xayyom kalendarining aniqligini grigorian kalendari aniqligi bilan solishtiring.
5. 2009- yil 21- martda Quyosh-hijriy kalendari bo'yicha qaysi yil kiradi?

# III

## OLAM TUZILISHI HAQIDAGI TASAV- VURLAR. OSMON MEXANIKASINING ELEMENTLARI



### 1- §. 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'ayritabiiy kuch bor deb ishonar edilar. Olam ham aynan shu kuch tomonidan yaratilgan degan fikrda edilar.

Qadimda ko'p yillar davomida Quyoshni va Oyni xudo deb qarab, ularga sig'inar edilar. Xususan, Quyoshga Misrda Ra xudosi deb, yunonlar esa Gelios xudosi deb unga sajda qilardilar.

Olam tuzilishi haqidagi dastlabki tasavvurlar juda sodda bo'lib, ularda Yer va Osmon bir-biriga qarama-qarshi qo'yilar edi. Odamlar Yerni tekislik ko'rinishida, osmonni esa yulduzlar «mixlangan» gumbaz sifatida tasavvur qilar edilar.

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

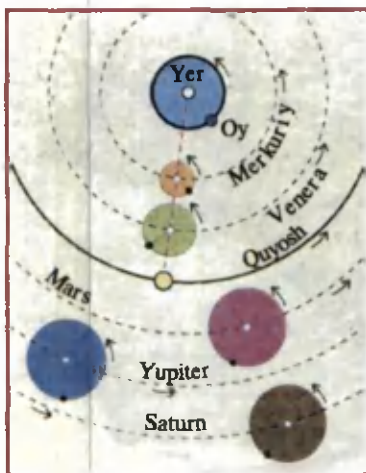
Eramizning II asrida taniqli aleksandriyalik astronom Klavdiy Ptolemey Olam tuzilishining *geosentrik (ya'ni markazida Yer turadigan) sistemasini* maydonga tashladi. Bu nazariyaga ko'ra, Koinotning markazida Yer turib, boshqa planetalar, jumladan, Quyosh, uning atrofida 21- rasmda keltirilgan tartib bilan aylanadi. Shuningdek, bu ta'limotga ko'ra, eng so'nggi sferada yulduzlar, Yerdan bir xil masofada joylashib, uning atrofida aylanadi.



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

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

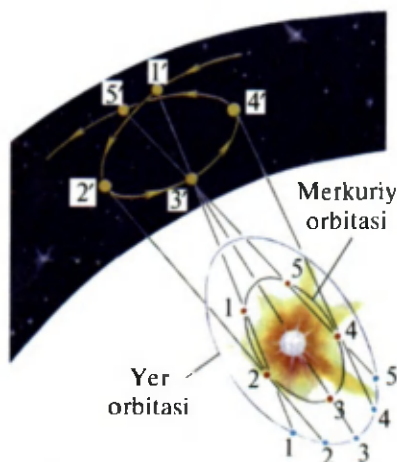
Bu nazariyaga ko'ra, Olamning markazida Quyosh turib, barcha planetalar, jumladan, Yer, uning atrofida tartib bilan aylanadi (22- rasm). Yulduzlar esa Ptolemey nazariyasidagi kabi eng oxirgi sferada joylashib, Quyoshning atrofida bir-biriga nisbatan qo'zg'almagan holda aylanadi.



21- rasm. Ptolemeyning geosentrik sistemasini.



22- rasm. Olam tuzilishining geliotsentrik sistemasini (markazida – Quyosh).



23- rasm. Planetalarning ko'rinma sirtmoqsimon harakatlarini tushuntirish.

Kopernik birinchi bo'lib, planetalarning yulduzlar fonidagi sirtmoqsimon harakatlanishlarining sababi, Yerning Quyosh atrofida boshqa barcha planetalar qatori, aylanishidan ekanligini ko'rsatib berdi (23- rasm). Kopernikning Olamning tuzilishi haqidagi bu nazariyasi *geliosentrik nazariya* deb nom oldi.

Olam tuzilishining geliosentrik nazariyasi mashhur italiyalik olim, faylasuf Jordano Bruno (1548–1600) tomonidan rivojlantirildi. Xususan, 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 isbot qildi.

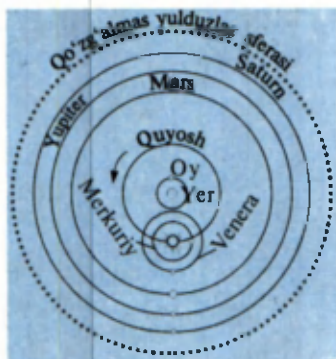
Mashhur italiyalik astronom Galileo Galiley (1564–1642) teleskop yaratib, osmon jismlarini o'rganish maqsadida, uni birinchi bo'lib shu jismlarga qaratdi. Natijada Kopernikning geliosentrik nazariyasini tasdiqlovchi bir talay dalillarni qo'lga kiritdi. Xususan, u Veneraning Oyga o'xshab turli fazalarda ko'rinishini ochdi. Oyda esa Yerdagi kabi tog'lar, pasttekisliklar borligini aniqladi. Galiley o'z teleskopi yordamida Quyoshda dog'lar borligini, Yupiterning atrofida aylanayotgan to'rtta yo'ldoshini hamda Somon Yo'li g'ij-g'ij yulduzlardan tashkil topganligini kashf etdi.

Bu kuzatishlar oqibatida, u qarorgohimiz Yer, Quyosh atrofida aylanuvchi oddiy bir planeta ekanligini aniqladi va Kopernikka qadar hukm surgan «Yer Koinotning markazida turadi» degan noto'g'ri tasavvurga barham berdi.

Olam tuzilishi haqidagi tasavvurlarning shakllanishida vatan-doshimiz buyuk alloma Abu Rayhon Beruniyning (973–1048)



katta xizmati bor. U uzoq 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 (24- rasm). Aslida Beruniy geotsentrik 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 olg'a qadam edi.



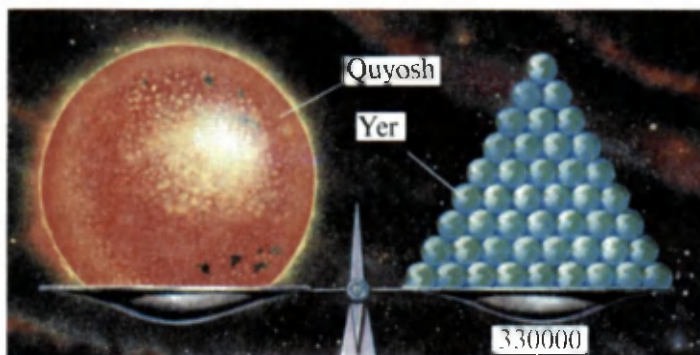
**24- rasm.** Beruniyning olam tuzilishi haqidagi qarashlari. Unga ko'ra Quyosh, o'z atrofida aylanayotgan yo'ldoshlari — Merkuriy va Venera bilan birga Yer atrofida aylanadi.



1. Olam tuzilishi haqida miloddan avvalgi tasavvurlar qanday bo'lgan?
2. Olam tuzilishining geotsentrik ta'limoti uni qanday tasavvur qiladi?
3. Olam tuzilishining geliosentrik sistemasiga ko'ra, u qanday tuzilgan?
4. Planetalarning yulduzlar fonidagi sirtmoqsimon harakatlari, geliosentrik ta'limot asosida qanday tushuntiriladi?
5. J. Bruno Olam tuzilishiga tegishli qanday yangi fikrlarni o'rta qo'ydi?
6. Beruniyning Olam tuzilishi haqidagi modelini chizib ko'rsating.

## 2- §. Quyosh sistemasining a'zolari va o'lchamlari

Quyosh sistemasiga kiruvchi jismlar bilan biz, dastlab «Tabiatshunoslik» darklarida 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 (25- 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 joylashganlar: Merkuriy, Venera, Yer, Mars, Yupiter, Saturn, Uran va Neptun.



25- rasm. Yer massasini Quyosh massasi bilan solishtirish.

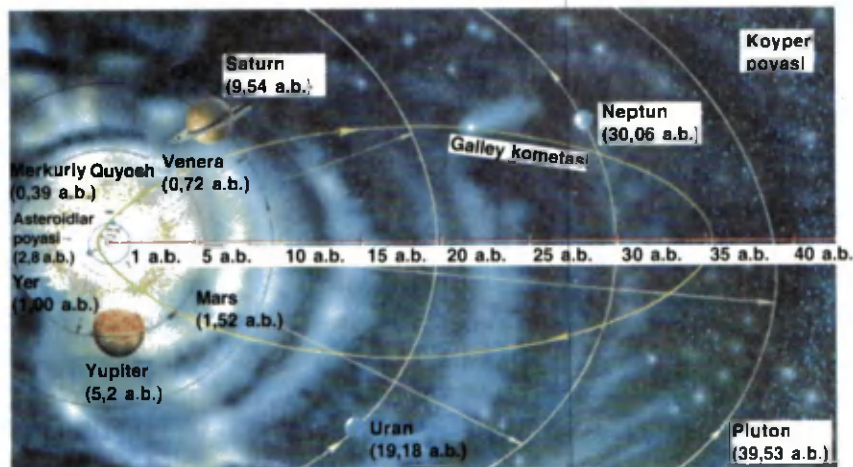
Quyosh sistemasini shartli ravishda chegaralovchi Neptun, Quyoshdan Yerga qaraganda salkam 30 marta uzoqlikda joylashgan. Ma'lumki, Yerning Quyoshdan o'rtacha uzoqligi 150 million kilometr, binobarin, Neptunning Quyoshdan uzoqligi o'rtacha 4,5 milliard kilometrni tashkil etadi. Quyoshdan Yergacha uning nurlari 8 minutdan sal ko'proq vaqtda yetib kelgani holda, Neptungacha 4,5 soatcha vaqt «yuradi».

Quyosh sistemasida, yirik planetalar bilan birga, mitti sayyoralar (Pluton, Sedna va Serera) va minglab mayda planetalar (kattaliklari bir necha yuz metrdan bir necha yuz kilometrgacha keladigan) ham aylanib, ularning aksariyatining orbitalari Mars bilan Yupiterning oralig'ida yotadi.

Shuningdek, Quyosh sistemasida juda cho'zinchoq elliptik orbitalar bo'ylab harakatlanadigan va qattiq yadrosi gaz qobig'i bilan o'ralib, Quyosh yaqinida «dum» hosil qilib o'tadigan kometalar deb ataluvchi jismlar ham mavjud.

Bulardan tashqari, Quyosh sistemi chegarasida, Quyosh atrofiga son-sanoqsiz, o'lchamlari qum zarralari kattaligidagi jismlar ham elliptik orbitalar bilan aylanadi. Ular *meteor jismlar* deyiladi.

Quyosh sistemasida harakatlanuvchi yirik planetalar har qancha katta bo'lishlariga qaramay, Quyosh bilan solishtirganda, unga nisbatan juda kichik osmon jismlari hisoblanadi. Planetalar, mitti planetalar va barcha mayda jismlarning massasi birgalikda Quyosh sistemi jismlari umumiy massasining 0,1 protsentini, Quyoshning massasi esa taxminan 99,9 protsentni tashkil etadi



26- rasm. Quyosh sistemasining mashtabi.

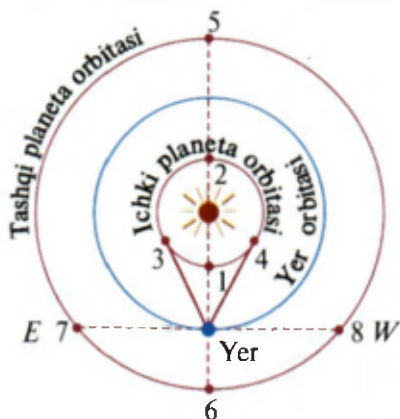
(26- rasm). Shuning uchun ham Quyosh o'z sistemasiga kiruvchi barcha jismlarning harakatlarini boshqaradi. Yulduzlar Quyosh sistemasiga kiruvchi jismlarga nisbatan ming-minglab marta uzoqda yotadilar. Shuning uchun ham ular, hatto eng quvvatli teleskoplardan qaralganda ham, kichik bir nuqta shaklda ko'rinadi. Aslida esa yulduzlar, ko'p hollarda, Quyoshdan ham katta o'lchamga ega bo'lgan unga o'xshash yorug' va qaynoq osmon jismlaridir.



1. Quyosh sistemasidagi planetalarni Quyoshdan uzoqligi tartibi bo'yicha sanang.
2. Quyosh atrofida yirik planetalardan tashqari yana qanday jismlar aylanadi?
3. Quyosh diametri va massasiga ko'ra Yerdan qancha marta katta?
4. Quyoshdan juda katta uzoqlikda joylashgan mitti planeta Pluton Yerga qaraganda Quyoshdan qancha marta narida yotadi?

### 3- §. Planetalarning konfiguratsiyalari va ko'rinish shartlari

Quyosh atrofida harakatlanayotgan planetalarning yulduzlar fonidagi vaziyatlari, harakatlanayotgan Yerdan kuzatilganligi tufayli murakkab ko'rinishga ega bo'ladi. Planetalarning Yerdan



27- rasm. Planetalarning konfiguratsiyalari va ko'rinish shartlari.

qaraganda Quyoshga nisbatan egallagan vaziyatlari ularning konfiguratsiyalari deyiladi.

Planetalardan ikkitasining konfiguratsiyalari bilan tanishaylik. 27- rasmda Quyosh atrofida Yer bilan birga aylanayotgan ikkita planetaning orbitasi aks ettirilgan. Ulardan birining orbitasi ichki planetaga (orbitasi Yer orbitasining ichida joylashgan — Merkuriy yoxud Veneraga), ikkinchisi esa tashqi planetaga (orbitasi Yer orbitasidan tashqarida yotganiga) tegishlidir.

Yerning rasmdagi vaziyatida ichki planeta egallagan 1- va 2- holatlar, planetaning Quyosh bilan *qo'shilish holatlari* deyilib, 1-quyi qo'shilish, 2-yuqori qo'shilish deb yuritiladi (27- rasm).

Planeta 1- va 2- holatlarida Quyosh shafag'iga ko'milib ko'rinmaydi, ya'ni bunda uning ko'rinmaydigan davri bo'ladi. Ichki planetaning Quyoshdan sharq va g'arb tomonga maksimal uzoqlashgan (yoy hisobida) holda ko'rinishlari (elongatsiyalari) uning 3- va 4- holatlariga to'g'ri keladi. Agar ichki planeta 3-holatda bo'lsa, u Quyoshdan sharq tomonda bo'lganidan, kechqurun Quyosh botgach, osmonning g'arb tomonida gorizontdan ancha balandda yaxshi ko'rinadi. Agar u 4- holatda, ya'ni Quyoshdan g'arb tomonda bo'lsa, erta tongda, Quyosh chiqishidan oldin sharq tomonda ko'rinadi.

Tashqi planetaga tegishli 5- holat *qo'shilish* (ya'ni Quyosh bilan qo'shilish), 6- holat *qarama-qarshi turish* (ya'ni Quyoshga nisbatan qarama-qarshi turish) deyiladi. Keyingi holatida planeta Quyoshdan  $180^\circ$  li burchak masofada joylashadi.

Tashqi planeta 5- holatda Quyosh bilan qo'shilib, Yerdagi kuzatuvchi uchun o'zining ko'rinmaydigan davrini o'tayotgan bo'ladi. 6- holatda esa, Quyoshga qarama-qarshi turganidan, Quyosh botishi bilan planeta sharq tomonda gorizontdan ko'tariladi va





butun tun davomida uni kuzatish mumkin bo'ladi. Planetaning 7- va 8- holatlari, mos ravishda, uning *sharqiy va g'arbiy kvadratura holatlari* deyiladi. Planeta 7- holatda bo'lganda, uni Quyosh botgandan to yarim kechagacha, 8- holatda bo'lganda esa, uni yarim kechadan to erta tonggacha gorizont ustida ko'rish mumkin bo'ladi.



1. Ichki va tashqi planetalar Quyosh atrofida harakatlanayotib, qanday konfiguratsion holatlarda bo'ladilar?
2. Bu planetalarning konfiguratsion holatlari va ko'rinish shartlari, ularning Quyosh va Yerga nisbatan joylashishlari bilan qanday bog'langan?

#### 4- §. Planetalarning Quyosh atrofida harakatlari. Ularning davrlari (mitti planeta)

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 88 kunda aylanib chiqqani holda, Pluton Quyosh atrofida salkam 240 yillik davr bilan aylanadi. Ularning harakat tezliklari ham har xil bo'lib, Quyoshdan uzoq masofada aylanadigan planetalar yaqin masofadagilariga qaraganda ancha kichik tezliklar bilan harakatlanadi.

Ilovadagi jadvalda planetalarning Quyosh atrofida aylanishlariga tegishli ma'lumotlar keltirilgan. Shuningdek, bu jadvalda planetalarning orbita tekisliklari, Yerning Quyosh atrofida aylanish tekisligi (ekliptika tekisligi) bilan qanday burchak hosil qilishi ham keltirilgan. Jadvaldan ko'rinishicha, barcha planetalar ekliptika tekisligiga yaqin joylashgan orbitalar bo'ylab harakatlanishi ma'lum bo'ladi.

Planetalarning Quyosh atrofida haqiqiy aylanish davrlari ularning *siderik* yoki *yulduz davri* deyiladi. Planetaning *siderik davri* ( $T_{pl}$ ) deb, uning Quyosh atrofida ma'lum bir yulduzga nisbatan to'la aylanib chiqishi uchun ketgan vaqtga aytiladi. Planetaning *sinodik davri* ( $S_{pl}$ ) deb esa, uning bir xil konfiguratsion vaziyatlarining, ya'ni planetaning Quyosh va Yerga nisbatan



qabul qilingan ma'lum vaziyatlarining (planetalarning qo'shilishi, elongatsiyalari yoxud qarama-qarshi turishlari) 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 farqidan:

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

bu yerdan

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

Tashqi planetalar uchun:

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

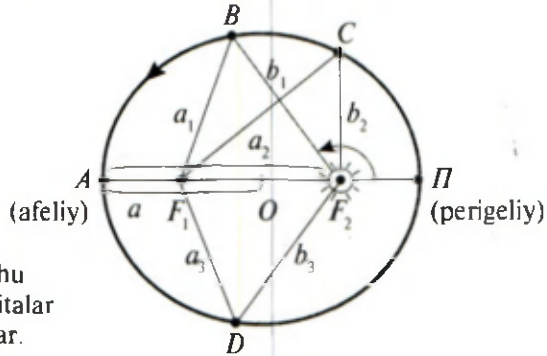
bu yerdan  $S_{pl} = \frac{T_{\oplus} \cdot T_{pl}}{T_{pl} - T_{\oplus}}$  yoki  $T_{pl} = \frac{S_{pl} \cdot T_{\oplus}}{S_{pl} - T_{\oplus}}$  bo'ladi.



1. Planetalarning siderik davrlari deb nimaga aytiladi?
2. Planetalarning sinodik davrlari deb nimaga aytiladi?
3. Planetalarning siderik davrlariga ko'ra ularning sinodik davrlari qanday topiladi?

## 5- §. 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 aniq kuzatish asboblari yordamida yoritgichlarning osmondagi o'rinlarini juda katta aniqlikda belgilashga erishdi. Bu aniqlik  $\pm 2'$  ni tashkil etib, 17 metr masofada 1 sm uzunlikdagi jism shunday burchak ostida ko'rinadi. Umrining oxirgi yillarini Pragada o'tkazayotgan Brage shogirdlikka talantli nemis astronomi Keplerni taklif etdi. Kepler taklifni qabul qilib, Pragaga ko'chib keldi. Biroq



28- rasm. Planetalar shu ko'rinishdagi elliptik orbitalar bo'ylab harakatlanadilar.

ko'p o'tmay Brage vafot qildi va uning qimmatli kuzatish materiallari Keplerning qo'lida qoldi. Kepler o'z ustoziga sodiq qolib, Yer va Marsning Quyoshdan uzoqligini aniqlash bo'yicha katta hisoblash ishlarini bajardi. Ko'p yillik hisoblashlar natijasida u Yerning Quyoshdan uzoqligi va Mars bilan Quyosh orasidagi masofalarni hisoblab, Marsning Quyosh atrofidagi harakat trayektoriyasini aniqladi. Bu trayektoriya ellips bo'lib chiqdi. Ellips deyiluvchi yopiq egri chiziqning xarakterli joyi shundaki, uning ixtiyoriy nuqtalari ( $B$ ,  $C$ ,  $D$ ) uchun ellipsning fokuslari deyiluvchi ikki nuqtasidan uzoqliklarining yig'indisi o'zgarmas qiymatga ega bo'ladi, ya'ni ellipsda (28- rasm)

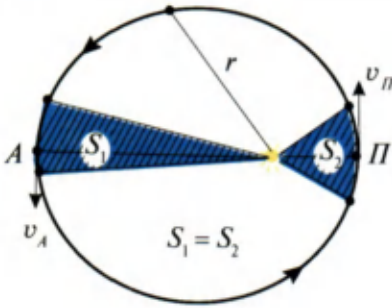
$$a_1 + b_1 = a_2 + b_2 = a_3 + b_3 = 2a = \text{const}$$

bo'lib, undagi  $F_1$  va  $F_2$  nuqtalar *ellipsning fokuslari* deyiladi. Ellips bir-biridan eng uzoq nuqtalarini tutashtiruvchi va fokuslar orqali o'tuvchi kesmasi uning *katta o'qi* 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 umimlashtirib, Kepler planetalar harakatiga tegishli quyidagi uchta qonunni kashf etdi:

1. Har bir planeta Quyosh atrofida ellips bo'ylab aylanadi va mazkur ellipsning fokuslaridan birida Quyosh yotadi.

2. Planetalarning radius-vektorlari (planetani Quyosh bilan tutashtiruvchi kesma) teng vaqtlar ichida teng yuzalar chizadi (29- 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- planeta-ning katta yarim o‘qi va davri,  $a_2, T_2$  – 2- planetaning katta yarim o‘qi va davri.

Bu ifoda, kuzatishdan aniqlangan planetaning davriga ( $T$ ) ko‘ra, ungacha bo‘lgan o‘rtacha masofani ( $a$ ) topishda, astronomlarga juda qo‘l keldi, ya‘ni  $T^2$  (yil) =  $a^3$  (a.b.).

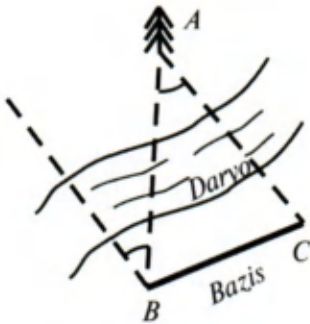
**29- rasm.** Planetalarning radius-vektorlarining teng vaqtlar ichida chizadigan yuzalari ham teng bo‘ladi.



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

## 6- §. Quyosh sistemasida jismlarigacha masofalarni aniqlash

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

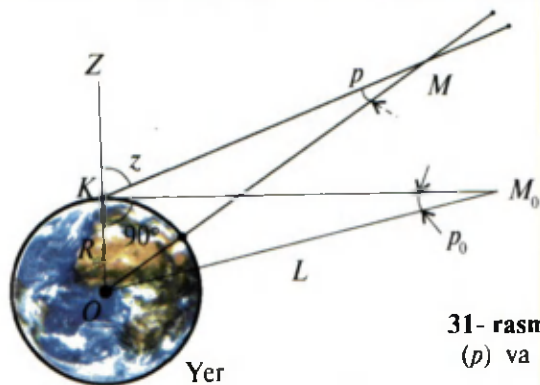


**30- rasm.**

Borib bo‘lmaydigan nuqtagacha masofani aniqlash usuli.

Biz geometriya kursida borib bo‘lmaydigan nuqtalargacha masofani aniqlash bo‘yicha qo‘llagan metodimizni esga olaylik. 30- rasmda  $B$  nuqtadan turib, daryoning narigi qirg‘og‘ida joylashgan  $A$  daraxtgacha masofani topish kerak bo‘lsin.

Buning uchun daryoning biz turgan tomonida biror  $C$  nuqtani olib,  $BC$  ning uzunligini katta aniqlik bilan



31- rasm. Yoritkichning sutkalik ( $p$ ) va sutkalik-gorizont ( $p_0$ ) parallaksleri.

o'ldaymiz. Bu kesmaning uchlaridan  $A$  daraxtga qarasak, unga tomon yo'nalishlarning ( $AB$  va  $AC$ ) kuzatuvchining  $B$  dan  $C$  ga siljishiga mos ravishda siljishiga guvoh bo'lamiz. Qaralayotgan obyektga tomon yo'nalishining kuzatuvchining siljishiga mos ravishda bu xilda siljishi, paralaktik siljish deyiladi.  $BC$  masofa esa *bazis* deyiladi. Bazisning ma'lum uzunligi va uning uchlaridan obyektga tomon yo'nalishlar bilan hosil qilgan  $B$  va  $C$  burchaklariga (bevosita o'lchashlar asosida ular oson topiladi) ko'ra  $A$  daraxtgacha masofa aniqlanadi.

Endi Quyosh sistemasi jismlarigacha masofalarni topish masalasiga kelsak, bunda bazis qilib Yer radiusi olinadi. Osmon jismidan ( $M$ ), kuzatuvchi ( $K$ ) dan o'tgan Yer radiusi uchlariga tortilgan to'g'ri chiziqlar orasidagi burchak mazkur osmon jismining (yoritkich)ning sutkalik *parallaks burchagi* deyiladi (31- rasm).

Agar yoritkich kuzatuvchiga nisbatan gorizontda joylashgan ( $M_0$  nuqtada) bo'lsa, uning parallaksi sutkalik gorizont parallaks ( $p_0$ ) deyiladi.

Biror planetaning sutkalik gorizont parallaks burchagini topish uchun bir vaqtda, Yerni ma'lum meridianining ikki nuqtasidan ( $K$  va  $C$ ) uni kuzatish kerak bo'ladi. Bunda planeta, uzoqdagi yulduzlarning fonida paralaktik siljigan holda ikki ( $M_1$  va  $M_2$ ) nuqtada ko'rinadi. Planetaning paralaktik siljishi asosida  $p_0^*$  burchak topilib, unga tayangan holda,  $L$  – planetagacha masofa,  $M_0OK$  – to'g'ri burchakli uchburchakdan quyidagicha topiladi:



$$\sin p_0^* = \frac{R_{\oplus}}{L}$$

bundan  $L = \frac{R_{\oplus}}{\sin p_0^*} = \frac{206265}{p_0} \cdot R_{\oplus}$ , chunki

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

bu yerda  $R_{\oplus}$  – Yer radiusini ifodalaydi.

2. Ayni paytda Quyosh sistemasi jismlarigacha masofalar radiolokatsion metod yordamida ham juda katta aniqlik bilan topiladi.

Bunda Yerdan birorta planetagacha yuborilgan signalning (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  $L = \frac{ct}{2}$  ekanligi ma'lum bo'ladi.

Xuddi shu usul bilan Yerdan Quyosh sistemasi jismlarigacha bo'lgan masofalar, jumladan, Quyoshgacha bo'lgan masofa (1 astronomik birlik = 149598500 km) juda katta aniqlik bilan topilgan.



1. Quyosh sistemasidagi biror jismning parallaks burchagi deb qanday burchakka aytiladi?
2. Quyosh sistemasidagi jismlargacha masofalar qanday topiladi?
3. Radiolokatsion metod asosida osmon jismlarigacha masofalar qanday topiladi?

## 7- §. Astronomiyada uzunlik birliklari

Astronomiyada uzunlikni xalqaro sistemada qabul qilingan birlikda (metrlarda) ifodalash har doim ham qulay bo'lmay, katta qiyinchiliklar bilan kechadi. 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  $\approx 149,6$  million kilometrga teng. Bu birlikdan,



asosan, Quyosh sistemasidagi osmon jismlarigacha (planetalar, kometalar, Oy va boshqalar) bo'lgan masofalarni ifodalashda foydalaniladi.

2. Yorug'lik yili (yo.y.) – yorug'likning bir yilda o'tgan yo'li bilan xarakterlanadi. Bunday uzunlikni kilometrarda ifodalash uchun bir yilda qancha sekund borligi topilib, so'ngra uni yorug'lik tezligiga ( $3 \cdot 10^8$  km/s) ko'paytiriladi. Ma'lumki, 1 yildagi sekundlarning miqdori  $365,2422 \cdot 24 \cdot 3600$  s bo'ladi. Bu yerda  $365,2422$  – bir yildagi kunlarning sonini,  $24$  – bir kundagi soatlar sonini,  $3600$  esa har soatdagi sekundlar sonini bildiradi. Bu sonlarni o'zaro ko'paytirib, 1 yorug'lik yili (1 yo.y.)  $9,46 \cdot 10^{12}$  km ga tengligini aniqlaymiz. Topilgan natijani  $149,6$  mln km ga bo'lsak, 1 yo.y. ning astronomik birliklardagi qiymatini topamiz. U  $63240$  a.b. ga teng chiqadi.

3. Parsek (pk) – «parallaks» va «sekund» so'zlaridan olingan bo'lib, yillik parallaksi (VIII, 7- §)  $1''$  ga teng bo'lgan yoritgichgacha masofani ifodalaydi:

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

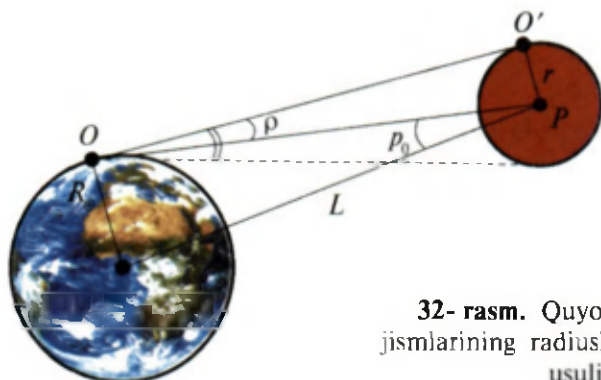
Odatda, uzunlikning yorug'lik yili parsek, kiloparsek ( $1000$  pk) va megaparsek ( $\text{Mpk} = 10^6$  pk) birliklari, Quyosh sistemasidan tashqaridagi osmon jismlarigacha (yulduzlar, yulduz to'dalari, tumanliklar va hokazo) masofalarni, shuningdek, tashqi galaktikalar, galaktik to'dalarning o'lchamlarini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



1. Astronomiyada uzunlikning Xalqaro sistemadagi birliklaridan boshqa yana qanday birliklaridan foydalaniladi?
2. 1 astronomik birlik (a.b.) deb qanday masofa olingan?
3. 1 yorug'lik yili (yo.y.) deganda qanday uzunlik tushuniladi?
4. 1 parsek (pk) qanday so'zlardan olingan, u soz'larning bu uzunlik birligiga qanday daxli bor?
5. 1 parsek qancha yorug'lik yiliga teng? U qancha astronomik birlik bo'ladi?

## 8- §. Quyosh sistemasi jismlarining o'lchamlarini aniqlash

Rasmda keltirilgan planetaning  $r$  radiusini aniqlash uchun bu planetaning parallaksi  $p_0$  – to'g'ri burchakli uchburchak  $OEP$  dan (32- rasm):



32- rasm. Quyosh sistemasi jismlarining radiuslarini hisoblash usuli.

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

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

$$\sin \rho = \frac{O'P}{OP} = \frac{r}{L}$$

bo'ladi, bu yerdan  $r$  ni topsak, u:  $r = L \sin \rho$ . Agar  $L$  ni birinchi tenglamadan topsak, u:  $L = \frac{R_{\oplus}}{\sin p_0}$  bo'ladi. Bu ifodaning qiymatini ikkinchi tenglamaga qo'yib, planeta radiusi ( $r$ )ni quyidagicha aniqlash mumkin:

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

$p_0$  va  $\rho$  burchaklar sekundli yoylarda o'lchanganligidan, planetaning radiusini quyidagi  $r = \frac{R_{\oplus}}{p_0} \rho$  ifodadan topishimiz mumkin, chunki  $\sin p_0 = p_0 \cdot \sin 1''$ ,  $\sin \rho = \rho \cdot \sin 1''$ ; bu yerda  $R_{\oplus}$  – Yerning radiusi.



1. Quyosh sistemasiga kiruvchi jismlarning o'lchamlari (radiuslari) qanday topiladi?
2. Buning uchun dastlab ularning qanday parametrlarini aniqlash zarur?
3. Planetalarning sutkalik gorizonta parallaxsi ( $p_0$ ) va ko'rinma radiuslariga ( $\rho$ ) ko'ra ularning radiuslarini ( $r$ ) hisoblash formulasini yozing.





## 9- §. Butun olam tortishish qonuni

Kepler qonunlari faqat planetalarninggina harakatlariga tegishli bo'lmay, ularning tabiiy va sun'iy yo'ldoshlariga ham qo'llasa bo'ladigan universal qonunlardir.

Kepler qonunlarining kashf etilishi, Quyosh sistemasiga aloqador barcha osmon jismlarining harakatlariga oid qonunlarni ochishga imkon yaratib, planetalar harakatlarini boshqaruvchi kuchning aniqlanishiga olib keldi. Ana shunday qonunlardan biri – Nyuton tomonidan 1687- yilda kashf etilgan butun olam tortishish qonuni sizga fizika kursidan ma'lum:

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

bu yerda  $m_1$  va  $m_2$  – ixtiyoriy ikki jismning massasini,  $r$  – ular orasidagi masofani ifodalaydi,  $G$  – gravitatsion doimiylik deyilib, qiymati son jihatdan bir-birlaridan 1 m masofada joylashgan va massalari 1 kg dan bo'lgan ikki jismning Nyutonda ifodalangan tortishish kuchiga son jihatdan teng kattalidir. Keyinroq, Nyuton matematik yo'l bilan Keplerning barcha qonunlarini keltirib chiqardi.



1. Nyutonning butun olam tortishish qonunining matematik ifodasini yozing.
2. Gravitatsiya doimiysi  $G$  ning fizik ma'nosini tushuntiring.

## 10- §. Osmon jismlarining massalarini hisoblash

Osmon jismlarining asosiy fizik xarakteristikalaridan biri – ularning massalari bo'lib, uni aniqlashda Keplerning Nyuton tomonidan umumlashtirilgan (yoki aniqlashtirilgan) ushbu III qonunidan foydalaniladi:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} \cdot \frac{(M_{\odot} + m_1)}{(M_{\odot} + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3}, \quad (1)$$

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 ularning orbitalari katta yarim o'qlarini ifodalaydi.

Bevosita o'lchashlar asosida planetamiz – Yerning massasini topish mumkin. So'ngra shu asosda boshqa biror planetaning massasini aniqlash uchun esa 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

$$\frac{T_{pl}^2}{T_0^2} \cdot \frac{m_{pl} + m_1}{m_{\oplus} + m_2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}, \quad (2)$$

bu yerda  $T_{pl}$  va  $T_0$  – 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, planetalar massalariga nisbatan ularning yo'ldoshlari juda kichik bo'lganidan (Yer va uning tabiiy yo'ldoshi – Oy bundan mustasno),  $m_{pl} \gg m_1$ ,  $m_{\oplus} \gg m_2$  deb yozish mumkin. U holda (2) formula

$$\frac{m_{pl}}{m_0} = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3 \cdot \left(\frac{T_0}{T_{pl}}\right)^2 \quad (3)$$

ko'rinishni oladi.

Quyosh massasini Yer massasi birliklarida hisoblash uchun

$$\frac{M_{\odot}}{m_{\oplus}} \cdot \left(\frac{T_{\oplus}}{T_{s.y.}}\right)^2 = \left(\frac{a_{\oplus}}{a_{s.y.}}\right)^3 \quad \text{yoki} \quad M_{\odot} = \left(\frac{a_{\oplus}}{a_{s.y.}}\right)^3 \cdot \left(\frac{T_{s.y.}}{T_{\oplus}}\right)^2 \cdot m_{\oplus} \quad (4)$$

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.



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



## 11- §. Oyning harakati va fazalari

Oy – 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 gradus siljib boradi.

Oy orbitasining tekisligi, Yerning Quyosh atrofida aylanish tekisligi (ekliptika) bilan  $5^{\circ}9'$  li burchak tashkil qiladi.

Qizig‘i shundaki, Oy o‘z o‘qi atrofida va Yer atrofida bir xil – 27,32 sutkalik davr bilan aylanadi. Oyning o‘z o‘qi atrofida va Yer atrofida aylanish davrlari o‘zaro teng bo‘lganidan Oy, Yerdan qaraganda, har doim bir tomoni bilan ko‘rinadi.

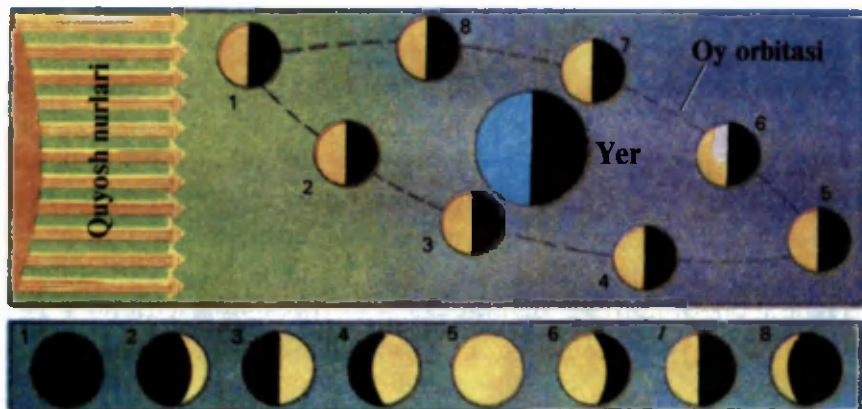
Ma‘lumki, Oy Yer atrofida aylanayotganda, Quyosh nurlarini qaytarishi tufayli bizga ko‘rinadi. Bu ko‘rinish, ayni o‘sha paytda Oyning Quyoshga nisbatan qanday joylashishiga ko‘ra turlicha bo‘ladi.

Yerdan qaraganda Oyning turli shakllarda (yangioy, yarimoy, to‘li-noy) ko‘rinishi uning *fazalari* deyiladi. Oy fazalarining almashtirinishi uning Yer va Quyoshga nisbatan tutgan vaziyatiga bog‘liqligi 33- rasmda keltirilgan.

Chizmada Quyosh nurlari parallel dasta ko‘rinishida tushayotganda Oy boshida, to‘li-noy paytida hamda birinchi va oxirgi chorak fazalarida Oyning Yer atrofidagi vaziyatlari raqamlar bilan ko‘rsatilgan. Chizma ostida esa Oyning raqamlar bilan ko‘rsatilgan holatlarida, Yerdan qaraganda uning qanday ko‘rinishlarda bo‘lishi aks ettirilgan.

Chizmadan ko‘rinishicha, Quyosh har doim Oyning yarim sferasini yoritadi, biroq uning bu yoritilgan yarim sferasi Yerdan butunlay ko‘rinmasligi (yangioyda – 1- holatda) yoki to‘la ko‘rinishi (to‘li-noyda – 5- holatda), yoki qisman ko‘rinishi (boshqa holatlarda) mumkin ekan.

Oyning ma‘lum fazasidan (masalan, to‘li-noy fazasidan) ikki marta ketma-ket o‘tishi orasidagi vaqt 29,53 sutkani tashkil etadi



33- rasm. Oy fazalarining almashinishi

(Pastda: mos ravishda, Oyning osmonda kuzatuvchiga ko'rinish hollari:  
1. Yangioy. 3. Birinchi chorak fazasi. 5. To'liyo. 7. Oxirgi chorak fazasi).

va u Oyning *sinodik davri* deyiladi. Sinodik davrning Oyning yulduzlarga nisbatan aylanish davridan (siderik davr) uzunligiga sabab Yerning Quyosh atrofida aylanishidir.

Quyosh botgach, Oyning ingichka o'roq shaklida g'arb tomonda birinchi ko'rinishi, xalq tilida, yangioy (yoki hilol) deyilib, bunday Oy odatda Oy boshidan keyin ikkinchi kuni ko'rinadi.

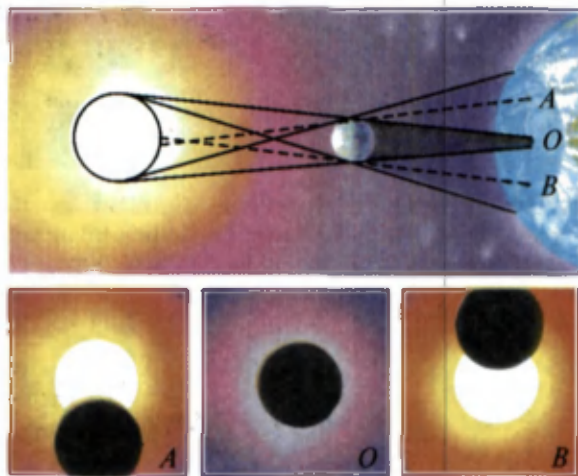
Bunday holatda Oyning Quyosh bilan yoritilmagan qismi ham xira kulrang shaklda ko'zga tashlanadi. Oyning Quyosh bilan yoritilmagan qismining bunday xira ko'rinishi Yerdan qaytgan Quyosh nurlari bilan uning yoritilganligi tufayli sodir bo'ladi.



1. Oy harakatining xarakterli xususiyatlari haqida gapirib bering.
2. Oyning asosiy fazalari qanday nomlar bilan ataladi?
3. Oyning harakatini va fazalari ro'y berishining sabablarini tushuntiring.
4. Oyning sinodik davri deb nimaga aytiladi?

## 12- §. Quyosh va Oy tutilishlari

**1. Quyosh tutilishi.** Oy Yerning atrofida aylanayotib, ba'zan Quyoshni bizdan to'sib o'tadi (34- rasm). Bunday hol *Quyosh tutilishi* deyiladi. Bu hodisa har doim Oyning yangioy holatida ro'y beradi.

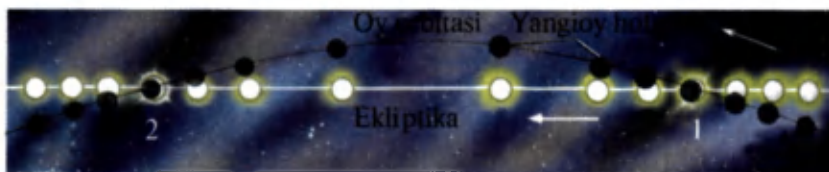


**34- rasm.** Quyosh tutilishi hodisasi (ostki rasmlarda Yer sirtining *A*, *O*, *B* nuqtalarida Quyosh tutilishining ko'rinishlari).

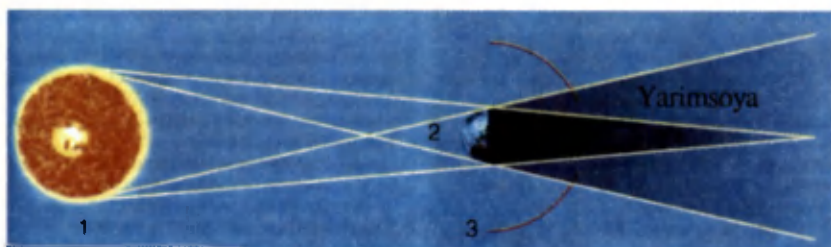
Bunda Yerdagi kuzatuvchi Oyning soyasi ichida (*O*) qolsa, u Quyoshni qisqa vaqtga (bir necha daqiqa) butunlay ko'rmaydi, ya'ni Quyosh to'la tutiladi. Quyoshning to'la tutilishi osmonda juda chiroyli manzarani hosil qiladi. Bunda kuzatuvchi osmonda qop-qora Quyosh gardishi atrofida Quyosh «toji» deb nom olgan nozik kumushrang shu'la tovlanayotganini ko'radi. Shuningdek, bu paytda kunduzi bo'lishiga qaramay, osmonda yorug' yulduzlar va planetalar charaqlab ko'rinib qoladi.

Agar Yerdagi kuzatuvchi Oyning yarim soyasining ichida (*A* yoki *B*) 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. Bunday hol, tutilish paytida, Oy Yerdan eng katta uzoqlikda, Quyosh esa, aksincha, Yerga yaqin kelganda ro'y beradi. Chunki bunda Oyning ko'rinma diametri u to'sayotgan Quyoshning ko'rinma diametridan kichik bo'ladi.

Oy orbitasi ekliptika tekisligi bilan  $5^{\circ}9'$  li burchak hosil qilganligi tufayli, tutilishlar, Quyosh bu ikki orbitaning kesishgan nuqtalari (Oy tugunlari deb ataladigan nuqtalar) yaqinidan o'tayotgandagina kuzatiladi. Bunday hol taxminan har yarim yilda kuzatilgani uchun ham, tutilishlar shunday davr bilan qaytariladi (35- rasm).



35- rasm. Oyning va Quyoshning harakat yo'llari tasvirlangan, unda ikki holda Quyosh tutilishi yarim yillik davr bilan ko'rsatilgan (1 – to'la tutilishi; 2 – halqasimon tutilish).



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

**2. Oy tutilishi.** Oy Yer atrofida aylanayotib, ba'zan Yerning soyasi orqali o'tadi. Bunday hodisa *Oy tutilishi* deyiladi (36- rasm). Agar bunda Oy Yerning soyasi ichidan o'tsa, uni to'la tutilish; bordi-yu yarimsoyaning ichidan o'tsa, u holda uni *yarimsoyali tutilish* deyiladi. Oy tutilayotganda, u har doim to'linoy fazasida bo'ladi.

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 yarim sharining hamma qismida bir vaqtda ko'rinadi.

Oyning to'la tutilishi paytida (ya'ni u Yer soyasiga butunlay kirganda), Oy ko'zdan butunlay g'oyib bo'lmay, to'q qizil rangda jilolanadi. Buning sababi, bu paytda Yer atmosferasida sochilgan va singan Quyosh nurlari bilan Oyning yoritilishidir. Bunda Yer atmosferasi ko'k va havorang nurlarini kuchli yutib va keskin sochib yuborib, Oy tomonga, asosan qizil nurlarni sindirib o'tkazadi va Oy aynan shu nurlar bilan yoritiladi va qizarib ko'rinadi.



Oy orbitasining ekliptika tekisligiga og'maligi ( $5^{\circ}09'$ ) tufayli, Oy va Quyosh tutilishlari yangioy va to'linoy paytlarida har doim ham kuzatilmaydi.

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. Olimlar, Quyosh va Oy tutilishlarining bo'lish vaqtini bir necha yil oldindan aniq hisoblab berish metodlarini ishlab chiqqanlar. Ilovadagi jadvalda 2005–2010- yillarda ro'y bergan va beradigan Quyosh va Oy tutilishlarining vaqtlari keltirilgan. Tutilishlarni kuzatib, astronomlar, Quyoshning fizik tabiati, Yer atmosferasining tuzilishi va Oyning harakatiga doir qimmatli ma'lumotlarni qo'lga kiritish imkoniga ega bo'ldilar.



1. Oy tutilishi hodisasini tushuntiring.
2. Quyosh tutilishi hodisasini tushuntiring.
3. Quyosh nega har yangi oyda tutilmaydi?
4. Oy nega har to'linoyda tutilmasligining sabablarini ayting.



## IV

# KOSMONAVTIKA ELEMENTLARI

### **1- §. Kosmonavtika va uning boshqa fanlar bilan aloqasi**

Kosmonavtika — «kosmos» va grekcha «nautika» — kema boshqarish san'ati degan ma'noni anglatuvchi so'zlardan tashkil topgan. U raketa va kosmik apparatlardan foydalanib, insoniyatning ehtiyoji uchun kosmik fazo va Yerdan tashqi samo obyektlarini o'rganish va o'zlashtirishga qaratilgan, asosida kosmik uchishlar nazariyasi va raketa texnikasi haqidagi bilimlar yotgan fan va texnika bo'limlarining uyushmasidir. Kosmonavtika, shuningdek, kosmik uchishlar nazariyasi (trayektoriyalarni hisoblash va boshqalar), uchuvchi raketalar, raketa dvigatellari, boshqarishning bort sistemalari, kosmik apparatlar, uchirish qurilmalari, ilmiy asboblari, Yerdan turib boshqarish sistemasi, telemetriya, orbital stansiyalarni jihozlash va boshqa yana bir qancha shu kabi tashkiliy tizimlarni o'z ichiga oladi.

Kosmosni bevosita o'rganishning inson faoliyati sferasidan o'rin olishi jahon fani va texnikasi taraqqiyoti tarixida alohida bir bosqich bo'lib, kelgusida u jamiyat rivojiga katta ta'sir ko'rsatishi bilan muhim hisoblanadi.

Kosmonavtika barcha tabiiy fanlar (astronomiya, fizika, kimyo, biologiya) va matematika bilan uzviy bog'langan. Kosmik raketa texnikasi mavjud texnika fanlarining yutug'iga tayanadi. Kosmik apparatning kosmosda ma'lum maqsadga muvofiq harakatlanishi va fazoning mo'ljallangan nuqtasiga yoki kosmik obyektga aniq, vaqtida yetib borishi uchun hisob-kitobni olimlar texnik xodimlar bilan hamkorlikda, astronomik bilimlarga tayan-





gan holda amalga oshiradilar. Astronomlar osmon jismlarigacha masofalar, ularning o'lchamlari, massalari va boshqa fizik parametrlari haqida allaqachon talay bilimlar to'plaganlar. Erishilgan bu bilimlar kosmosga uchishda juda qo'l keladi.

Yer atmosferasining zichligi, temperaturasi, magnitosferasi va radiatsion poyaslari haqida ma'lumotga ega bo'lmay turib, birorta kosmonavt Yer atrofida bevosita uchirilmagan, shuningdek, Oy tabiatini bilmay turib, unga yo'llanmagan bo'lur edi. Mexanika qonunlarisiz KA lar, sun'iy yo'ldoshlar, orbital stansiyalarni Yer atrofi zonasiga, planetalarga uchirishning iloji yo'q edi. Kosmik apparatlarni Quyosh sistemasi jismlariga muvaffaqiyatli uchirishlar, planetalar va ularning yo'ldoshlariga tegishli ma'lumotlarni (o'lchamlari, masofalari, massalari va boshqalarni) aniqligini tasdiqlashdan tashqari, ayni paytda astronomiya qo'llayotgan metodlarning qay darajada to'g'riligiga ham ishonch hosil qildirdi.

Kosmonavtika astronomiya fanining rivojlanishiga katta hissa qo'shib kelmoqda. Kosmik apparatlar, stansiyalar bortidan samoviy obyektlarni optik va ko'zga ko'rinmas nurlarda (ultrabinafsha, infraqizil, rentgen va radionurlarda) o'rganish imkonini berib, oxirgi o'n yilliklar, Koinot obyektlari va ularning sistemalari haqidagi bizning bilimlarimizni misli ko'rilmagan darajada boyitdi.

Kosmosga uchiriluvchi apparatlarning konstruksiyalarini ishlab chiqish, ularning harakatlarini boshqarish va informatsiya olishda olimlar, injener-texnik xodimlar fizik qonunlarga tayandilar. Quvvatli raketa dvigatellarini qurishda raketa texnikasi ehtiyojlarini qondirish uchun yonish va yonish mahsulotlarining oqimi fizikasiga tegishli talay fundamental tadqiqot ishlarini bajarishga to'g'ri keladi.

Kosmonavtika kimyoviy bilimlarga ham keng tayanadi. Kosmik texnika, moddalarning turli kimyoviy xossalari yuqori talablar qo'yadi. Xususan, issiqqa chidamli, yemirilmaydigan va boshqa xossalari bo'yicha yuqori ko'rsatkichlarga ega materiallarga, yoqilg'i mahsulotlari kimyosiga kosmonavtikaning ehtiyoji juda katta. Yoqilg'i mahsulotlarini keng sanoat mashtabida olishning samarali texnologiyalarini ishlab chiqishda kimyogarlarning xizmati 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 aytganda, kosmonavtikaga oid birorta tadqiqotni hisob-kitobsiz amalga oshirib bo'lmaydi.

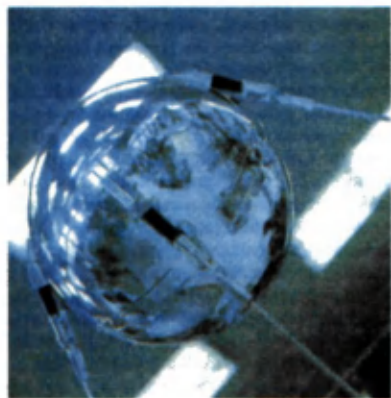
Oxirgi yillarda kosmonavtika o'nlab biologik eksperimentlarni rejalashtirdi va amalga oshirdi. Turli kosmik sharoitlarda (vakuum, vaznsizlik, radiatsiya va boshqalar) inson organizmidagi o'zgarishlar bo'yicha yuzlab tibbiy-biologik eksperimentlar o'tkazildi, ularning salbiy ta'sirlaridan insoniyatni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

Texnika fanlarining ko'plab tajribasi kosmonavtikada keng qo'llaniladi. Kosmonavtikaning rivojida, ayniqsa, aviatsion texnika yutuqlari juda qo'l keladi. Zamonaviy kosmik texnikani ishga tushirish turli sohalarida ishlaydigan yuzlab olimlar, injener-texnik xodimlarning ijodiy ishlarini uyg'unlashtirish asosida amalga oshirildi.

K.E.Siolkovskiy birinchi marta raketa harakati tezligi formulasini keltirib chiqargan olim hisoblanadi. U birinchilardan bo'lib, Yerning tortish maydonida raketa harakatining hisob-kitobini qilib, raketalarni kosmik tezliklarga erishtirish imkoni borligini asosladi. Raketa bu tezliklar yordamida Yerning tortish kuchini yengib, uning sun'iy yo'ldoshi orbitasiga ko'tarila olishini, hatto Oyga va planetalararo sayohatga yo'l ola olishini u o'z hisob-kitobida aniq ko'rsatdi.

K.E.Siolkovskiy Yer atrofida orbital stansiyalarni qurish va undan boshqa planetalarga uchishda baza sifatida foydalanish mumkinligi haqidagi fikrni ham berdi. Nazariy kosmonavtikaning asoslari, uning 1903- yilda chop etilgan «Olam fazosini reaktiv priborlarda tadqiq etish» kitobida bayon qilingan. Shundan ancha keyin boshqa bir qancha olimlar, jumladan, R.Eno Peltri (Fransiya), R.Goddard (AQSH), G.Obert (Germaniya) kosmik uchish loyihalariga real hol sifatida qarab, uni rivojlantirdilar.

XX asrning 20–30- yillari alohida olimlar guruhi va jamiyatlar raketa dvigatellarini konstruksiyalash va sinashni boshladilar. Tutunsiz poroxli raketalarni qurish bo'yicha birinchi tajriba-konstruktorlik laboratoriyasi N.I.Tixomirov taklifi bilan 1921- yilda ishga tushirildi. Keyinchalik bu laboratoriya kengay-



**37- rasm.** Yerning birinchi sun'iy yo'ldoshi (SY).



**38- rasm.** 1977- yilda ulkan planetalarni tadqiq qilishga mo'ljallab uchirilgan «Voyajer-2» kosmik apparati.

tirilib, 1928-yildan Gazodinamik laboratoriya (GDL) degan nom oldi. Unda B.S.Petrovavlovskiy, G.E.Langemak, V.P.Glushko va boshqa konstruktor olimlar bor edi.

1957- yili uchiruvchi raketa qurish bo'yicha murakkab ishlar yakunlandi. Bu ish amaliy kosmonavtikaning asoschisi, bosh konstruktor S.P.Korolyov va zamonaviy kosmonavtikaning nazariy asoschisi M.V. Keldish tomonidan amalga oshirildi. Natijada 1957- yil 4- oktabr kuni bu raketa yordamida Yerning birinchi sun'iy yo'ldoshi uchirildi (37- rasm).

Shundan so'ng Yer atmosferasi, ionosfera va magnitosferasini hamda planetamiz Yerni kosmosdan o'rganish uchun bortida noyob ilmiy apparaturalari bilan yuzlab sun'iy yo'ldoshlar kosmosga yo'l oldi.

1959- yildan Yerning tabiiy yo'ldoshi – Oy kosmik apparatlar tomonidan «nishon»ga oлина boshladi. 1969- yili AQSH astronomlari «Apollon–II» da Oy sathiga qo'nib, insonning asriy orzusini ro'yobga chiqardilar. 1960- yillarning boshidan planetalararo avtomatik stansiyalar qo'shni planetalarni (dastlab Venera va Marsni, keyinroq Merkuriyni) tadqiq qila boshladilar.

1972, 1973- yillari AQSH ning «Katta tur» dasturi bo'yicha gigant planetalarni tadqiq etish boshlandi. Mazkur dastur bo'yicha AQSH ning 1977- yilda uchirilgan «Voyajer–1» va «Voyajer–2» avtomatik stansiyalarining «oyog'i» Neptungacha (1989- y.) borib yetdi (38- rasm).



Kosmosni KA yordamida tadqiq qilishning yangi asri shu tariqa boshlanib, ayni paytda u osmon jismlarini, kosmik fazoni o'rganishda inqilobiy davrni boshidan kechirmoqda.



1. Kosmonavtika nimani o'rganadi?
2. Kosmonavtikaning boshqa fanlar bilan aloqasi qanday?
3. Kosmonavtikaning asoschilari kimlar?
4. Birinchi Yer sun'iy yo'ldoshi qachon uchirildi?
5. Oyga inson qadami qaysi KA yordamida eltildi?

## 2- §. Uchish paytida kosmik apparatga (KA) ta'sir etuvchi kuchlar

Uchish paytida KA 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. Eslatilganidek (III. 9- §), 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,  $6,672 \cdot 10^{-11} \text{ H} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$  ga teng qiymat bilan o'lchanadi.

KA ning 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. Atmosferaning yuqori qatlamida zichlik juda kam bo'lib (har kub sm da atigi bir necha yuz atom), KA uchishiga deyarli qarshilik qilmaydi va shuning uchun ham bunday hollarda u hisobga olinmaydi.

Planetalararo bo'shliqda uchayotgan KA ga sezilarli ta'sir ko'rsatadigan yana bir kuch bo'lib, u Quyosh nurlanishlarining bosim kuchidir. Agar KA ning massasi uncha katta bo'lmay, sirti sezilarli darajada katta bo'lsa, u holda Quyosh nurlarining bosim



kuchi, uzoq uchishlarda yetarlicha katta bo'lib, KA ning harakat trayektoriyasiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun ham bunday hollarda uni albatta hisobga olishga to'g'ri keladi.

Kosmik fazoda KA ga kuchsiz bo'lsa-da, ta'sir etadigan boshqa bir kuchlar *elektr va magnit kuchlari* deyilib, ular KA ning to'g'ri chiziqli harakatiga emas, balki og'irlik markazi atrofidagi aylanma harakatigagina ta'sir qiladi.



1. Uchish paytida KA ga qanday kuchlar ta'sir etadi?
2. Yer atmosferasi qarshiligi KA trayektoriyasi evolutsiyasiga qanday ta'sir ko'rsatadi?
3. KA ga Quyosh nurlari ham bosim beradimi?

### 3- §. Vaznsizlik

Faraz qilaylik, kosmik fazoda uchayotgan KA ma'lum paytdan boshlab (u zaruriy tezlikka erishgach) erkin ilgarilanma harakati ta'minlansin. Bunday harakatda jismning barcha nuqtalari bir xil tezlik bilan harakatlanishini tushunish qiyin emas. Bunda, kosmik kema turli – alohida qismlardan tashkil topgan va unga faqat osmon jismlarining 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 o'zining massasiga bog'liq bo'lmaydi:

$$a_r = \frac{GM}{r^2},$$

bu yerda  $M$  – KA detallarini tortayotgan jismning massasi (detallarniki emas!),  $r$  – KA detallarining tortayotgan ( $M$ ) jismdan uzoqligi bo'lib, ularning barchasi uchun bir xil deb qarash mumkin. Bu hol, KA detallarining trayektoriyasi bir xil bo'lib, fazoda ular tarqab ketmasligini ko'rsatadi. Binobarin, KAning alohida detallari orasida o'zaro bosim vujudga kelmaydi, ya'ni bir-biriga nisbatan vazni yo'qoladi. Kosmonavt o'zi o'tirgan o'ringa 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 vaznsizlik holati ro'y beradi.

Tashqi boshqa kuchlarning (tashqi muhitning qarshilik kuchi, tayanch reaksiya kuchi va boshqalar) paydo bo'lishi vaznsizlikni yo'qotib, vaznlilik holatini vujudga kelishiga sabab bo'ladi.



1. Qanday shartlar bajarilganda KA ichida vaznsizlik ro'y beradi?
2. KA orbitaga ko'tarilayotgan (ya'ni aktiv harakat) paytida ham vaznsizlik ro'y beradimi?

#### 4- §. Tortishishning markaziy maydoni

Ko'p hollarda, KA harakat trayektoriyasini yetarlicha aniqlikda hisoblash uchun barcha osmon jismlarining unga ta'sirini hisoblashga zaruriyat yo'q ekan. Agar KA kosmik fazoda planetalardan juda uzoqda harakatlanayotgan bo'lsa, faqat Quyoshning tortish kuchini hisobga olish yetarli. Chunki planetalarning KA ga bergan tezlanishlari Quyosh bergan tezlanish oldida arziyasiz miqdorni tashkil etadi. Bordi-yu, biz Yer yaqinida harakatlanayotgan KA ning trayektoriyasini o'rganayotgan bo'lsak, Quyoshning unga berayotgan tezlanishi Quyoshning Yerga berayotgan tezlanishiga deyarli teng bo'lganidan, KA faqat Yer ta'sirida harakatlanayapti, deb qarash mumkin bo'ladi. Chunki bunda Quyosh beradigan chetlantiruvchi tezlanish uning KA ga va Yerga beradigan hamda o'zaro deyarli bir xil bo'lgan tezlanishlarining farqiga teng bo'lib, u juda kichik bo'ladi. Oqibatda KA ning Yerga nisbatan harakatiga sezilarli o'zgarish kirita olmaydi.

Biroq, aynan shu KA ning Quyoshga nisbatan harakati o'rganilayotganda, unga Yer beradigan tezlanishni albatta hisobga olish zarur bo'lardi. Chunki bunda Yer beradigan chetlantiruvchi tezlanish – Yerning KA ga va Quyoshga beradigan tezlanishlarining farqiga teng bo'lib, bu farq Quyoshning KA ga beradigan tezlanishi bilan solishtirilganda sezilarli darajada katta miqdorni tashkil etadi.

Ana shuning uchun ham kosmonavtikada, taxminiy hisoblashlarda, KA ning harakati faqat bir osmon jismi ta'sirida bo'l-



yapti deb faraz qilinadi, boshqacha aytganda, harakat chegaralangan ikki jism doirasida o'rganiladi. Bu hol orbitalarni hisoblashda katta qulaylik tug'diradi.

Osmon jismini bir jinsli moddiy shar deb qaraylik yoki eng kamida bir-biriga solingan bir jinsli sferik qatlamlardan tashkil topgan, deylik. Bunday jism, uning butun massasi markazida (nuqta ko'rinishida) mujassamlashgandek tortish xossasiga ega bo'ladi. Bunday tortish maydoni *markaziy* yoki *sferik maydon* deb ataladi.

$m$  massali KA ning markaziy maydondagi harakati bilan tani-shaylik. Boshlang'ich holda, KA osmon jismdan  $r_0 = R$  ( $R$  – mar-kaziy jismning radiusi) masofada  $v_0$  gorizonta tezlikka ega bo'lsin. Bu hol uchun KA ning kinetik va potensial energiyalari, mos

ravishda,  $W_k = \frac{mv_0^2}{2}$  va  $W_p = -\frac{GMm}{r_0}$  ko'rinishda bo'ladi. Unda ma'lum vaqtdan so'ng, markaziy maydondan  $r$  masofada, uning tezligi  $v_r$  ga teng bo'lib, KA ning kinetik energiyasi:

$$W'_k = \frac{mv_r^2}{2},$$

potensial energiyasi esa:

$$W'_p = -\frac{GMm}{r}$$

bo'ladi, bu yerda  $M$  – tortuvchi osmon jismining massasi.

Nogravitatsion kuchlarni hisobga olmasak, tortish maydoni potensial maydon bo'lganidan, boshlang'ich ( $v_0$ ) va  $r$  masofadagi tezlik ( $v_r$ ) orasidagi bog'lanishni topish uchun mexanik energiya-ning saqlanish qonunidan foydalanamiz. Unda:

$$\frac{mv_0^2}{2} - \frac{GMm}{r_0} = \frac{mv_r^2}{2} - \frac{GMm}{r}$$

bo'ladi, bu yerda tenglikning chap tomoni KA ning boshlang'ich to'la energiyasini, o'ng tomoni esa uning  $r$  masofada  $v_r$  tezlikka erishgan paytdagi to'la energiyasini ifodalaydi. Tenglikning har ikkala tomonini  $m$  ga qisqartirib, KA ning markaziy jismdan ixti-yoriy  $r$  masofadagi tezligini ifodalaydigan ushbu tenglamani topamiz:

$$v_r^2 = v_0^2 - \frac{2GM}{r_0} \cdot \left(1 - \frac{r_0}{r}\right)$$



yoki

$$v_r^2 = v_0^2 - \frac{2K}{r_0} \cdot \left(1 - \frac{r_0}{r}\right).$$

Bu ifoda *energiya integrali* deyiladi, bu yerda  $K = GM$  — ma'lum osmon jismining gravitatsion maydonini xarakterlab, uning *gravitatsion parametri* deb ataladi. Yer uchun  $K_{\oplus} = 3,986 \cdot 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2$ ; Quyosh uchun  $K_{\odot} = 1,327 \cdot 10^{11} \text{ km}^3/\text{s}^2$ , Oy uchun esa  $K_{\text{q}} = 4,9 \cdot 10^3 \text{ km}^3/\text{s}^2$  ga teng bo'ladi.



1. Tortishishning markaziy maydoni bo'lib qanday jismning maydoni qabul qilingan?
2. Tortishishning markaziy maydonida harakatlanayotgan jismning boshlang'ich va ixtiyoriy  $r$  masofadagi tezligi orasida qanday bog'lanish mavjud?

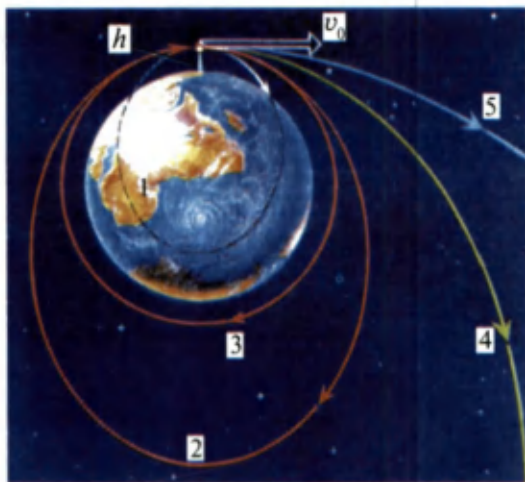
## 5- §. Tortishishning markaziy maydonida jismning harakati

Markaziy maydonda kuzatiladigan KA 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'lsa, u markaziy maydonni beruvchi jism markazi tomon tik tushadi. Jismning boshlang'ich tezligi markazga yoxud unga qarama-qarshi tomonga (radial) yo'nalganda ham uning harakati to'g'ri chiziq bo'ylab kuzatiladi. Boshqa barcha hollarda jismning to'g'ri chiziq bo'ylab harakatlanishi kuzatilmaydi.

**2. Elliptik trayektoriya bo'ylab harakat.** Agar KA ning boshlang'ich tezligi radial tezlanishdan farq qilsa, u holda uning harakat trayektoriyasi markaziy jismning tortishishi tufayli, albatta egiladi. Bunda uning yo'li har doim boshlang'ich tezlik vektori va Yer markazi orqali o'tuvchi tekislikda yotadi. Agar KA ning boshlang'ich tezligi Yerning massasi va radiusi bilan bog'liq tezlikning ma'lum miqdoridan ortmasa, uning trayektoriyasi ellipsni beradi (39- 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.





**39- rasm.** Tortishishning markaziy maydonida jismning harakat trayektoriyalari (misol tariqasida, Yer tortishish maydonida KA ning harakati keltirilgan).

Eslatilganidek (III. 5- §), 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. Ixtiyoriy momentda yo'ldoshning tezligi  $v$ , uning tortish markazidan uzoqligi  $r$  va ellipsning katta yarim o'qi  $a$  bilan quyidagicha bog'lanadi:

$$v^2 = K \left( \frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right). \quad (1)$$

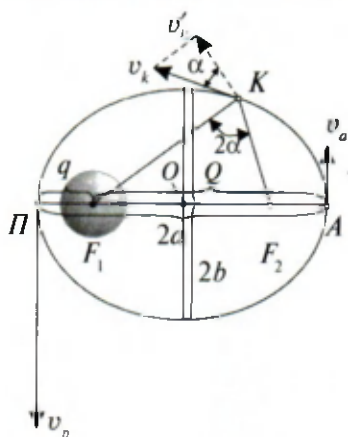
Tortishishning markaziy maydonida ellips bo'ylab harakatlanayotgan jismning davri  $T$  esa, u bilan ellipsning katta yarim o'qi  $a$  orasidagi quyidagi munosabatdan topiladi:

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM} \text{ yoki } T^2 = \frac{4\pi^2}{K} a^3.$$

Bu yerdan aylanish davri  $T$ :

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{K}} a^{\frac{3}{2}} \quad (2)$$

bo'ladi.



40- rasm. Tortishishning markaziy maydonida jismning elliptik trayektoriya bo'ylab harakati.

Fokuslar orasidagi masofaning katta o'q uzunligiga nisbati ellipsning eksentrisiteti deyilib, u 40- rasm-dan:

$$e = \frac{OF_1}{a} = \frac{OF_2}{a}$$

yoki

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} \quad (3)$$

ifodalardan topiladi.

Yuqoridagi formulalardan KA ning boshlang'ich tezligi qancha katta bo'lsa, orbitaning katta yarim o'qi ham shuncha katta bo'lishi, binobarin, davri ham ortishi ma'lum bo'ladi. Markaziy jismdan eng kichik va eng katta masofadagi ellips nuqtalari (40- rasmda  $\Pi$  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* deyiladi.

KA ning perigeydagi tezligi ( $v_p$ ) maksimum, apogeydagisi esa ( $v_a$ ) minimum qiymatga ega bo'ladi. Bu ikki tezlik o'zaro quyidagicha bog'lanadi:

$$v_p \cdot r_p = v_a \cdot r_a = r_k \cdot v_k \cdot \cos \alpha, \quad (4)$$

chunki tenglikning har ikkala tomonini  $m$  ga ko'paytirsak, u ushbu harakat miqdori momentining saqlanish qonunini beradi:

$$m_0 \cdot v_p \cdot r_p = m_0 \cdot v_a \cdot r_a, \quad (5)$$

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  $A$  nuqtadan (39- rasimga qarang) boshlang'ich gorizontal tezlik bilan kosmik apparat uchirilsa,  $A$  nuqta, boshlang'ich tezlikning kattaligiga bog'liq ravishda, perigey yoki apogeyga



(rasmdagi 1- va 2- orbita) aylanadi. Tezlikning ma'lum qiymatlarida u aylana bo'ylab harakatlanib (rasmda 3- orbita), aylanma orbita radiusi  $r$ , katta yarim o'q  $a$  ga teng bo'ladi, u holda

$$v_{\text{ayl.}}^2 = \frac{K_{\oplus}}{r} \quad (6)$$

yoki

$$v_{\text{ayl.}} = \sqrt{\frac{K_{\oplus}}{r}} \quad (6')$$

bo'ladi, bu yerda  $K_{\oplus}$  – Yerning gravitatsion parametri ekanligini bilgan holda, undan ixtiyoriy  $r$  masofadagi aylanma orbitasiga mos tezligini oson topish mumkin. Bunda  $r = R_{\oplus} + h$  bo'lib,  $R_{\oplus}$  – Yerning radiusini,  $h$  esa KA ning Yer sirtidagi balandligini ifodalaydi. Agar  $h$  nolga teng bo'lsa, ushbu ifoda Yer uchun:

$$v_1 = \sqrt{\frac{K_{\oplus}}{R_{\oplus}}} \quad (7)$$

**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 (39- rasmda, 4- orbita). Bunda apparat tortish markazidan cheksiz uzoqqa ketib, yopiq bo'lmagan egri chiziq – parabola bo'ylab harakatlanadi. Kosmik apparat tortish markazidan uzoqlashgan sayin tezligi kamayib boradi. Ellips bo'ylab harakatda tezlikni hisoblash formulasi (1) dan cheksizlikda  $a \rightarrow \infty$  bo'lishini e'tiborga olib, dastlabki  $r_0$  masofada parabolik orbitani ta'minlaydigan boshlang'ich tezlikning kattaligi  $v_0$  ni topamiz, unda:

$$v_0^2 = \frac{2K}{r_0} \quad (8)$$

yoki

$$v_0 = \sqrt{\frac{2K}{r_0}} \quad (8')$$

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,

$$v_{II} = \sqrt{\frac{2K_{\oplus}}{R_{\oplus}}} \quad (9)$$

bo'lib, u **ikkinchi kosmik tezlik** deyiladi, uning (Yer uchun) qiymati 11,186 km/s ni tashkil etadi.

Birinchi va ikkinchi kosmik tezliklarni solishtirib:

$$v_{II} = v_{\text{erk}} = v_I \cdot \sqrt{2} \text{ yoki } v_{\text{erk}} = 1,414v_I$$

bo'lishini topamiz.

Endi bu tengliklardan foydalanib, energiya integralini (IV. 4- §) yozsak, tortishish maydonida markaziy jismdan  $r$  masofadagi tezlik

$$v^2 = v_0^2 - v_{\text{erk}}^2 \cdot \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) \quad (10)$$

chiqadi.

**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 (5- orbita) ko'rinishini oladi. Mazkur holda KA ning cheksizlikdagi tezligi nolga teng bo'lmaydi. Garchi tortish markazidan uzoqlashgan sayin uning tezligi uzluksiz kamayib borsa-da, biroq u  $r \rightarrow \infty$  bo'lganda (10) ifodadan topiluvchi  $v_{\infty}$  tezlikdan kam bo'la olmaydi:

$$v_{\infty}^2 = v_0^2 - v_{\text{erk}}^2, \quad (11)$$

$v_{\infty}$  – tezlikni qoldiq tezlik (ba'zan tezlikning giperbolik orttirmasi) deb ataladi.

Giperbolik trayektoriya tortish markazidan uzoqda, giperbola asimptotalari deyiluvchi to'g'ri chiziqlardan deyarli farq qilmaydi. Shuning uchun ham katta uzoqlikda giperbolik trayektoriyani to'g'ri chizikli trayektoriya deyish mumkin.

Parabolik va giperbolik trayektoriyalarda yuqoridagi har ikkala tenglama ham o'rinli bo'laveradi. Tortish maydonida KA ning passiv harakati, birinchi bo'lib planetalar harakatining elliptik shaklini topgan va ularning harakat qonunlarini aniqlagan nemis olimi I.Kepler sharafiga *keplercha harakat* deb yuritiladi.

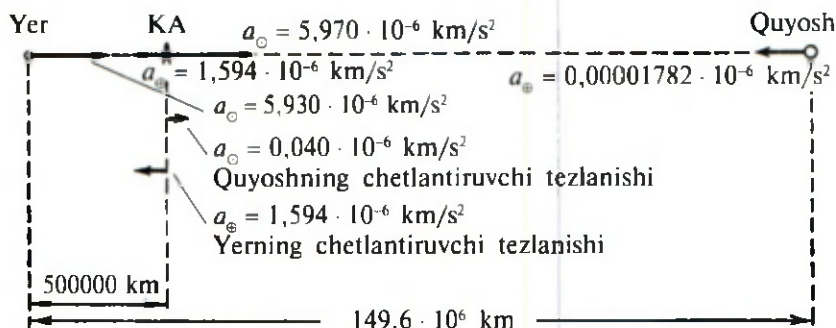


1. Tortishishning markaziy maydonida harakatlanayotgan jismning harakat trayektoriyasi uning boshlang'ich tezligiga bog'liqmi?
2. Elliptik trayektoriya bo'ylab harakatlanayotgan jismning ellipsning ixtiyoriy nuqtasidagi tezligi qanday topiladi?
3. Ellips bo'ylab harakatlanayotgan jismning davri qanday topiladi?
4. Birinchi va ikkinchi kosmik tezliklar deb qanday tezliklarga aytiladi?

## 6- §. Ta'sir sferasi va KA trayektoriyalarini taxminiy hisoblash

KA ning keplercha orbitalari real osmon jismlari uchun aslida amalga oshirib bo'lmaydigan orbitalardir. Sababi – ixtiyoriy osmon jismi aniq sferik simmetriyaga ega bo'lmaganligi tufayli uning maydoni ham markaziy bo'la olmaydi. Shuningdek, mavjud tashqi osmon jismlarining ta'siri hamda boshqa omillar, jismning haqiqiy trayektoriyasiga ta'sir etishi natijasida uning harakatini o'rganishda, ularni hisobga olinishi lozim. Biroq, keplercha harakat shu qadar sodda va shu qadar yaxshi o'rganilganki, undan voz kechish amri mahol. Shuning uchun ham Kepler orbitasi, harakatdagi jismlar uchun tayanch orbita sifatida qabul qilinib, odatda boshqa omillar beradigan chetlantirishlar, orbitaning hisob-kitobida alohida e'tiborga olinadi, boshqacha aytganda, jismning harakat trayektoriyasi aniqlashtiriladi.

Tashqi osmon jismlari tomonidan Yer atrofida harakatlanayotgan KA ga beriladigan gravitatsion chetlanishlarni (Quyosh misolida) hisoblaylik (41- rasm).



41- rasm. Yerning Quyoshga nisbatan ta'sir sferasini baholash.



1. Yerdan 500000 km masofadagi KA Quyoshdan 149100000 km masofada bo'lib, unga Yerning beradigan tezlanishi  $1,594 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$ , Quyoshniki esa  $5,970 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$  ni tashkil etadi, ya'ni Quyoshning kosmik apparatga beradigan tezlanishi Yernikidan bir necha marta katta chiqadi. Biroq bu KA ni Yer atrofidan ketib qolib, Quyosh «domiga tushib qolishiga» imkon bermaydi. Aslida esa agar bizni KA ning geosentrik (ya'ni Yerga nisbatan) harakati qiziqtirayotgan bo'lsa, chetlantiruvchi tezlanish sifatida Quyoshdan KA va Yer oladigan ( $5,930 \cdot 10^{-6} \text{ km}^3/\text{s}^2$ ) tezlanishlarining farqi  $(5,970 - 5,930) \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2 = 0,040 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$  bilan Yerning KA ga beradigan tezlanishi  $- 1,594 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$  solishtirilishi lozim. Topilgan chetlantiruvchi tezlanish ( $0,040 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$ ) KA ga Yer beradigan tezlanish (ya'ni,  $1,594 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$ ) ning 2,5% inigina tashkil qiladi.

2. Endi KA ning geliosentrik (ya'ni Quyoshga nisbatan) harakatini o'rganaylik, unda Yerning KA ga 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 KA beradigan tezlanishi  $5,970 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$  uchun chetlantiruvchi tezlanish bo'lib, u Quyoshning KA ga beradigan tezlanishi ( $5,970 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$ )ning 26,7 foizini tashkil etadi. Demak, geliosentrik harakatga Yerning ta'siri judayam sezilarli ekanligi aniqlanadi.

Endi bunday hisobni Yer atrofidagi barcha nuqtalarga tatbiq etsak, Quyoshga nisbatan Yer hukmronlik qiladigan fazo chegarasi shunday yo'l bilan aniqlanganda, u sfera shaklida ekanligi ma'lum bo'lib, unga *Yer ta'sir sferasi* deyiladi. Yer ta'sir sferasining Quyoshga nisbatan radiusi  $- 925000 \text{ km}$ , Oy ta'sir sferasining Yerga nisbatan radiusi  $- 66000 \text{ km}$ , Quyoshning galaktika markaziga nisbatan aniqlangan ta'sir sferasining radiusi esa  $9 \cdot 10^{12} \text{ km} \approx 1 \text{ yo.y.}$  ga tengdir.

Oralari  $a$  bo'lgan  $m$  massali jismning  $M$  jismga nisbatan ta'sir sferasining radiusi ( $m \ll M$ )

$$\rho = a \left( \frac{m}{M} \right)^{\frac{2}{3}}$$

ifodadan topiladi.



KA jism ta'sir sferasining chegarasini kesib o'tayotganda, u tortishishning bir markaziy maydonidan ikkinchisiga o'tadi. KA ning 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 usulining asl mohiyati shunda bo'lib, u ba'zan *konus kesimlarini o'zaro tutashtirish metodi* ham deb yuritiladi.



1. Ma'lum osmon jismining (masalan, Yerning) ikkinchi osmon jismiga (Quyoshga) nisbatan ta'sir sferasi deganda nima tushuniladi?
2. Ma'lum  $m$  massali jismning boshqa bir  $M$  massali ( $m \ll M$ ) jismga nisbatan ta'sir sferasi qanday hisoblanadi?

## 7- §. Yer sun'iy yo'ldoshlarining orbita elementlari

Yer atrofi fazosida harakatlanayotgan SY ning Yer ekvatori tekisligiga nisbatan holatini va uning harakati bilan bog'liq kattaliklarni o'zida aks ettiruvchi parametrlar uning *orbita elementlari* deyiladi.

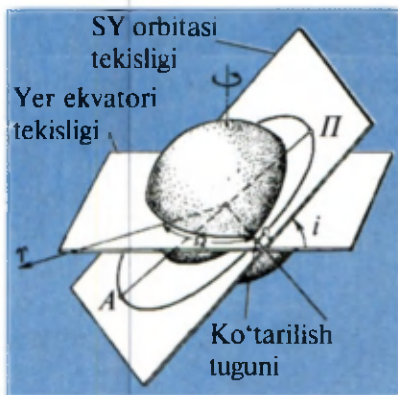
Sun'iy yo'ldoshlarning quyidagi orbita elementlari mavjud (42-rasm):

$i$  – SY orbitasining Yer ekvatori tekisligiga og'maligi ( $i = 90^\circ$  – *qutbiy yo'ldosh*;  $i = 0$  bo'lganda esa *ekvatorial yo'ldosh* deyiladi);

SY ning harakat yo'li, Yer aylanish yo'nalishiga mos kelsa – *to'g'ri*, aksincha bo'lganda esa *teskari yo'ldosh* deb yuritiladi ( $i > 90^\circ$  – yo'ldoshlar teskari harakatlanadi);

$h_a$  – SY apogeyining balandligi;  $h_p$  – perigeyning balandligi;

$T$  – SY ning Yer atrofida aylanish davri;



42- rasm. Yer sun'iy yo'ldoshi (YSY)ning orbita elementlari.



$a$  – SY orbitasining katta yarim o'qi;

$e$  – orbita eksentrisiteti;

$\varphi$  – ko'tarilish tugunining, Yer ekvatori tekisligi bo'ylab, bahorgi tengkunlik ( $\varphi$ ) nuqtasidan yoy uzoqligi.

Orbita elementlari ma'lum bo'lganda, aniq berilgan vaqt uchun SY ning osmondagi o'rni (koordinatalari) oson topiladi.



1. Sun'iy yo'ldosh orbita elementlarini sanang.

2. Ma'lum sun'iy yo'ldoshning orbita elementlarini aniqlab qo'yishning nima ahamiyati bor?

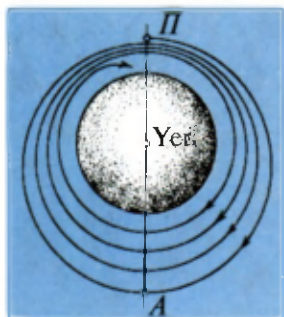
## 8- §. Yer atmosferasida SY orbitasining evolutsiyasi

Yer atrofida harakatlanayotgan SY ga turli kuchlar ta'sir etadi. Bular ichida Yer atmosferasining qarshilik kuchi eng muhim kuch hisoblanadi. Yer atmosferasining SY harakatiga qarshilik kuchi ushbu ifodadan topiladi:

$$F_{\text{qarsh}} = cS \frac{\rho v_{\text{nis}}^2}{2},$$

bu yerda atmosferaning yuqori qatlamlari uchun  $c$  – kattaligi 2–2,5 orasida bo'lgan o'lchamsiz qarshilik koeffitsiyentini,  $S$  – yo'ldoshning maksimal ko'ndalang kesim yuzasini,  $v_{\text{nis}}$  – yo'ldoshning tashqi muhitga nisbatan tezligini ifodalaydi.

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 esa  $3,1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$  ni, 800 km balandlikda esa atigi  $2,6 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}^2$  ni tashkil etadi. Yo'ldosh 100 km balandlikda uchayotganda bu tezlanishning miqdori sezilarli darajada katta bo'lib,  $0,3 \text{ m/s}^2$  ga teng bo'ladi.



43- rasm. Yer atmosferasida SY orbitasining evolutsiyasi.

110–120 km balandlikdan boshlab (pastga tomon), atmosferaning zichligi tez o'sganligi tufayli SY navbatdagi aylanishini yakunlay olmay, Yerga qulab tushadi. Shuning uchun ham 86,5–86,7





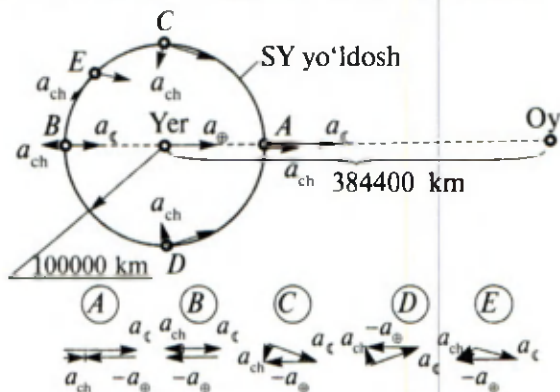
minutlik davr bilan aylanuvchi SY uchun bunday balandlik halokatli hisoblanadi. Elliptik orbita bo'ylab harakatlanayotgan SY, o'z perigeidan o'tishida qarshilik nisbatan katta bo'lganligi tufayli (atmosfera zichligi katta bo'lganidan) tezligini tez yo'qotib, apogey (A) balandligining keskin tushishiga sabab bo'ladi. Bu esa, o'z navbatida, perigey (B) balandligining ham tushishiga sabab bo'ladi (43- rasm). Natijada past orbitada harakatlanayotgan SY bir necha kunga qolmay, atmosfera qatlamlarida yonib Yerga qulab tushadi.



1. Yer atmosferasining SY harakatiga qarshilik kuchi nimalarga bog'liq?
2. Bu qarshilik kuchi ta'sirida SY orbitasining qaysi parametrlari o'zgaradi?

### 9- §. Sun'iy yo'ldosh harakatiga Oy va Quyoshning ta'siri

Yer atrofida aylanayotgan SY ga Oy va Quyoshning tortish kuchlari sezilarli ta'sir ko'rsatib, uning orbitasi ko'rinishini o'zgartiradi. Bunda Oyning ta'siri yaqinligi tufayli, Quyoshnikidan ancha ortiq bo'lib, uning chetlantiruvchi tezlanishi ta'sirida SY orbitasi qanday o'zgarishi bilan tanishaylik.



44- rasm. YSY harakatiga Oy va Quyoshning ta'siri.

Chizmaning pastki qismida, mos nuqtalarda, SY ga Oy beradigan tezlanish va teskari ishora bilan olingan Yerning Oy ta'sirida olgan tezlanishining qo'shilishidan hosil bo'lgan chetlantiruvchi tezlanishlar keltirilgan.



44- rasmda Yer atrofida aylanayotgan SY orbitasining *A*, *B*, *C*, *D* nuqtalarida Oyning chetlantiruvchi tezlanishlari qanday yo'nalishda va kattaliklarda bo'lishi ko'rsatilgan. Ularning yo'nalishlaridan ko'rinishicha, oxir-oqibatda, SY orbitasi, Yer atrofida, Oy – Yerni tutashtiruvchi yo'nalish bo'yicha «deformatsiyalanar» (cho'zilar) ekan.

*A* nuqtada chetlantiruvchi tezlanish maksimal qiymatga erishib,  $18 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$  ni, boshqacha aytganda, bu nuqtada SY ning Yer ta'sirida oladigan tezlanishining 0,052 % ini tashkil etadi.



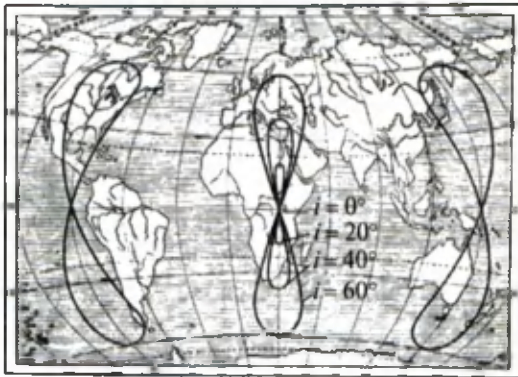
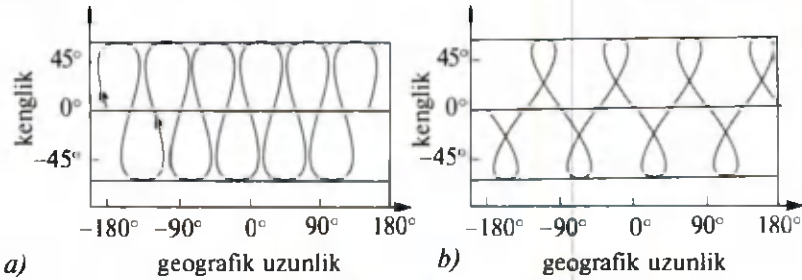
1. Yer atrofida aylanayotgan SY orbitasiga Oy va Quyoshning tortish kuchi ta'sir qiladimi? Agar ta'sir etsa, bu ta'sir tufayli SY orbitasi qanday o'zgaradi?
2. SY orbitasining qaysi nuqtalarida Oy beradigan chetlantiruvchi tezlanish maksimumga erishadi?

## 10- §. SY larning Yer sirtiga nisbatan harakati

SY larning Yer sirtiga proyeksiyasi deb, Yer markazi va SY ni tutashtiruvchi to'g'ri chiziqni Yer sirti bilan kesishgan nuqtasiga aytiladi. SY ning Yer atrofida aylanishi davomida qoldirgan uning shunday proyeksiyalarining geometrik o'rni *SY ning trassasi* deyiladi.

SY trassasi – Yer sirtidagi shunday nuqtalarning o'rni, bu nuqtalarda sutkaning turli vaqtida SY zenit orqali o'tadi.

Yer aylanib turganligi tufayli SY trassasining Yer ekvatorini kesib o'tish burchagi, SY orbitasining ekvatorga og'ish burchagidan farq qiladi. 45- rasmda turli davrlar bilan aylanuvchi SY larning trassalari keltirilgan. Bular ichida Yerning aylanish davriga teng davr bilan aylanuvchi yo'ldoshlarning trassalari kishi diqqatini o'ziga tortadi (45-*d* rasm). Ular «8» ko'rinishida bo'lib, yo'ldosh orbitasining Yer ekvatori tekisligiga og'maligiga bog'liq ravishda uning «bo'yi» o'zgarib turadi. Og'malik qancha kichik bo'lsa, «8» ning bo'yi ham shuncha kichik bo'ladi. Agar og'ish burchagi nolga teng bo'lsa ( $i = 0$ ), trassa ham ekvatorida yotuvchi nuqtaga aylanadi. Boshqacha aytganda, Yer ekvatorining bu nuqtasida turgan kuzatuvchiga SY har doim zenitda ko'rinadi (boshining tepasidan nari siljimaydi). Bunday yo'ldoshlar *geostatsionar yo'ldoshlar* deyiladi.



45- rasm. Turli davrli YSY larining trassalari:

a) 20 soatlik davr bilan; b) 30 soatlik davr bilan; d) 24 soatlik davr bilan harakatlangan yo'ldoshlar.



1. SY trayektoriyasining Yer sirtidagi proyeksiyasi qanday nom bilan ataladi?
2. Sun'iy yo'ldosh trassasi uning davriga ko'ra qanday o'zgarishini chizmadan ko'rsating.
3. Yer bilan bir xil davrda aylanuvchi  $i \neq 0$  bo'lgan SY ning trayektoriyasi qanday ko'rinishda bo'ladi?
4. Yer bilan bir xil davrda aylanuvchi  $i = 0$  bo'lgan SY ning trayektoriyasi qanday ko'rinish oladi? Bunday yo'ldoshlar qanday nom bilan ataladi?

## 11- §. Orbital manyovrlar

### 1. Sun'iy yo'ldoshning orbita balandliklarini o'zgartirish.

Ma'lum maqsadni mo'ljallab SY orbitalarini har qanday o'zgartirish *orbital manyovrlar* deyiladi. SY larning manyovr qildirish zarurati, ularning orbitalariga tuzatish kiritishda, yangi orbita-

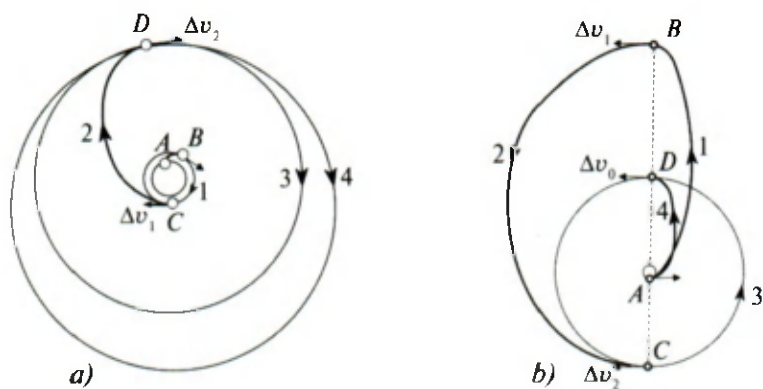


ga o'tkazishda, orbitadagi boshqa bir SY bilan yaqinlashtirishda yoki yo'ldoshni Yerga qaytarish zaruriyatlari tug'ilganda amalga oshiriladi.

Orbital manyovr, odatda, bort dvigatellari yordamida amalga oshiriladi. Qisqa vaqtda dvigatelni ishga tushirish yo'li bilan amalga oshirilgan manyovrlar bir impulsli, bir necha marta dvigatelni yoqish yo'li bilan amalga oshirilgan manyovrlar esa *ko'p impulsli manyovrlar* deyiladi. Orbital manyovrlar kichik tortishish kuchiga ega bo'lgan dvigatellarning uzluksiz ishlash jarayonida ham amalga oshirilishi mumkin.

Faraz qilaylik, SY ni Yer atrofida apogeyi juda baland –  $D$  nuqtada bo'lgan 2- ekliptik orbitaga, so'ngra 3- orbitaga chiqarish talab etilsin (46-*a* rasm). Bunda SY dastlab, Yer atrofidagi shu tekislikda yotuvchi 1- orbitaga chiqariladi. So'ngra  $C$  nuqtada qo'shimcha berilgan  $\Delta v_1$  tezlik impulsi yordamida 2- elliptik orbitaga o'tkaziladi. Bu orbitaning apogeyi  $D$ , mo'ljallangan 3- orbitaga urinib o'tadigan qilib tanlanadi. SY  $D$  nuqtaga yetganda, tezlikning ikkinchi impulsi  $\Delta v_2$  yordamida u baland mo'ljallangan aylanma orbitaga (3) chiqariladi. Agar SY ni perigeyi  $D$  nuqta bo'lgan elliptik 4- orbitaga chiqarish talab etilsa, u holda ikkinchi impuls uchun kattaroq tezlik tanlanadi.

Ma'lum mo'ljallangan orbitaga SY ni ko'p xil yo'llar (ma-



46- rasm. a) SY orbitasi balandliklarini o'zgartirish bo'yicha manyovrlar; b) ikki va uch impulsli manyovrlarni solishtirish.



nyovrlar) bilan chiqarish mumkin. Biroq bular ichida faqat bittasi eng tejimli (energiya sarfi jihatidan) usul hisoblanadi.

Misol tariqasida, Yer atrofida mo'ljallangan orbitaga SY ni chiqarishning ikki usuli bilan tanishib, ularning qay biri tejimli ekanligini aniqlaylik. Birinchi usulda Yer sirtidan ( $A$ ) berilgan boshlang'ich  $v_0$  tezlik yordamida SY dastlab 1- cho'zinchoq elliptik orbitada harakatlantiriladi (46- $b$  rasm). So'ngra  $B$  nuqtada  $\Delta v_1$  qo'shimcha tezlik impulsi yordamida u 2- elliptik orbitaga o'tkaziladi. Bu elliptik orbitaning perigeyi mo'ljallangan aylanma orbitaga (3) urinib o'tadigan qilib tanlanadi. Va, nihoyat, SY  $C$  nuqtaga yetganda, u tormozlovchi  $\Delta v_2$  tezlik impulsi yordamida mo'ljallangan 3- orbitaga chiqariladi.

*Ikkinchi usulga* ko'ra, bunday orbitaga (3) SY ni 4- o'tish orbitasi orqali ham chiqarish mumkin. Buning uchun 4- elliptik orbitaning apogeyida ( $D$ ) yo'ldoshga qo'shimcha  $\Delta v_0$  tezlik berilib, uni mo'ljallangan 3- aylanma orbitaga o'tkaziladi.

Energetik nuqtayi nazardan mo'ljallangan 3- orbitaga chiqarishning har ikkala usuli solishtirilganda, mazkur mo'ljallangan orbita radiusi  $11,9R_{\oplus}$  dan katta bo'lganda (bu yerda  $R_{\oplus}$  – Yer radiusi) 1- usul o'rinli bo'lishi, ushbu radius  $11,9R_{\oplus}$  dan kichik bo'lganda esa 2- usul o'rinli bo'lishi, orbitalarning hisob-kitobidan osongina ko'rinadi.

Endi oraliq orbitada berilgan qo'shimcha tezlikning erishilgan orbita apogeyining balandligiga ta'sirini ko'raylik. Faraz qilaylik, SY Yer atrofida 200 km balandlikda  $v = 7,789$  km/s tezlik bilan aylanma harakatlanayotgan bo'lsin. Orbitaning ma'lum nuqtasida unga 10 m/s qo'shimcha tezlik berilganda, natijaviy elliptik orbitaning parametrlarini bunday manyovr tufayli qanchalik o'zgarishini aniqlaylik. Elliptik orbitaning perigeyidagi tezlik ushbu

ifodadan topilganidan ( $K_{\oplus} = 3,986 \cdot 10^5 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}$ ,  $R_{\oplus} = 6370$  km):

$$v_p = \sqrt{K_{\oplus} \left( \frac{2}{R_{\oplus} + h} - \frac{1}{a} \right)};$$

$$\frac{v_p^2}{K_{\oplus}} = \frac{2}{R_{\oplus} + h} - \frac{1}{a} \quad \text{yoki} \quad \frac{1}{a} = \frac{2}{R_{\oplus} + h} - \frac{v_p^2}{K_{\oplus}},$$



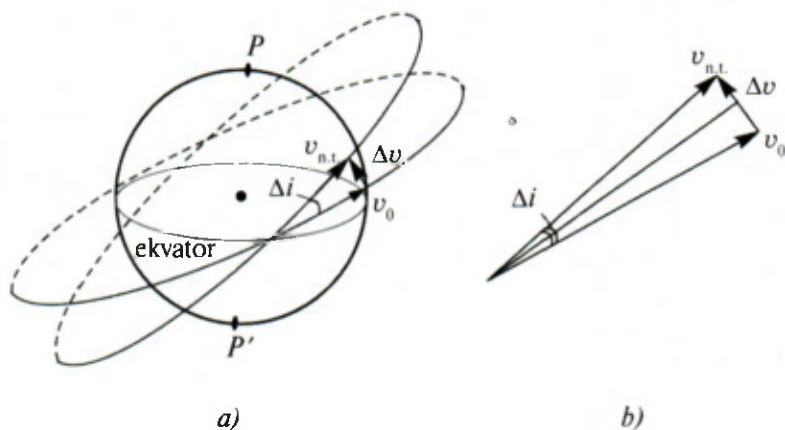
bu yerdan orbitaning katta yarim o'qi:

$$a = \frac{K_{\oplus}(R_{\oplus}+h)}{2K_{\oplus}-v_p^2(R_{\oplus}+h)} = 6587 \text{ km}$$

bo'ladi. U holda apogeyning balandligi  $h_a = 2a - 2R_{\oplus} - h_p = 234 \text{ km}$ , ya'ni apogeyda SY ning balandligi perigeyda berilgan qo'shimcha 10 m/s tezlik impulsi tufayli 34 km ko'tarilar ekan. Bu degani har 1 m/s qo'shimcha tezlik yo'ldosh orbitasini uning apogeyida 3,4 km ga ko'tarishga qodir ekan demakdir.

**2. SY orbita tekisligini o'zgartirish.** Orbitaning boshqa parametrlarini (tezlikning moduli, davri, perigey va apogeyining balandliklarini o'zgartirmagan holda, uning Yer ekvatori tekisligiga og'ish burchagini  $\Delta i$  burchakka o'zgartirish zarur bo'lsin (47-a rasm). Bunda talab etilgan manyovrni amalga oshiruvchi tezlik impulsi  $\Delta v$  vektor, SY ning orbital tezligi  $v_0$  va natijaviy orbital tezlik  $v_{n.t.}$  vektorlari bilan teng yonli uchburchak hosil qiladi (47-b rasm). Bu tezliklar uchburchagidan

$$\frac{\Delta v}{2} = \sin \frac{\Delta i}{2},$$



**47- rasm.** SY orbita tekisliklarini burish: a) SY orbitasini  $\Delta i$  burchakka burish; b)  $\Delta i$  burchakka burishda tezliklar uchburchagi ( $\Delta v$  — burish uchun zarur bo'lgan tezlik impulsi).



bu yerdan qo'shimcha tezlik impulsi:

$$\Delta v = 2v_0 \sin \frac{\Delta i}{2}$$

ga teng bo'lishi ko'rinib turibdi.

Bunda natijaviy tezlikning moduli, dastlabki orbital tezlik moduliga teng ( $|v_0| = |v_{n.t.}|$ ) bo'ladi.

Masalan: aylanma orbitada  $v_0$  tezlik bilan harakatlanayotgan SY orbitasi tekisligini  $90^\circ$  ga burish talab etilsin, u holda tezliklar uchburchagidan orbitani burish uchun zarur bo'lgan tezlik impulsining kattaligi

$$\frac{\Delta v}{v_0} = \sin \frac{90^\circ}{2} \quad \text{yoki} \quad \Delta v = 2v_0 \sin 45^\circ = \sqrt{2}v_0,$$

ya'ni orbitani  $90^\circ$  burish uchun zarur bo'lgan tezlik impulsi ikkinchi kosmik tezlikka teng bo'lishi ma'lum bo'ladi.

Binobarin, SY orbita tekisliklarining Yer ekvatori tekisligiga og'maligini o'zgartirish katta energiya sarfi bilan kechadigan manyovr ekan.

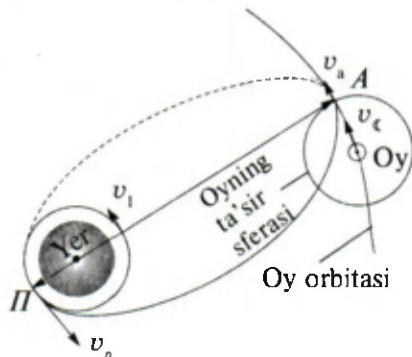
Biroq shuni aytish kerakki, SY orbitasini  $49^\circ$  dan katta burchakka burish talab etilganda, uning orbitasi qo'shimcha  $\Delta v$  tezlik impulsi yordamida salkam parabolik orbitaga o'tkazilib, so'ngra cheksizlikda (ya'ni, SY tezligi nolga intilganda) juda kichik tezlik impulsi yordamida burib olinadi. SY perigeydan o'tayotganda tormozlovchi ikkinchi impuls yordamida Yer atrofidagi mo'ljalangan orbitaga, nisbatan kam energiya sarf qilib o'tkazish imkoni borligini hisob-kitob ko'rsatadi.



1. Orbital manyovrlar deganda nimani tushunasiz?
2. Orbita tekisligini ma'lum burchakka o'zgartirishda qanday tezlik impulsi talab etiladi?

## 12- §. Oyga uchish trayektoriyalari

KA larni Oyga uchirishning trayektoriyalari ko'p xil bo'lib, biz bular ichida eng soddasi – Oy orbita tekisligida yotuvchi Yer atrofi orbitasidan unga uchish haqidagi masalaga to'xtalamiz. Shuningdek, bu masalani yana ham soddalashtirish uchun Oyni



48- rasm. Oyga uchish trayektoriyasi.

Yer atrofidagi orbitasini – radiusi 384400 km li aylanma orbitadan iborat deb qaraymiz (aslida u ellips bo‘lib, apogeyida Oy Yerdan bu masofadan 21 ming km nari ketib, perigeyida 21 ming km yaqin keladi).

KA ni Oyga uchirish uchun dastlab u Yer atrofidagi Oy orbitasi tekisligida yotuvchi va kamida 200 km balandlikka ega bo‘lgan orbitaga chiqariladi (48- rasm). Eslatganimizdek,

kosmonavtikada o‘tish orbitalari (bizning misolimizda – Yer atrofi orbitasidan Oy orbitasiga o‘tish orbitasi) ichida eng kam energiya sarfi bilan kechadigan bunday trayektoriya, oraliq orbitadan ( $h = 200$  km) boshlanib, radiusi 384400 kmli Oy orbitasida tugaydigan yarim elliptik trayektoriya sanaladi. Har ikkala orbitaga (oraliq va Oy orbitasi) urinib o‘tuvchi bunday yarim elliptik o‘tish trayektoriyasi uning ixtirochisi olim Gomon sharafiga *Gomon orbitasi* deb yuritiladi.

Shu xildagi Oyga uchish trayektoriyasining hisob-kitobi bilan tanishaylik. Buning uchun dastlab Yer atrofiga 200 km balandlikdagi oraliq orbitada harakatlanayotgan KA ning tezligini Yerning berilgan gravitatsion parametri  $K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2$  va orbita radiusi  $r = R_{\oplus} + 200 \text{ km} = (6370 + 200) \text{ km} = 6570 \text{ km}$  ga ko‘ra aniqlaymiz. U ushbu ifodadan topiladi:

$$v_1 = \sqrt{\frac{K_{\oplus}}{R_{\oplus} + h}} = 7,789 \text{ km/s.}$$

Ma’lumki, Oyning orbital tezligi  $v_c = 1,1018 \text{ km/s}$ .

O‘tish traektoriyasi hisoblangan yarim elliptik orbitaning katta yarim o‘qi esa

$$a = \frac{r_{c \text{ orb.}} + R_{\oplus} + h}{2} = 195485 \text{ km.}$$

U holda Gomon trayektoriyasining apogeyidagi KA ning tezligi:





$$v_a = \sqrt{K_{\oplus} \left( \frac{2}{r_{\text{orb.}}} - \frac{1}{a} \right)} = 0,187 \text{ km/s}$$

bo'ladi. Bundan ko'rinadiki, KA Oy orbitasining biror nuqtasiga yetib borganda, uning Oyga nisbatan tezligi (Oyga tushish tezligi)

$$\Delta v = v_c - v_a = (1,018 - 0,187) \text{ km/s} = 0,831 \text{ km/s}$$

bo'ladi.

Endi Oyga uchib borish vaqtiga kelsak, u KA ning orbitasiga urinib o'tuvchi gomon-elliptik orbitasi bo'ylab to'la aylanish davrining yarmiga teng bo'ladi. Bu davr Keplerning III qonuniga ko'ra, jismning ellips bo'ylab aylanish davriga teng bo'lib, u

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{K_{\oplus}}} a^{\frac{3}{2}}$$

ifodadan topiladi.

$K_{\oplus}$  va  $\pi$  larning ma'lum qiymatlariga ko'ra:

$$T = \frac{a\sqrt{a}}{6028,92} \text{ min} = 9 \text{ sutka } 22 \text{ soat } 56 \text{ min.}$$

U holda  $t$  uchish vaqti  $T$  davrning yarmiga tengligidan,

$$t = \frac{T}{2} \text{ min} = 4 \text{ sutka } 23 \text{ soat } 28 \text{ min}$$

bo'ladi.

Apogeyida Oy orbitasigacha ko'tariladigan cho'zinchoq o'tish orbitalarining katta o'qi, KA ni oraliq orbitaga urinib ko'tarilish tezligining kattaligiga bog'liq bo'lib, u  $\pm 2$  m/s xatolik bilan oraliq orbitadan ko'tarilsa, apogeyida uning balandligi  $\pm 8000$  km ga o'zgaradi. Oy diametrini bu kattalik ( $\pm 8000$  km) bilan solishtirsak,  $\pm 2$  m/s xatolik bilan KA ni uchirish, Oyni mo'ljalga olishda ma'lum xatolikka yo'l qo'yilishi mumkinligini oshkor qiladi.

Demak, Oy apogeyda bo'lganda, ya'ni Yerdan Oygacha o'rtacha masofadan (384400 km) 21 ming kilometr narida bo'lganda, Oyga yetish uchun KA ning minimal boshlang'ich tezligini kamida 5 m/s ga ortirish lozimligi ma'lum bo'ladi.



1. Oyga uchish uchun eng tejamli geosentrik trayektoriyaning ko'rinishi qanday bo'ladi?
2. Bunday trayektoriyaning perigeysi va apogeyidagi uning tezligi qanday topiladi?
3. Oyga uchish uchun qanday boshlang'ich tezlik talab etiladi?
4. Yarim elliptik orbita bilan KA Oyga qancha vaqtda uchib borishi mumkin?

### 13- §. Oy sirtiga qo'nish

KA ni Oy yaqinidagi harakatini unga nisbatan birinchi va ikkinchi kosmik tezliklarga tayanib tahlil qilish mumkin. Oyning gravitatsion parametriga ( $K_c = 4,9 \cdot 10^3 \text{ km}^3/\text{s}^2$ ) va radiusiga ( $R_c = 1738 \text{ km}$ ) ko'ra 1- va 2- kosmik tezliklari

$$v_1 = \sqrt{\frac{K_c}{R_c}}, \quad v_1 = 1,680 \text{ km/s},$$

$$v_{II} = \sqrt{\frac{2K_c}{R_c}}, \quad v_2 = 2,375 \text{ km/s}$$

ifodalardan topiladi.

Agar Oy sirtidan biror jism 2- kosmik tezlik (2,375 km/s) bilan uloqtirilsa, u Oyning ta'sir sferasi ( $r_{t.s.} = 66000 \text{ km}$ ) chegarasida ushbu parabolik tezlikka erishadi:

$$v_{\text{par}} = \sqrt{\frac{2K}{r_{t.s.}}} = 0,385 \text{ km/s}.$$

Bordi-yu, jism Oyning ta'sir sferasiga  $v = 0,385 \text{ km/s}$  boshlang'ich tezlik bilan kirib, keyin Oy sirtiga tushadigan bo'lsa, Oy tortish kuchi ta'sirida tezligini orttirib, unga yetganda, energiya-ning saqlanish qonuniga ko'ra, bu jism ikkinchi kosmik tezlikka (2,375 km/s) erishadi.

Endi gomon orbitasi bo'yicha Oyga yetib borgan KA ning orbita apogeyida geosentrik tezligining 0,187 km/s ga tushib qolishi va u Oy ta'sir sferasiga Oyga nisbatan 0,831 km/s tezlik bilan kirishini (oldingi paragrafga qarang) e'tiborga olsak, u Oy sirtiga ikkinchi kosmik tezlikdan ancha katta tezlik bilan tushishini anglash qiyin emas.



49- rasm. «Apollon» ekipajining Oy sirtidan namunalar yig'ish payti.

Shu tufayli KA ni Oy sirtiga ohista qo'ndirish uchun uning tezligini tormozlovchi impuls yordamida so'ndirishga to'g'ri keladi. Oy sirtiga ohista qo'ndirilgan birinchi «Luna-9» planetalararo avtomatik stansiyasi, Oy sirtiga tik tushayotganda, 75 km balandlikda tormozlovchi raketa dvigateli ishga tushirildi va balandlik 150 m qolgunga qadar ishlatib turildi. Tezlikning keyingi so'ndirilishi, harakat yo'nalishiga tuzatish kirituvchi kichik dvigatellar yordamida amalga oshirildi. «Luna» rusumidagi kosmik stansiyalarning barchasi Oy sirtiga shunday yo'l bilan qo'ndirilgan. «Luna-13» dan keyingi stansiyalarning Oy sirtiga ohista qo'ndirilishi, Oy sun'iy yo'ldoshi orbitasida berilgan tormozlovchi impuls yordamida bajarilgan. Oy sirtining tuproq jinlaridan namuna bilan qaytgan «Luna-16, 20, 24» va AQSH ning «Apollon» avtomatik stansiyalari Oydan vertikal yo'nalishda 2,7 km/s boshlang'ich tezlik bilan ko'tarilib Yerga qaytdi (49- rasm).



1. Oy uchun 1- kosmik tezlik qanchaga teng?
2. Ikkinchi kosmik tezlik-chi?
3. Oy ta'sir sferasida KA qanday geosentrik tezlik bilan kiradi (yarim elliptik orbita bo'ylab unga yetganda)?



4. Bu paytda uning Oyga nisbatan tezligi qancha bo'ladi?
5. Oyga qo'nish jarayoni qanday amalga oshiriladi?
6. Oyga ohista qo'ndirilgan qanday KA larni bilasiz?

#### 14- §. Planetalarga uchish trayektoriyalari

KA ni planetalarga uchirish trayektoriyalarining hisob-kitobi murakkab bo'lib, agar planetalar Quyosh atrofida ma'lum bir tekislikda aylanma orbitalar bo'ylab harakatlanadi deb qaralsa, masalaning yechimi ancha yengillashadi. Masalani bu xilda soddalashtirish bilan juda katta xatoga yo'l qo'yilmaydi, chunki planetalar orbitalarining ko'rinishi, haqiqatda ham aylanaga yaqin bo'lib, ularning orbita tekisliklarining Yer orbitasi tekisligiga og'maligining qiymati juda kichik miqdorni tashkil qiladi.

Planetalar bir tekislikda yotuvchi aylanma orbitalar bo'yicha harakatlanadi deb qaralganda, planetalararo uchib o'tish trayektoriyalarining hisob-kitobi, ilgari qaralgan SY larning aylanma orbitalari orasidagi o'tish trayektoriyalarining (gomon orbitalarining) hisob-kitobiga juda o'xshab ketadi (50- rasm).

Agar planetalarning Quyoshdan o'rtacha uzoqliklari km larda, ularning tezliklari km/s larda ifodalansa, Quyoshning gravitatsion parametri  $K_{\odot} = GM_{\odot} = 1,327 \cdot 10^{11} \text{ km}^3/\text{s}^2$  ga teng bo'ladi. Bordinyu planetalarning Quyoshdan o'rtacha uzoqliklarini 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. Endi bu qiymatlarni ushbu

$$V = \sqrt{K_{\odot} \left( \frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}$$

ifodaga qo'ysak, geliosentrik orbita bo'ylab harakatlanayotgan jismning tezligini ushbu formula bilan hisoblash qulay bo'ladi:

$$V = 29,785 \sqrt{\left( \frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)},$$

bu yerda  $r$  va  $a$  lar astronomik birliklarda ifodalangan.

Misol tariqasida, Yerdan Yupiterga tomon planetalararo gomon orbitasi bo'yicha uchirilgan KA ning trayektoriyasi-



ning hisob-kitobini keltiraylik (50-a rasm). Bunda na Yer va na Yupiter KA ga tortish kuchi bilan ta'sir etmaydi deb faraz qilaylik. Agar Yer orbitasi radiusini 1,0 a.b., Yupiternikini 5,2 a.b. deb, Yerning orbital tezligini 30 km/s, Yupiternikini esa 13 km/s deb olsak, unda gomon orbitasi (yarim ellips) ning katta yarim o'qi

$$a = \frac{r_{\oplus} + r_{\text{yu}}}{2} = \frac{1,0 + 5,2}{2} = 3,1 \text{ a.b.}$$

ga teng chiqadi. U holda KA ning gomon trayektoriyasining perigeliyida tezligi ( $r_{\oplus}$  – Yer orbitasining radiusi):

$$V_p = 29,785 \sqrt{\left(\frac{2}{r_{\oplus}} - \frac{1}{a}\right)} = 29,785 \cdot 1,295 = 38,575 \text{ km/s}$$

qiymatga teng bo'ladi.

Binobarin, Yer orbitasidan gomon orbitasiga o'tish uchun talab qilinadigan qo'shimcha tezlik, orbitaning perigeliyidagi tezlik bilan Yerning orbital tezligi orasidagi farqqa teng bo'ladi, ya'ni

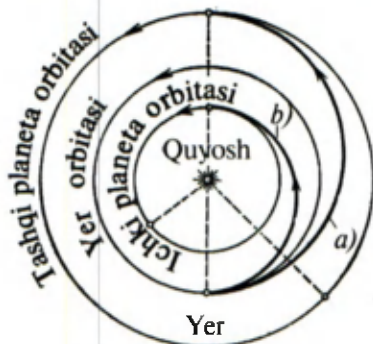
$$\Delta v_1 = V_p - V_{\oplus} = (38,575 - 29,785) \text{ km/s} = 8,790 \text{ km/s}$$

bo'ladi. Gomon orbitasi afeliyida (Yupiter orbitasiga urinish nuqtasida) KA erishgan tezlik ( $r_{\text{yu}}$  – Yupiter orbitasi radiusi)

$$V_a = 29,785 \sqrt{\frac{2}{r_{\text{yu}}} - \frac{1}{a}} = 29,785 \cdot \frac{1}{3,9} \text{ km/s} = 7,6 \text{ km/s}$$

ga teng bo'ladi.

Tortish kuchi hisobga olinmagan Yupiter, uning orbitasiga yetib kelib, unda harakatlanayotgan KA ni ortidan quyidagi tezlik bilan quvib kelayotgan bo'ladi:



50- rasm. Gomon orbitalari bo'yicha planetalarga uchish trayektoriyalari:

$a$  – tashqi planetalarga uchish trayektoriyasi;  $b$  – ichki planetalarga uchish trayektoriyasi.



$$\Delta v = 13,06 - 7,60 = 5,46 \text{ km/s.}$$

Endi, navbatdagi paragrafda, qiziquvchilar uchun, Yerning tortish kuchi hisobga olingan hol uchun KA ning Yupiterga uchib borish optimal trayektoriyasi hisob-kitobini keltiramiz.



1. Planetalarga uchishning gomon trayektoriyalari deb qanday trayektoriyalarga aytiladi?
2. Yarim elliptik gomon trayektoriyasining berilgan katta o'qi qanday topiladi?
3. Bunday trayektoriyaning ixtiyoriy nuqtasida tezlik, uning berilgan katta yarim o'qiga ( $a$ ) ko'ra qanday aniqlanadi?
4. Yupiterga Yerdan uchishda (gomon orbitasi bo'yicha) yarim elliptik orbitalaning perigeliyida va afeliyida KA qanday tezliklarga erishadi?
5. Bu tezliklarni Yerning va Yupiterning orbital tezliklari bilan solishtiring.

### **15- §. Planetalarga uchishda Yer va mo'ljallangan planetaning tortish kuchini hisobga olish** *(mustaqil o'qish uchun)*

Eslatilganidek, ikki aylanma orbita bo'ylab harakatlanayotgan Yer SY larining orbitalari orasida amalga oshiriladigan gomon o'tish orbitasi, raketa yonilg'isini tejash nuqtayi nazaridan qaralganda, eng optimal orbita hisoblanadi.

Gomon trayektoriyasi bo'ylab biror planetani mo'ljallab uchishda, planetalarning (Yer va mo'ljallangan planeta) tortish kuchlarini ham e'tiborga olish lozim bo'lgan o'tish trayektoriyasining hisob-kitobi, Yer va mo'ljallangan planeta ta'sir sferalarini ham hisobga olishni nazarda tutadi. Masalaga bunday yondoshishda, gomon trayektoriyasining faqat planetalarning (orbitalari go'yo bir tekislikda yotgan Yer va mo'ljallangan planeta) ta'sir sferalari orasidagi qisminigina optimal deb qarash mumkin.

Shuni e'tiborga olib, endi Yupiterga uchishda, planetalararo KA gomon orbitasiga chiqishi uchun Yer ta'sir sferasida uni tezlashtirishning optimal sharoitini aniqlaylik. O'tgan paragrafda Yer orbitasidan gomon orbitasiga chiqish uchun zarur bo'lgan qo'shimcha tezlik kattaligi 8,790 km/s bo'lishini aniqlagan edik.



Shu bilan birga, KA Yerning tortish kuchidan ozod bo'lishi uchun u ikkinchi kosmik tezlikkacha (11,187 km/s) tezlantirilishi lozimligi ham tushunarli. Bu tezlik bilan raketa Yer ta'sir sferasi chegarasini kesib o'tgach, unga tezlikning qo'shimcha impulsi (8,790 km/s) berilib, gomon orbitasiga chiqariladi. Garchi KA ni ikki impulsi bunday xarakteristik tezlik (19,977 km/s = 11,187 km/s + 8,790 km/s) bilan gomon o'tish orbitasiga chiqarish mumkin bo'lsa-da, u KA uchun optimal trayektoriya bo'la olmaydi.

Xuddi shunday natijaga, bundan ancha kichik xarakteristik tezlik bilan ham erishish mumkin. Buning uchun KA ning to'la tezlantirilishiga, iloji boricha, Yer sirtiga yaqin nuqtada erishish lozim bo'ladi. Darvoqe, oldin ko'rganimizdek, boshlang'ich (start paytidagi) tezlik, ikkinchi kosmik tezlik va tezlikning giperbolik orttirmasi bilan quyidagicha bog'lanishda bo'lar edi:

$$v_0 = \sqrt{v_{\text{crk}}^2 + v_{\text{gip}}^2} \quad (1)$$

Binobarin, Yer sirti yaqinida KA ga

$$\begin{aligned} v_0 &= \sqrt{(11,187^2 + 8,790^2)} \text{ km/s} = \\ &= \sqrt{125,149 + 77,264} \text{ km/s} = \sqrt{202,413} \text{ km/s} = 14,220 \text{ km/s} \end{aligned}$$

tezlik berilsa, u Yerdan 8,790 km/s li giperbolik orttirma bilan ketib, Yupiterga boradigan gomon o'tish orbitasi bo'yicha harakatlanishi ta'minlanadi.

Keltirilgan hisob-kitob, faqat Yupiterga borish uchun zarur bo'lgan boshlang'ich tezlikning minimal nazariy qiymatini berib, aslida xarakteristik bu tezlik, tezlikning gravitatsion sarfi va atmosfera qarshiligi tufayli yo'qolishini hisobga olganda, nazariy topilgan yuqoridagi qiymatidan 1,5–2 km/s ga ortiq bo'ladi.

Quyidagi jadvalda planetalarga uchish uchun zarur bo'lgan qo'shimcha tezliklar (ikkinchi ustun) va planetalarga uchish uchun nazariy yo'l bilan topilgan minimal start tezliklarining qiymatlari keltirilgan.



T/r	Planetalar	Qo'shimcha tezlik, $v_q$ , km/s	Start paytidagi minimal nazariy tezlik, $v_{min}$ , km/s
1	Merkuriy	-7,53	13,49
2	Venera	-2,49	11,46
3	Mars	2,94	11,57
4	Yupiter	8,79	14,22
5	Saturn	10,29	15,19
6	Uran	11,27	15,88
7	Neptun	11,64	16,14

Endi ma'lum planetaga gomon orbitasi bo'yicha KA ga startni uning qanday konfiguratsion holati (Yerga va Quyoshga nisbatan holati) paytida berish lozimligini aniqlaylik. Ma'lumki, gomon orbitasi, bu fokusida Quyosh yotgan ellipsni xarakterlaydi. Shuning uchun ham Keplerning 3- qonuniga ko'ra, KA ning Yupiterga uchib borish vaqti ( $t$ ) mazkur ellips bo'ylab uning aylanish davrining ( $T$ ) yarmiga teng bo'ladi, ya'ni

$$t = \frac{T}{2}.$$

$T$  ni Keplerning uchinchi qonunining ushbu ifodasidan topamiz (o'ng tomondagi ifoda Yer uchun):

$$\frac{a^3}{T^2} = 1,0 \frac{(1 \text{ a.b.})^3}{(1 \text{ yil})^2},$$

bu yerda  $a$  – gomon orbitasining katta yarim o'qini (astronomik birliklarda),  $T$  esa KA ning bu orbita bo'ylab aylanish vaqtini (yillarda) ifodalaydi, u holda uchish vaqti:

$$t = \frac{T}{2} = \frac{\sqrt{a^3}}{2} = \frac{\sqrt{\left(\frac{1+5,2}{2}\right)^3}}{2} = \frac{\sqrt{(3,1)^3}}{2} = \frac{3,1 \cdot 1,76}{2} = 2,73 \text{ yil} = 996,8 \text{ sutka}.$$

Bundan, KA gomon orbitasining apogeyida Yupiter bilan uchrashishi uchun, Yupiter 0,0831 grad/sutka burchak tezligi





bilan  $t$  vaqt ichida  $\theta = 0,0831^\circ \cdot 996,8 = 82,8^\circ$  yoyni o'tish lozimligi aniq bo'ladi. Binobarin, KA Yerdan ko'tarilayotgan paytda, Yupiter Yerdan  $\gamma$  geliosentrik burchak miqdorida oldinda bo'lishi kerakligi topiladi:

$$\gamma = 180^\circ - 82,8^\circ = 97,2^\circ.$$

Yerning burchak tezligi Yupiternikidan ancha ortiq bo'lib, u Yupiterni har sutkada

$$\Delta\gamma = 0,9856 - 0,0831 = 0^\circ,9025$$

burchak kattaligidagi qiymat bilan quvib borib, start muddati, Yupiterning Quyosh bilan qarama-qarshi turishidan

$$\Delta t = 97^\circ,2 : 0^\circ,9025 = 107,7 \text{ sutka}$$

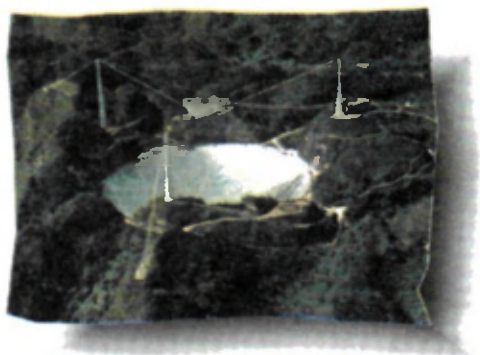
oldin berilishi lozimligi yuqoridagi hisob-kitobdan aniq bo'ladi. Yupiterning Quyoshga nisbatan ma'lum holati (qarama-qarshi turishi yoki qo'shilishi) planetaning sinodik davri bilan qaytarilib turishini e'tiborga olsak, Yupiterga optimal gomon trayektoriyasi bo'yicha uchish uchun qulay moment, aynan shu sinodik davr bilan qaytarilib turishi anglashiladi.



1. Ma'lum planetaga uchish uchun KA ning Yerdan ko'tarilish tezligi qanday topiladi?
2. Gomon orbitasi bo'yicha harakatlanayotgan kosmik apparatning perigeliyi va afeliyida tezliklar qanday hisoblanadi?
3. Gomon orbitasi bo'yicha biror planetaga uchib borish vaqti qanday topiladi?
4. Topilgan uchish vaqtiga ko'ra mo'ljallangan planetaning konfiguratsiyasi qanday aniqlanadi?

# V

## ASTROFIZIK METODLAR VA ASBOBLAR



### 1- §. Teleskoplar. Optik teleskoplar

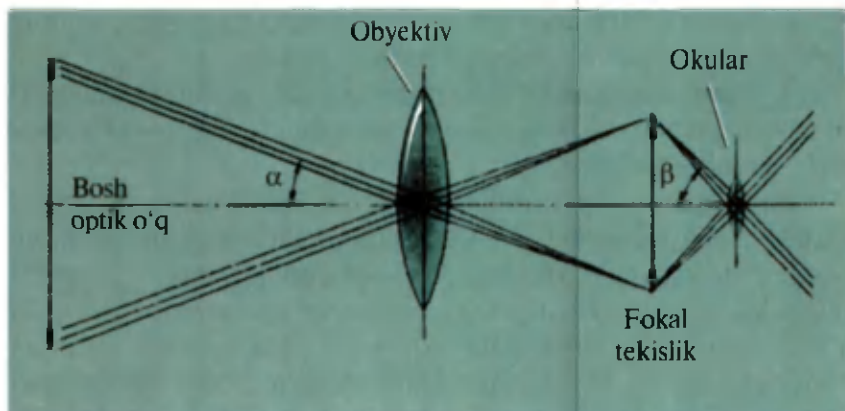
Astronomlarning eng muhim kuzatish quroli – teleskoplaridir. Teleskoplar osmon jismlarining ko‘rinma burchaklarini kattalashtirib hamda ularni bir necha marta ravshanlashtirib ko‘rsatadi. Shuning uchun ham teleskoplar yordamida osmonga qaralganda, Yerga yaqin joylashgan osmon jismlarining (Quyosh, planetalar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

Teleskoplarning asosiy qismi *obyektiv* deb atalib, u qavariq shaffof linza yoki botiq sferik ko‘zgudan yasaladi (51 va 52- rasmlar). Obyektiv kuzatilayotgan osmon jismidan kelayotgan nurni yig‘ib, mazkur jismning tasvirini yasaydi. Osmon jismining obyektiv tomonidan hosil qilingan tasviri *okular* deb ataladigan linza orqali kuzatiladi. Hozirgi zamon teleskoplarida obyektiv yasagan tasvir ko‘pincha fotoplastinkalarda rasmga tushirilib o‘rganiladi.

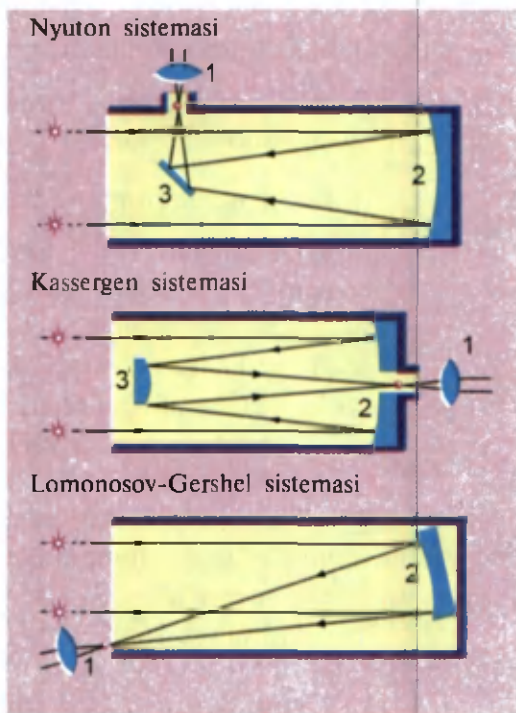
Agar teleskopning obyektivi linzadan yoki linzalar sistemasidan tuzilgan bo‘lsa, bunday teleskop *refraktor* deyiladi. Refraktorda nurning yo‘li 51- rasmda ko‘rsatilgan. Obyektivi botiq sferik ko‘zgudan iborat bo‘lgan teleskop esa *reflektor* deyiladi. Turli xil reflektorda manbadan kelayotgan nurning yo‘li 52- rasmda tasvirlangan.

Teleskoplarning asosiy vazifalarini quyidagicha belgilash mumkin:

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



51- rasm. Linzali teleskop (refraktor)ning tuzilishi (nurning yo'li).



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



2. Obyektivning fokal tekisligida kuzatilayotgan yoritgichning yoki ixtiyoriy osmon jismining 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 prinsipi 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. Bino-barin, teleskop bizga qaralayotgan osmon jismini ham *ravshanlashtirib*, ham *kattalashtirib* berayotganiga guvoh bo'lamiz. Yasalgan tasvirning ravshanlashishi, teleskop obyektivining diametriga va fokus masofasiga, aniqrog'i, ularning nisbati  $\frac{D}{F}$  ga

bog'liq bo'lgani holda, uning kattalashtirishi obyektiv va okularning

fokus masofalarining nisbati  $\frac{F}{f} = \frac{B}{\alpha}$  ga

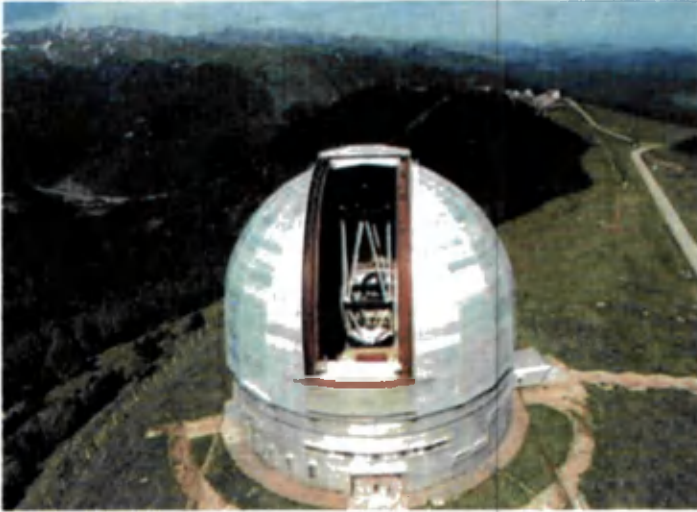
bog'liq bo'ladi. Tasvir fotoplastinkada yoxud fotoelektrik yo'l bilan qayd qilishga mo'ljallangan bo'lsa, unda okulyar kerak bo'lmay, fotoplastinka yoki elektrofotometrning kiritish diafragmasi bevosita teleskopning fokal tekisligida joylashtiriladi.

Birinchi refraktor mashhur italyan olimi G.Galiley tomonidan 1610- yilda ishga tushirildi (53- rasm). Birinchi reflektorni esa 1648- yilda taniqli ingliz olimi I.Nyuton yasadi.

Dunyodagi eng yirik refraktor obyektivining diametri 1 metrni tashkil etib, u AQSH da qurilgan. Eng yirik



53- rasm. Galiley yasagan birinchi teleskop – refraktor.



**54- rasm.** Shimoliy Kavkazda o'rnatilgan, ko'zgusining diametri 6 metrli teleskop-reflektor minorasining ko'rinishi (ichida teleskopi ko'rinib turibdi).

reflektorlardan biri ko'zgusining diametri esa 6 metr bo'lib, Shimoliy Kavkazda o'rnatilgan (54- rasm). O'zbekistonda eng yirik refraktor teleskopi (qo'shaloq astrograf) Kitob shahri yaqinidagi sobiq Xalqaro kenglik stansiyasida joylashgan. Uning obyektivining diametri 40 sm. Qashqadaryo viloyatining Qamashi tumani hududida taxminan 3000 metr balandlikdagi Maydanak tog'larida yirik astronomik observatoriya qurilgan bo'lib, u yerda o'rnatilgan reflektor ko'zgusining diametri 1,5 metr keladi (55- rasm).

56- rasmda dunyoda eng yirik — diametri 8 metrli teleskop ko'zgusini (obyektivini) optik sexda sayqal berish jarayoni tasvirlangan.



**55- rasm.** O'zbekiston FA Astronomiya institutiga qarashli teleskop- reflektor ( $d = 1,5$  m).



56- rasm. Diametri 8 metrli teleskop ko'zgisiga sexda sayqal berish jarayoni.



1. Optik teleskoplar osmon jismini qanday qilib kattalashtiradi yoki yaqinlashtiradi?
2. Bu teleskoplar osmon jismini qanday qilib ravshanlashtiradi?
3. Optik teleskoplarning qanday turlari bor?
4. Refraktorda nurning yo'lini chizing.
5. Reflektor teleskopining optik sxemasini chizing. Yana qanday teleskoplar haqida eshitgansiz?

## 2- §. Radioteleskoplar

XX asrning 30- yillarida ko'plab osmon jismlari, jumladan, gaz-chang tumanliklar radiodiapazonda nurlanishlari ma'lum bo'ldi. Natijada ularni qayd qilish maqsadida turli ko'rinishdagi radioteleskoplar qurila boshladi.

Ko'pchilik quvvatli radioteleskoplarning antennalari oddiy reflektorga o'xshaydi (57- rasm). Faqat bunda teleskopning manbadan kelayotgan radionurlarni qayd qiluvchi botiq sferik ko'zgusi metallardan yasilib, ko'pincha juda yirik, diametri o'n-larcha metr keladigan qilib quriladi.

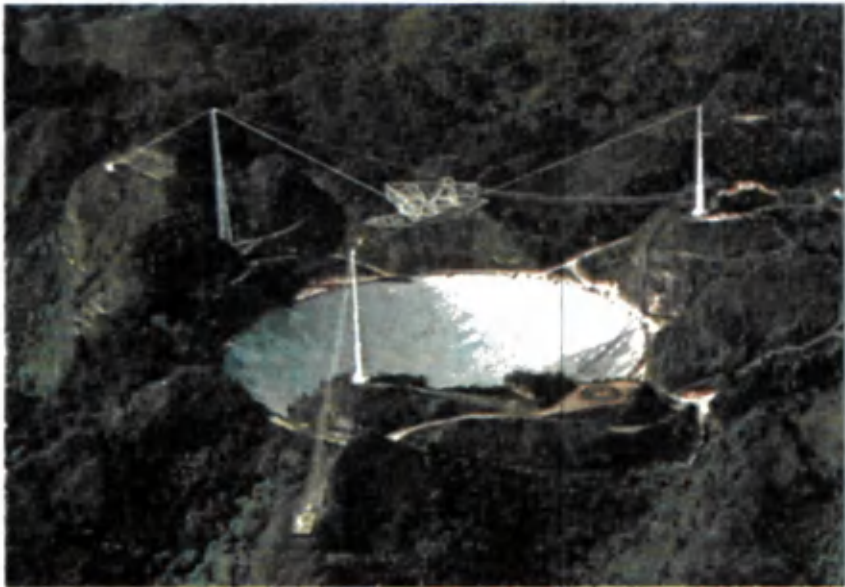


Radioteleskopning fokusida yig'ilgan radioto'lqin maxsus to'lqin uzatgichlar yordamida kuchaytirgichga uzatilib, unda kuchaytiriladi va so'ngra kuchaytirilgan radiosignallar maxsus qurulumalarda yozma qayd qilinadi.

Ayni paytda planetamizda o'ta-sezgir radioteleskoplar ishlaydi. Ko'z-gusining diametri 65 m (Avstraliya), 76 m (Angliya), 100 m (Germaniya), 300 m (AQSH) va 600 m (Rossiya) keladigan radioteleskoplar Koinotning tabiiy radiostansiyalaridan astronomlarga «axborot» beradilar. 58- rasmda AQSH ning Puerto-Riko orolida o'rnatilgan dunyoning eng quvvatli radioteleskopi tasvirlangan.



57- rasm. Parabolik antennali radioteleskop.



58- rasm. Dunyoning eng quvvatli radioteleskopi (ko'z-gusining diametri – 300 m).



59- rasm. Jizzax viloyati Zomin tog‘lari etagidagi Supa degan joyda qurilayotgan, metall ko‘zgusining diametri 70 metrli radioteleskop.

O‘zbekiston hududida Jizzax viloyatining Zomin tumanida, tog‘ etagining Supa degan joyida metall ko‘zgusining diametri 70 metr keladigan yirik radioteleskop jadal sur‘atlarda qurilmoqda (59- rasm). Bu teleskoplar Koinotning «radiobashara»sini mayda detallari bilan ko‘rishga imkon beradi.



1. Radioteleskop qanday ishlaydi?
2. Radioteleskoplar yoritgichlarni elektromagnit nurlar shkalasining qaysi diapazonida o‘rganadi?
3. Dunyodagi eng yirik radioteleskoplardan qaysilarini bilasiz?
4. O‘zbekistonda ham radioteleskop qurilayaptimi?

### 3- §. Ulug‘bek rasadxonasi

Osmon jismlarini o‘rganishda bizning ajdod–bobokalonlarimizning ham xizmatlari katta bo‘lgan. Ulardan biri – Amir Temurning nabirasi Ulug‘bek bobomizdir. XV asrning o‘rtalarida Ulug‘bek Movarounnahrning taniqli astronomlaridan Qozizoda Rumiy, G‘iyosiddin Jamshid Koshiylarni Samarqandga taklif etib, u yerda ular bilan osmonni tekshiradigan astronomik rasad-





xona, jumladan, eng yirik kuzatish asbobi – sekstantni qurish bo'yicha maslahat qildi. Olimlar bir ovozdan bu fikrni quvvatlashgach, Obi Rahmat daryosining bo'yida Ko'hak degan tepalik ustida radiusi 40,2 metrga teng bo'lgan astronomik kuzatish asbobini qurish boshlandi. Bu asbob yordamida Samarqand olimlari Quyosh, Oy va planetalarning yulduzlar oralab harakatlarini, minglab yulduzlarning o'rinlarini (koordinatalari) aniqladilar. Yuzlab shaharlarning koordinatalarini topdilar. Mazkur asbob ishchi qismi – yoyi aylana uzunligining 1/6 qismini, aniqlash uchun 70° ni tashkil qilib, uzunligi salkam 50 metrga teng edi.



**60- rasm.** Ulug'bek «teleskopi»ning yerosti qoldiq qismi.

Bu astronomik asbob Yer sirtida 11 metrcha chuqurlikdan boshlanib, mazkur sirdan ko'tarilgan balandligi esa qariyb 30 metr kelardi. Asbobni 1 gradusga teng yoyining uzunligi 70,2 santimetrga to'g'ri kelib, o'lchash aniqligi 10 sekundli 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'rne aniqlanib, tuproqdan tozalangach, uning qoldiqlari hisoblangan – yer osti qismi ochildi (60- rasm). Samarqandda o'rnatilgan bu yirik «teleskop»ning tashqi ko'rinishi aslida qanday bo'lganligi hozirgacha aniq bo'lmay, olimlar orasida tortishuv hanuzgacha davom etmoqda.

Ulug'bek rasadxonasi o'rta asrlarda Sharqda mavjud bo'lgan rasadxonalar ichida eng yirigi bo'lib, o'lchash aniqligi va hashamatliligi bilan ajralib turardi. Samarqand rasadxonasida Ulug'bekdan tashqari o'rta asrlarning eng taniqli astronomlaridan G'iyosiddin Jamshid Koshiy, Qozizoda Rumiyy, Muyiniddin Koshiy, Ali Qushchi ishladilar.



1. Ulug'bek rasadxonasining asosiy kuzatish asbobi qanday atalgan?
2. Bu kuzatish asbobining o'lchamlari haqida nimalar bilasiz?
3. Ulug'bekning o'rta asr «teleskopi» mohiyatiga ko'ra qanday asbob edi?
4. Unda Ulug'bekdan boshqa yana qaysi mashhur olimlar ishlagan?
5. Ulug'bek observatoriyasida astronomlar tomonidan bajarilgan asosiy ishlar haqida nimalar bilasiz?

#### 4- §. O'zbekistonda astronomiya

1873- yil 11- sentabrda Toshkent observatoriyasida astronomik kuzatishlar boshlanganligi haqidagi xabar matbuotda e'lon qilindi. U paytda Toshkent observatoriyasi Toshkent astronomiya va fizika observatoriyasi deyilib, Turkiston harbiy okrugining harbiy-topografiya bo'limiga qarardi.

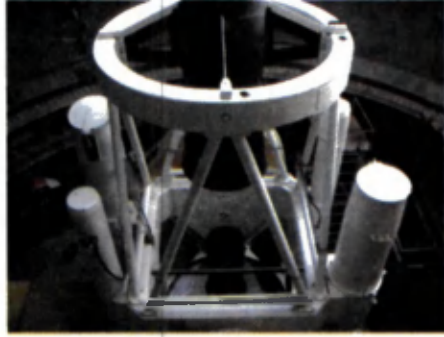
O'zbekiston Fanlar akademiyasining qarori bilan 1966- yil 1- sentabrdan Toshkent Astronomiya observatoriyasi O'zbekiston Respublikasi FA ning Astronomiya instituti deb ataladigan bo'ldi. Astronomiya instituti qoshida bir necha quvvatli astronomik kuzatish asboblari birin-ketin ishga tushib, «Aniq vaqt xizmati», «Quyosh fizikasi», «O'zgaruvchan yulduzlar fizikasi» kabi yirik laboratoriya bo'limlari shakllandi.

1919- yilda O'rta Osiyo hududida joylashgan Chorjo'y Xalqaro kenglik stansiyasi o'z faoliyatini yakunlaganligi munosabati bilan Toshkent Astronomiya observatoriyasi Xalqaro kenglik xizmatini, Chorjo'y bilan bir xil parallelda joylashgan Kitob (Qashqadaryo viloyati) shahrida davom ettirish taklifi bilan chiqdi. O'zbekiston hukumati bu taklifni qo'llab, 1928- yilda Kitobdan 2 km narida 39°08' kenglikda Xalqaro kenglik stansiyasi qurilishini boshladi. Mazkur stansiyada, qisqa vaqt ichida bir necha maxsus teleskoplar ishga tushirildi, o'nlab taniqli olimlar Xalqaro kenglik xizmati yo'lida barakali ish boshladilar.

1960- yillarda Toshkent observatoriyasining ilmiy xodimlari O'rta Osiyo va Qozog'istonning tog'li hududlaridan yaxshi astro-iqlim sharoitiga (osmonning musaffoligi, havo oqimlaridan xoliligi va boshqalar) ega bo'lgan joyni qidirib, uni Kitobdan yuz kilo-



a)



b)

**61- rasm.** Astronomiya institutiga qarashli Maydanak Balandto'g observatoriyasi eng yirik teleskopining minorasi (a) va uning ichidagi 1,5 m li reflektori (b).

metrcha narida dengiz sathidan 3000 metrcha balandlikka ega bo'lgan Maydanak tog'laridan topdilar. Ko'p o'tmay u yerda yirik astrofizik observatoriya qad ko'tara boshladi. Hozirda u bir necha quvvatli teleskoplar joy olgan, xalqaro ahamiyatga molik observatoriyaga aylangan va O'zbekiston FA Astronomiya institutiga qarashli Respublikamizning yirik astronomik markazlaridan sanaladi (61- rasm).

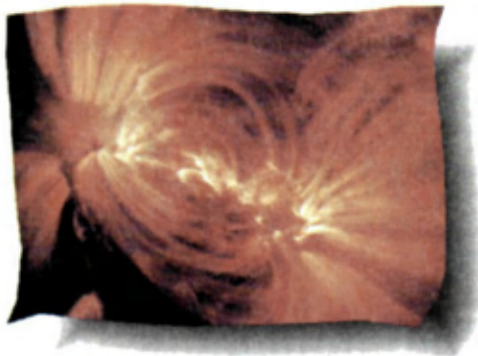
Ilovada bu astronomik ilmiy markazlar haqida yetarlicha keng ma'lumotlar berilgan bo'lib, astronomiya ishqibozlari ular bilan yaqindan tanishgach, kelgusida o'z taqdirini bu ilmiy dargohlar bilan bog'lashlari uchun barcha imkoniyatlar mavjud.



1. O'zbekiston FA Astronomiya instituti haqida gapirib bering.
2. Kitobdagi kenglik stansiyasi qanday geografik kenglikda joylashgan?
3. Qamashi tumanidagi baland tog' observatoriyasi qanday ataladi va unda qanday teleskoplar o'rnatilgan?
4. O'zbekistonning yirik astronomik ilmiy markazlarini sanang va qayerlarda joylashganligini ayting.

## VI

### QUYOSH – ENG YAQIN YULDUZ



#### 1- §. Quyosh haqida umumiy ma'lumotlar

Quyoshning kundalik ko'rinma harakatiga biz shu qadar ko'nikib qolganmizki, go'yo u abadiydek tuyuladi. Haqiqatan shundaymi? Quyosh so'nmaydigan osmon jismimi? Quyosh qisqa vaqtda g'oyib bo'lsa, planetamizda qanday o'zgarishlar ro'y bergan bo'lar edi?

Agar Quyosh so'nsa, zum o'tmay Yerni qorong'ilik qoplardi, chunki Quyoshning yorug'ligini qaytarish hisobiga ko'rinadigan Oy va planetalar ham osmonda ko'rinmay qolib, faqat yulduzlargina xira shu'lalari bilan Yerni yoritardi, xolos. Shuningdek, butun Yer yuzini izg'irin sovuq o'z «iskanjasiga» olardi. Bir haftaga qolmay tropiklar qor bilan qoplanar, daryolar oqishdan to'xtab, dengiz va okeanlar sekin-asta tubigacha muzlar, shamol ham «uvullash»ini bas qilardi. Xullas, hamma yoqni vahimali qorong'ilik va qahraton sovuq egallardi. Bunday sharoitda odamzod yoqilg'ilari zaxirasi hisobiga umrini bir oz cho'zsa-da, biroq u halokatdan qochib qutula olmas edi.

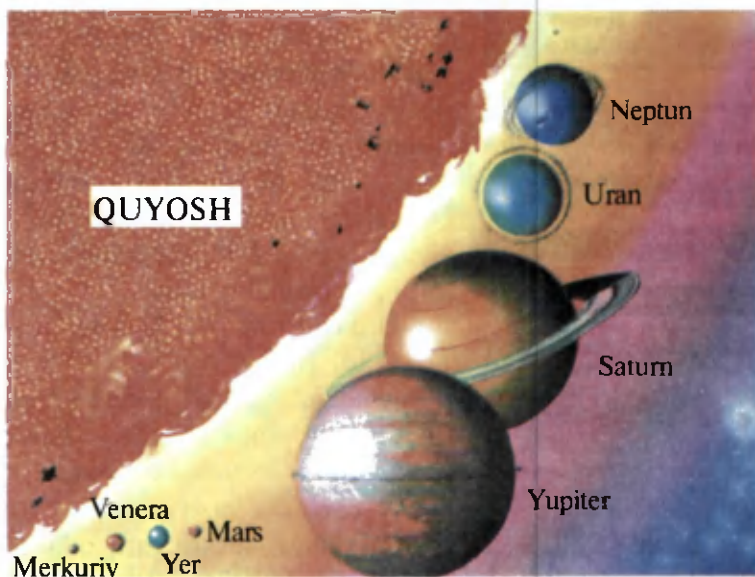
Shuning uchun ham hayotimizning manbayi bo'lmish Quyosh har jihatdan diqqatga sazovor osmon jismi hisoblanadi. Qadimda atrof-muhit hodisalarini ilmiy tushuntirishga ojiz bo'lgan odamlar tabiat kuchlari oldida tiz cho'kishgan, unga sig'inishgan. Bundan Quyosh istisno emas edi. Misrliklar Quyoshga issiqlik va hayot in'om qiluvchi Ra xudosi nomini berib sig'inishganda, yunonliklar va rimliklar Quyoshga nur, musiqa va poeziya xudolari – Feba, Gelios va Apollon timsollari sifatida sig'inishgan.



Keyingi yillarda Quyoshning massasi, temperaturasi va fizik tabiatini o'rganish borasida yig'ilgan ma'lumotlar Quyosh to'g'risida bizga yetarli darajada aniq tasavvur hosil qilish imkonini berdi. Yerdagi ko'pgina fizik va biologik hodisalar Quyosh ta'siri tufayli sodir bo'lar ekan.

Garchi oddiy ko'z bilan qaraganda, Quyosh sokin bir osmon jismidek ko'rinsa-da, aslida u yirik va quvvatli fizik jarayonlarni «boshidan kechirayotgan» yulduzlardan biri hisoblanadi. Shu tufayli Quyoshni o'rganish har jihatdan barcha tabiiyot fanlari uchun, ayniqsa, fizika fani uchun juda katta ahamiyat kasb etadi.

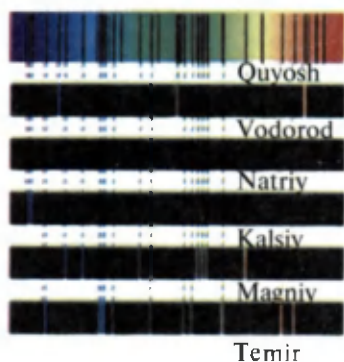
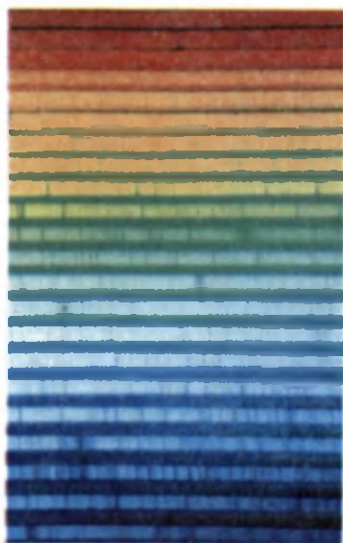
Quyosh milliardlab yulduzlarning bir vakili bo'lib, kattaligi va temperaturasiga ko'ra o'rtacha yulduzdir. Biroq planetamiz – Yer, uning yo'ldoshi sifatida boshqa yulduzlarga nisbatan Quyoshga millionlab marta yaqin bo'lganidan, yulduzlardan farq qilib, Quyosh bizga kattagina burchak (32') ostida ko'rinadi. Yer ham boshqa planetalar (Merkuriy, Venera, Mars, Yupiter va Saturnlar) qatorida Quyosh atrofida aylanma harakat qiladi. Astronomiyada Yerdan Quyoshgacha bo'lgan masofa aniq o'lchanib (149,6 million kilometr), u uzunlik o'lchovining birligi



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



sifatida qabul qilingan va yuqorida eslatganimizdek, bir astronomik birlik (1 a.b.) deb yuritiladi. Nur bu masofani salkam 8,5 minutda bosib o'tadi. Quyoshning diametri 1 million 400 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



**63- rasm.** Quyosh spektri. Yuqorida: qulaylik uchun qismlarga ajratilgan; pastda: uning turli kimyoviy elementlarga mosligi.

marta ortiq. 62- 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 16 million gradusga yetadi. Quyosh chiqarayotgan nurlanish energiyasi miqdorining qanchalik kattaligini quyidagi misoldan ko'z oldimizga yaqqol keltirishimiz mumkin. Quyoshning 1 sekund davomida chiqarayotgan energiyasi  $4 \cdot 10^{26}$  J bo'lib, 12 ming trillion tonna ko'mimi 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 mlrd atmosferaga yetadi. Uning o'rtacha zichligi  $1,41 \text{ g/sm}^3$ . Quyosh ulkan temperaturali olov shardan iborat bo'lib, uni tashkil qilgan gaz oddiy gazlarga nisbatan o'z xususiyatlari bilan keskin farq qiladi va *plazma* deb yuritiladi. Plazma holatida modda ionlashgan atomlar va



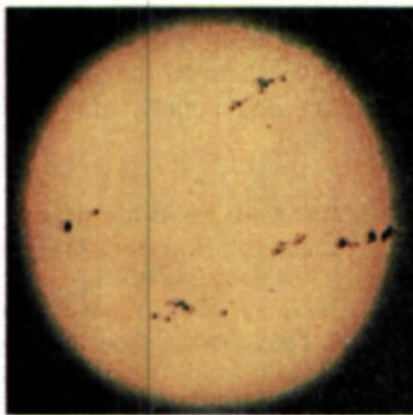
erkin elektronlardan iborat bo'ladi. Bunday qaynoq yuqori temperaturali zich plazma tutash spektrni beradi. Biroq bunday nurlanish Quyoshning atmosfera qatlamlaridan o'tishda, turli atomlar tomonidan mos to'liqin uzunliklaridagi nurlarning yutilishi tufayli Quyosh spektri chiziqli yutilish spektriga aylanadi (63- rasm). Quyosh ham barcha boshqa osmon jismlari kabi o'z o'qi atrofida aylanadi. Uning aylanish davri o'rtacha 25 sutkani tashkil etadi.



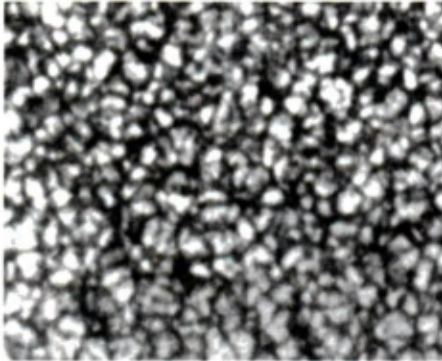
1. Qadimda kishilar Quyosh haqida qanday tasavvurga ega bo'lganlar?
2. Quyosh qanday osmon jismi: yulduzmi yoki planetami?
3. Quyosh haqida umumiy ma'lumot bering.
4. Quyosh o'lchamlarini Yerning o'lchamlari bilan solishtiring.
5. Quyoshning spektri qanday spektr?
6. Quyosh moddaning qaysi holatidan tashkil topgan?

## 2- §. Quyosh fotosferasi: donadorlik va mash'allar

Asosan ko'zning ko'rish chegarasida yotuvchi to'liqin uzunligidagi nurlarni chiqaruvchi Quyosh atmosferasining ostki qatlami *fotosfera* deb ataladi (64- rasm). Fotosfera teleskoplar yordamida kuzatilganda u oddiy ko'z bilan kuzatiladigan bir tekis ravshanlikka ega gardishdan katta farq qiladi. Yirik teleskoplar yordamida olingan Quyosh tasvirida ko'zga 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 ballonlar yordamida stratosferaga uchirilgan Quyosh teleskoplari yordamida olindi. Bu rasmlar yordamida granularning ravshanligi,



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



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

«yashash» davri va ularning fizik tabiatini spektral o'rganishga doir ko'p yangi ma'lumotlar olindi. Jumladan, donador bu struktura, fotosferada kechayotgan konvektiv jarayonni o'zida aks ettirishi ekanligi ma'lum bo'ldi. Granulalarning o'rtacha kattaligi 500 kilometrcha bo'lib, aslida 200 kilometr-dan 700–800 kilometr-gacha kattalikdagilari uchraydi (65- rasm).

Fotosferada granulalardan tashqari zanjirsimon shu'lali sohalar ham teleskoplarda hosil qilingan Quyosh tasvirida ko'zga tashlanadi. Bunday sohalar *mash'allar* deb ataladi. Mash'allar asosan Quyosh dog'lari bilan birgalikda uchraydi.

Mash'allar faqat Quyosh diskining chekkalarida yaxshi ko'rinib, uning markaziy qismida ko'rinmaydi. Bundan chiqadigan xulosa shuki, mash'allarning yuqori qismi fotosferaga nisbatan ravshanroq bo'lgan obyektlardir. Mash'allarning yuqori qismida kuzatiladigan ravshanlik undagi temperatura fotosferanikiga nisbatan 100–200 °C issiqroq ekanligidan darak beradi. Mash'allar nihoyatda ulkanligi bilan e'tiborni jalb etadi. Ayrim mash'allar egallagan maydon, ko'ndalangiga, bir necha yuz ming kilometr-gacha yetadi, maydoni esa bir necha mln. kv. km ni tashkil etadi.



1. Quyosh fotosferasi deganda uning qaysi qatlamini tushunasiz?
2. Quyosh fotosferasida, yaxshi kuzatish sharoitida, qanday obyektlar kuzatiladi?
3. Granulyatsiya (donadorlik) qanday ko'rinishli struktura?
4. Fotosferadagi mash'allar qanday strukturaga ega?
5. Donadorlik fotosferadagi qanday fizik jarayonlarni o'zida aks ettiradi?





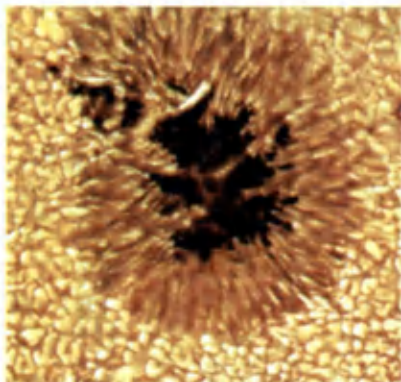
### 3- §. Quyosh dog'lari – magnit orollari

Quyosh fotosferasida kuzatiladigan, fizik tabiati jihatidan jumboqlarga boy obyektlar – *dog'lardir* (66- rasm). Quyosh dog'larining kattaligi turlicha bo'lib, ularning o'lchami bir necha ming kilometrdan bir necha yuz ming kilometrgacha yetadi. 1858- yilda kuzatilgan Quyosh dog'i – eng yirik dog'lardan biri edi. Uning diametri 230 ming kilometrga yetib, Yer diametridan 19 martacha katta bo'lgan. Agar Quyosh dog'larining kattaligi 40 ming kilometrdan ortiq bo'lsa, bunday dog'larni Quyosh botayotganda yoki chiqayotganda uning sirtida oddiy ko'z bilan teleskopsiz yoki boshqa biror kuzatish asbobisiz bemalol ko'rish mumkin. Shuning uchun ham ko'pgina qadimiy qo'lyozmalarda Quyosh sirtida dog'lar kuzatilganligi hikoya qilinadi. Biroq u davrlarda hech bir kuzatuvchi bu dog'larning bevosita Quyoshga tegishli ekanligiga ishonmagan. Birinchi bo'lib, 1609- yilda dog'lar Quyoshning o'ziga tegishli ekanligini Galiley o'zi yasagan teleskop yordamida kuzatib aniqladi.

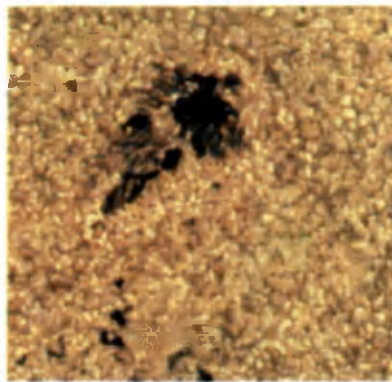
Shundan buyon o'tgan salkam 4 asr vaqt davomida olimlar Quyosh dog'lariga tegishli ko'p muammolarni, jumladan, ularning paydo bo'lishi va rivojlanishi hamda fizik tabiatiga doir qator muammolarni hal qildilar. Odatda, Quyoshda dog'lar yakka holda juda kam uchraydi. Ular guruh-guruh holida ko'proq kuzatiladi (66- rasm). Ma'lum dog' guruhida bitta yoki ikkita yirik qarama-qarshi magnit qutbga ega bo'lgan dog'dan tashqari 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'larida kuchli magnit maydoni mujassamlashgan. Quyosh dog'larining yashash davri turlicha bo'lib, bir necha kundan bir-ikki oygacha davom etadi. Bir-ikki oy davomida yashay oladigan (ya'ni Quyoshning bir necha aylanishida yo'qolmay turadigan) dog'lar ko'p uchramaydi. Dog'lar Quyosh sirtining hamma qismlarida paydo bo'lavermay, uning  $\pm 35-40$  gradus kengliklari orasidagi sohada paydo bo'ladi.

Quyosh fizikasiga tegishli muhim muammolardan biri undagi dog'lar sonining yillar mobaynida sistemali o'zgarib turishidir.



a)



b)

**66- rasm.** Quyosh dog‘lari: a) to‘g‘ri dog‘; b) dog‘ guruhi.

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.

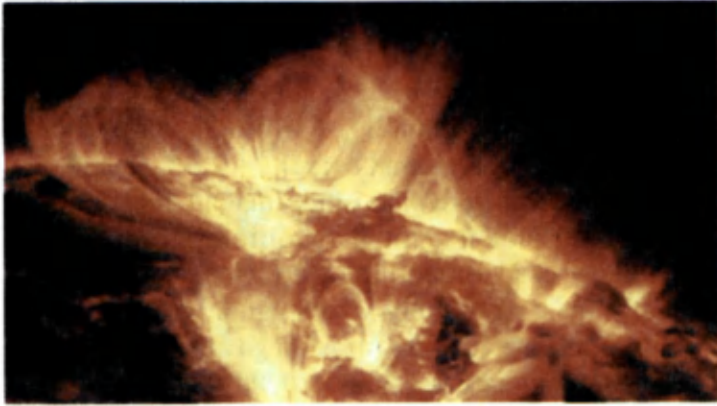
Quyosh dog‘lari Quyoshdagi eng aktiv jarayonlardan ekanligi va Quyosh atmosferasi qatlamlarida uchraydigan barcha boshqa aktiv hodisalar bilan bevosita bog‘lanishda bo‘lganligi tufayli, Quyosh dog‘lari sonining 11,1 yillik davri – *Quyosh aktivligining davri* sifatida qabul qilingan (70- rasmga qarang).



1. Quyosh dog‘larining ochilish tarixi haqida so‘zlab bering.
2. Dog‘lar fotosferada nimaga qorayib ko‘rinadi?
3. Alohida dog‘ va dog‘ guruhlarining magnit maydoni xususiyatlari qanday?
4. Quyoshda dog‘lar paydo bo‘ladigan soha qanday geliografik kenglamalar bilan chegaralanadi?
5. Dog‘lar soni Quyoshda qanday o‘rtacha davr bilan o‘zgaradi?

#### **4- §. Protuberaneslar – alanga «til»lari**

Protuberaneslar Quyoshda sodir bo‘ladigan eng chiroyli hodisalardan desak mubolag‘a bo‘lmaydi (67- rasm). O‘rta asrlar qo‘lyozmalarida Quyosh to‘la tutilganda, protuberaneslarning kuzatilganligi haqida ma‘lumotlar uchraydi. Quyoshning foto-



67- rasm. Xromosfera ulkan obyektlaridan biri – protuberaneslar.

sferadan yuqori qatlami xromosfera deyilib (grekcha «*xromos*» – rang degani), balandligi 14000 km gacha boradi. 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 harakati kabi fizik kattaliklarini aniqlashga imkon beradi.

Ayniqsa, 1920- yilda fransuz olimi Y.Petit taklif qilgan va ayni paytda qo‘llaniladigan usul, 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 Å) 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 Å) 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’ladi. Alanga tili ko’rinishida Quyosh chetidan ko’tarilgan protuberaneslarning balandligi ham bir necha yuz ming kilometrdan kam bo’lmasligi, Quyoshda ular naqadar ulkan jarayonlardan ekanligidan darak beradi.

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

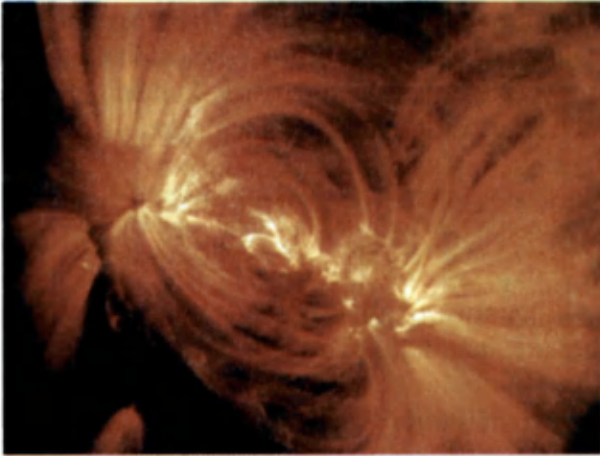
Protuberaneslar, atrof xromosferaga nisbatan ancha zich plazma bulut (temperaturasi 5000–10000 °C, zichligi – 1 kub santimetrdan  $10^{10}$ – $10^{12}$  zarraga to’g’ri keladi) dan iborat bo’lib, qariyb yuz marta issiqroq quyosh toji bilan o’ralgan. Protuberaneslar Quyosh gardishi chetida tepalik, pichan g’arami, sirtmoqsimon va voronka kabi turli ko’rinishlarda bo’ladi. Ular aktivligiga 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.



1. Quyosh atmosferasining qaysi qatlami xromosfera deyiladi?
2. Xromosfera qaysi atomlar spektral chiziqlarining to’lqin uzunliklarida kuzatiladi?
3. Protuberaneslar – xromosferaning qanday ko’rinishli obyektlari?
4. Quyosh gardishida proyeksiyalangan protuberaneslar qanday ko’rinadi?
5. Protuberaneslarning Quyosh dog’lari bilan bog’liqligi bormi?
6. Protuberaneslarning o’lchamlari va temperaturasi haqida nima bilasiz?

## 5- §. Quyosh chaqnashlari

Quyoshda kuzatiladigan eng kuchli jarayonlardan biri *xromosfera chaqnashlari*dir (68- rasm). Bir necha minut davom etgan chaqnashdan ajraladigan energiyaning miqdori soatiga 100 trilliordan ming kvadrillion kilovatt ( $10^{14}$ – $10^{18}$  kW) gacha yetadi. Bu degan so’z, bitta kuchli Quyosh chaqnashi davomida ajralayotgan energiya Yerdagi butun yoqilg’i zaxiralarning yonishidan ajralgan energiya miqdoriga teng, demakdir. Xromosfera



68- rasm. Xromosferaning eng quvvatli obykti – chaqnashlar.

chaqnashlari Quyosh dog‘lari bilan chambarchas bog‘liq bo‘lib, asosan, Quyoshning dog‘li sohalari yaqinida uchraydi. Bu jarayon paytida vodorod atomining spektral chizig‘i ( $H_{\alpha}$ ) ga mos to‘lqin uzunligida kuzatiladigan xromosferada, chaqnash ro‘y berayotgan soha ravshanligining keskin ortishi kuzatiladi. Shuningdek, Quyoshning rentgen diapazonda nurlanishi, radiodiapazonlarda kelayotgan signallarning keskin intensivlashuvi hamda Quyoshning umumiy nurlanish energiyasining ortishining sababi ham xromosfera chaqnashlaridandir. Ba‘zan quvvatli xromosfera chaqnashlari juda katta tezlikdagi protonlarning oqimini vujudga keltiradi. Bu protonlarning energiyasi 10–100 megaelektronvolt (MeV) gacha yetib, uning yo‘lida uchragan kosmik apparatlar ichidagi kosmonavtlar hayoti uchun ham katta xavf tug‘diradi. Chunki bunday quvvatli protonlar kosmik kema devori bilan to‘qnashganda kema ichiga bemalol kira oladigan va tirik organizm uchun katta xavf tug‘diradigan gamma nurlarini vujudga keltiradi.

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 yuri-



tiladi. Bunday «shamol» 1,5–2 kunda Yer orbitasigacha yetib keladi. Yerga yetib, Quyosh shamoli turli geofizik hodisalarda o'z aksini topadi va biosferaga ham sezilarli darajada ta'sir qiladi. Bu to'g'rida keyinroq batafsilroq to'xtalamiz.



1. Xromosfera chaqnashlari qanday jarayon?
2. Chaqnashlar Quyosh dog'lari bilan qanday bog'langan?
3. Xromosfera chaqnashlari aksariyat Quyoshning qaysi sohalarida kuzatiladi?
4. Chaqnash paytida Quyoshdan uloqtirilgan ulkan plazma massasi qanday kattalikdagi tezliklarga erishadi?

## 6- §. Quyosh «toji»

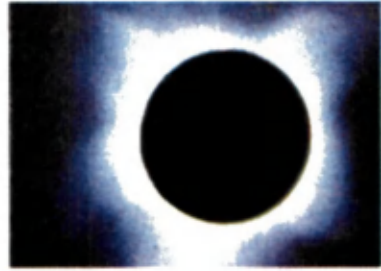
Quyosh to'la tutilayotganda, ya'ni Oy gardishi uni bizdan butunlay to'sganda, Quyosh atrofida osmonning qora fonida 1–2 Quyosh radiusi (ba'zan undan ortiq) masofasigacha cho'zilgan xira kumushsimon yog'du kuzatiladi (69- rasm). Quyosh toji deyiladigan bu hodisani kishilar juda qadimdan Quyosh to'la tutilgan chog'larida kuzatganlar. Qadimiy Misr obidalarida aks ettirilgan «qanotli Quyosh» rasmlari fikrimizning dalili bo'la oladi. Biroq XIX asrga qadar Quyosh «toji» bevosita Quyosh atmosferasiga tegishli hodisa ekanligi haqidagi fikr shubha ostida olinib, bu hodisa – Yer atmosferasining yoki Oy tog'larining «ishi» deb, ba'zida esa Oy atmosferasida Quyosh nurlarining sochilishidan deb, noto'g'ri talqin qilib kelindi.

Tojning umumiy shakli Quyoshning aktivlik darajasi bilan bevosita bog'liq bo'lib, u dog'lar sonining maksimumga erishgan davrida Quyosh atrofini, Quyoshning aktiv sohalarining joylashishiga ko'ra, turli xil balandlikda o'raydi, minimum davrida esa kumushrang shu'la ekvator tekisligidagina kattaroq balandlikka ko'tariladi (69-a rasm).

Tojdagi kuzatiladigan o'zgarishlar, jumladan toj strukturasi-ning xususiyatlari, Quyosh atmosferasining tojosti qatlamlarida kechadigan aktiv hodisalar bilan bog'lanishda ekanligini ko'rsatadi. Quyosh tojida kuzatiladigan eng yorug' va radius bo'yicha cho'zilgan oqimlari asosan, fotosferadagi dog'li va mash'alli sohalarning tepasida uchraydi.



a)



b)

**69- rasm.** Quyosh tojining uning aktivligining darajasiga bog'liqligi:  
a) aktivligining pasayganida; b) aktivligining maksimumida.

Quyosh tojini tashkil etuvchi nurning asosiy qismi uning o'ziga tegishli bo'lmay, balki fotosfera nurlarining Quyosh atmosferasining toj qismida joylashgan zarrachalarda sochilishidan hosil bo'ladi. Buni toj va fotosfera spektrlarini solishtirish yordamida bilish qiyin emas. Toj zarrachalarida sochilgan nurlarning qutblanish darajasi bu zarrachalar asosan erkin elektronlardan iboratligini tasdiqlaydi. Hisoblashlar, Quyosh tojida, har kub santimetrda 100 millionga yaqin erkin elektron to'g'ri kelishini ko'rsatadi.

Quyoshning radiodiapazonda kuchli nurlanadigan qismi uning atmosferasining toj qatlamiga to'g'ri keladi.



1. Quyosh toji, tabiiy holda, qanday hodisa ro'y berganda ko'rinadi?
2. Quyoshning radionurlanishi, asosan, uning atmosferasining qaysi qatlamida ro'y beradi?
3. Quyosh tojining ko'rinishi Quyoshda dog'lar sonining ko'p yoki kamlik davrlariga bog'liqmi?
4. Quyosh tojining balandligini uning radiusi bilan solishtiring.

## 7- §. Quyosh energiyasining manbai

Tabiatning energiya uchun universal qonunidan ma'lumki, energiya saqlanish xususiyatiga ega: u bordan yo'q bo'lmaydi va aksincha, yo'qdan vujudga ham kelmaydi. Modomiki, shunday ekan, tunda porlayotgan minglab yulduzlar va Quyoshimizning



energiya manbai nimada, degan tabiiy savol tug'ildi. Quyoshning aniqlangan «yoshi» salkam 5 milliard yilni ko'rsatadi. Bunday katta davr davomida tinimsiz nurlanayotgan Quyosh, jumladan, yulduzlarning yo'qotayotgan energiyasi qanday fizik jarayon hisobiga to'latilib turilishi muammosini hal qilish, astronomlarning asiy orzularidan hisoblanardi. Bu to'g'rida turli fikrlar, o'nlab ilmiy gipotezalar tug'ildi. Biroq ulardan ko'pi o'zini oqlamadi. Va nihoyat 1938–1939- yillarga kelib, astrofiziklardan A.Edington, K.Veyszekker va G.Byoteler yulduzlarning energiya manbai bo'la oladigan yadroviy reaksiyalarining 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. Bordi-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-yetmas proton, elektron va neytrinoga parchalanib ketishi va yadroviy reaksiyalarda deyarli ishtirok etmasligini ko'rsatdi.





Yulduzlar markazidagi reaksiya (to'rtta protonning birikib bitta geliy atomi yadrosini hosil qilish)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 ( $4,03252 - 4,003852 = 0,02863$ ) 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  $c = 3 \cdot 10^{10}$  sm/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 energiyani tashkil etishini ma'lum qiladi.

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



1. Quyosh energiyasining manbai nimada?
2. Termoyadro reaksiyasi qanday sharoitda ro'y berishi mumkin?
3. Quyosh markazida ro'y beradigan qanday termoyadro reaksiyasi hisobiga uning tarqatayotgan energiyasi to'ldirilib turiladi?
4. Har sekunda Quyosh qancha energiyasini yo'qotadi?

## 8- §. Quyosh aktivligi va uning Yerga ta'siri

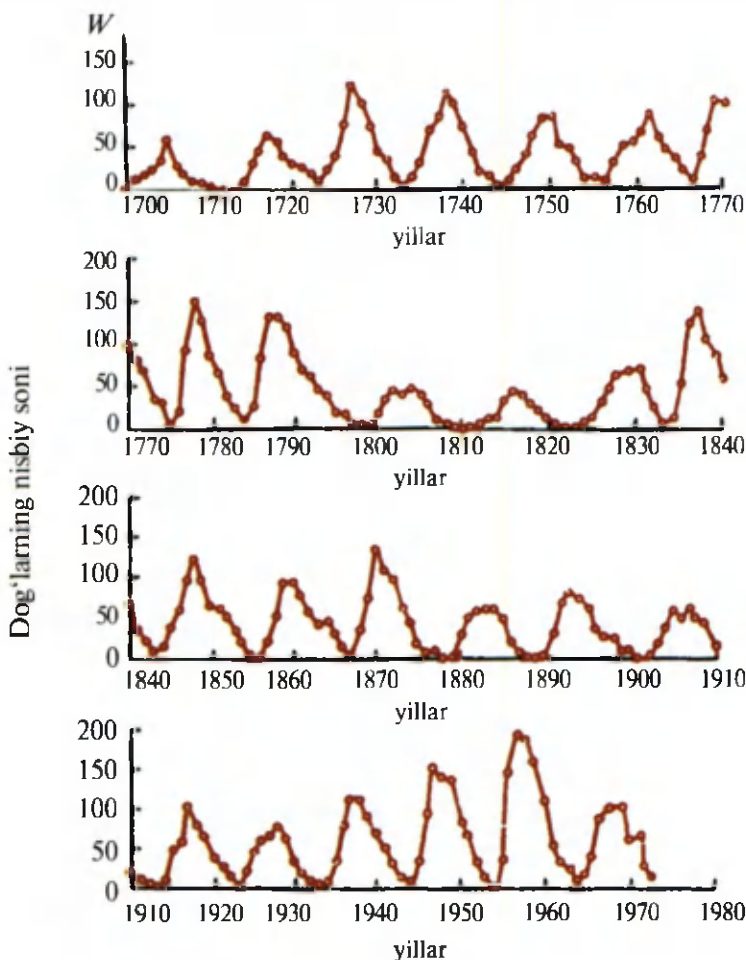
Yerda kuzatiladigan ko'plab fizik va biologik hodisalarning kechishi, xususan, iqlimning o'zgarishi, xilma-xil kasalliklarning davriy ravishda takrorlanishi, ionosferadagi hodisalar, Yerning



magnit maydoni «boʻronlari» va kosmonavtlar uchun radiatsiya xavfining tugʻilishi – bularning hammasiga Quyoshda roʻy beradigan turli aktiv jarayonlar sababchi ekanligi fanga anchadan beri maʼlum. Garchi, bu muammo toʻla hal qilinmagan boʻlsa-da, Quyosh aktivligining Yerda kuzatiladigan, eslatilgan hodisalar bilan aloqadorligini oʻrganish borasida koʻp yutuqlar qoʻlga kiritilgan.

Bir-biridan 150 million kilometr uzoqlikda joylashgan bu ikki osmon jismi (aniqrogʻi, yulduz va uning yoʻldoshi Yer) orasidagi kechadigan uzviy bunday bogʻlanish qanday tushuntiriladi? Bu katta masofada vositachi rolini nima oʻynaydi? – degan savol tugʻiladi.

Yerda hayotning manbayi Quyosh ekanligi va bunda Quyosh nurlari yorituvchi va issiqlik baxsh etuvchi asosiy vosita ekanligi qadimdan maʼlum. Biroq keyingi yillarda Quyoshning elektromagnit toʻlqinlarining koʻzga koʻrinmaydigan qisqa toʻlqinli diapazonlarda ham yetarlicha intensiv nurlanishi aniqlandi. Bu nurlar ultrabinafsha, rentgen va gamma nurlari boʻlib, Quyoshdagi aktiv hodisalar bu nurlar intensivligining ortishida asosiy manba boʻlib xizmat qiladi. Quyosh chaqnashlari va eruptiv (portlovchi) protuberaneslardagi portlash tufayli bu nurlar oqimiga katta energiyali elementar zarrachalar oqimi ham qoʻshiladi. Eslatilgan «Quyosh shamoli» deyiluvchi bu oqimning intensivligi Quyosh aktivligining fazasiga mos ravishda oʻzgarib boradi. Quyoshdan kelayotgan korpuskular zarrachalar, radiatsion nurlar intensivligining bu xilda oʻzgarib turishi, Quyoshning aktivlik darajasiga bogʻliq boʻlib, dogʻlar sonining oʻzgarib turishi bilan bir xilda kechadi. Yuqorida eslatilganidek (VI. 3- §), Quyoshning aktivligi, undagi dogʻlar sonining yillar davomida oʻzgarishi bilan xarakterlanib, uning davri oʻrtacha 11,1 yilni tashkil etadi. 70-rasmda Quyosh aktivligining oxirgi bir necha oʻn yildagi oʻzgarishi aks ettirilgan. Shubhasiz, «Quyosh shamoli» Yerga yetib kelgach, turli geofizik hodisalarning, jumladan «magnit boʻronchalari»ning kelib chiqishiga sabab boʻladi. Geofizik hodisalar esa, oʻz navbatida, planetamizning biologik sferasiga taʼsir etadi. Natijada koʻplab biologik hodisalarning kechishida



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

ham Quyosh aktivligining o'zgarishi o'z aksini topadi. Quyosh aktivligining past yoki yuqori darajada kuzatilishi, birinchi navbatda, Yer atmosferasining yuqori qatlamlarida «aks sado» beradi. Xususan, Quyosh radiatsiyasi tufayli ionosferaning ionlanish darajasi ortadi. Bu esa, o'z navbatida, atmosferaning bu qatlamlarining elektr o'tkazuvchanligini, elektromagnit nurlarni qaytara olish qobiliyatini o'zgartiradi. Ba'zan Quyoshdan



kelayotgan kuchli korpuskular oqim ionosferada qisqa uzunlikdagi elektromagnit to'liqlarining yutilish darajasini shu qadar orttiradiki, natijada atomlarning yuqori darajada ionlanishi tufayli uzoq masofaga qisqa radioto'liqlarning uzatilishida bir necha daqiqali uzilish ro'y beradi. 1959- yil 9- may kuni Quyoshda kuchli xromosfera chaqnashi kuzatildi. 10- va 12- mayda ham Quyoshda bir necha chaqnashlar kuzatildi. 11- mayda AQSH da radio, telegraf, telefon aloqalari ancha muddatga ishdan chiqli. 12- mayda eslatilgan chaqnashlardan otilgan korpuskular oqim Yerga yetgach, osmonda kuchli qutb yog'dusi kuzatildi.

Quyosh aktivligi va epidemik kasalliklar orasidagi bog'lanishni o'rganishda rus olimi professor A.L.Chijevskiyning hissasi katta. U keng tarqaladigan o'lat, vabo, qaytarma tif, bo'g'ma kabi epidemik kasalliklarni o'rganib, ularning boshlanishi, rivojlanishi va tugashi Quyosh aktivligi fazasiga mos kelishini aniqladi. R.P.Bogacheva va V.M.Boyko kabi olimlar esa oxirgi bir necha o'n yillik davrda polimiyelit (virusli miya shamollashi) kasalliklari dinamikasini Riga va O'zbekistonda o'rganib, bu kasalliklarning avji Quyosh aktivligiga juda mos kelishini aniqladilar.

Olimlar Quyosh chaqnashining yurak-tomir kasalligiga ta'sirini o'rganib, miokard-infarkt kasalligi bilan Quyosh chaqnashi orasida kuchli bog'lanish mavjudligini aniqlashdi.

Quyosh aktivligi bilan inson asab sistemasi o'rtasidagi bog'lanishni o'rganish ham ijobiy natija berdi. Quyosh chaqnashi kishi asab sistemasi normal faoliyatining vaqtincha buzilishiga sabab bo'lar ekan. Bu sohada Shira Masamuro tomonidan Yaponiyaning o'nta eng yirik shahrida o'tkazilgan eksperiment kishi diqqatini o'ziga jalb etadi. Olim o'z eksperimentini Quyosh aktivligi va avtomobil halokatlari, ko'cha tasodifiy hodisalari orasida bog'lanish borligini aniqlashdek antiqa masalaga bag'ishladi. Eksperiment natijasi bu hodisalar orasida kishini hayratga solarli darajada keskin bog'lanish borligini ma'lum qildi. Tekshirish natijasini o'zida aks ettirgan quyidagi jadval bu hodisalar orasidagi bog'lanishni har qanday sharhdan ham a'lo darajada ko'rsatadi (1- jadval).



## 1000 avtomobilga to'g'ri keladigan baxtsiz hodisalar soni

Yillar	Dog'- larning nisbiy soni	Baxtsiz hodisalar		Yillar	Dog'- larning nisbiy soni	Baxtsiz hodisalar	
		Tokioda	butun Yapo- niyada			Tokioda	butun Yapo- niyada
1943	16	109	93	1955	38	67	64
1944	10	74	70	1956	142	68	71
1945	33	35	60	1957	190	66	73
1946	92	144	144	1958	185	272	124
1947	152	140	96	1959	159	314	134
1948	136	142	92	1960	112	248	130
1949	135	105	80	1961	54	192	115
1950	84	95	96	1962	38	111	92
1951	69	101	82	1963	28	95	89
1952	31	92	82	1964	10	30	72
1953	14	83	74	1965	15	66	63
1954	4	73					

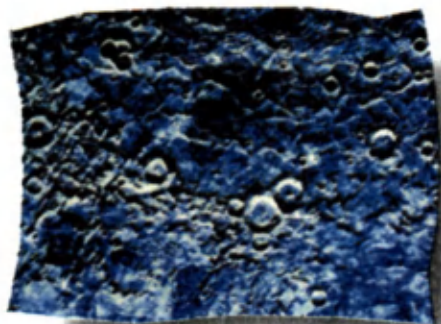
Biz Quyosh aktivligining Yer iqlimi sharoiti, o'simliklar biologiyasi va boshqa jarayonlarga ta'siri muammolariga to'xtalmadik. Biroq tekshirishlar Quyosh aktivligi bu jarayonlarda ham o'z aksini topishini ko'rsatadi.



1. Quyosh aktivligi undagi qaysi obyektlarining soniga nisbatan belgilanadi?
2. Quyosh aktivligining o'rtacha davri qanday?
3. Quyosh aktivligi Yer atmosferasidagi qanday hodisalarda o'z aksini topadi?
4. Quyosh aktivligi Yerdagi biologik hodisalarga qanday ta'sir etadi?
5. Yerdagi kuzatiladigan magnit «bo'ronlari» Quyoshdagi qaysi aktiv hodisa tufayli ro'y beradi?
6. Magnit «bo'ronlari» qanday kasallik bilan og'rikan bemorlarga salbiy ta'sir ko'rsatadi?

## VII

### PLANETALAR VA ULARNING YO'LDOSHLARI



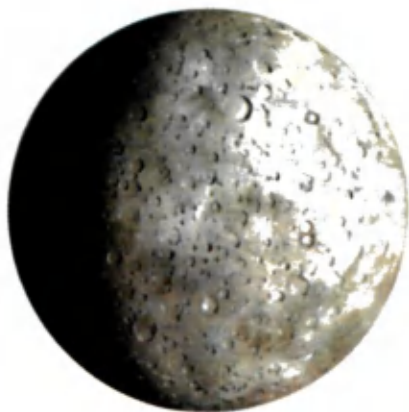
#### 1- §. Merkuriy (Utorud)

Quyosh sistemasidagi to'qqizta planeta ichida Quyoshga eng yaqini Merkuriy bo'lib, qadimda uni arablar 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 58 million kilometrni tashkil qiladi. Merkuriyning diametri 4880 kilometr bo'lib, uning sirtida tortish kuchi Yernikidan 2,6 marta kam. Boshqacha aytganda, og'irligi Yerda 80 kilogramm bo'lgan odam Merkuriyda atigi 30 kilogramm chiqadi.

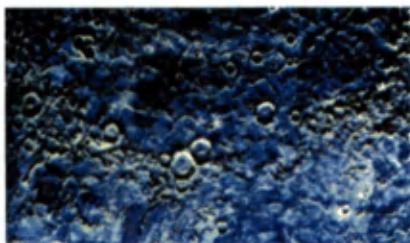
Merkuriy o'z orbitasi bo'ylab sekundiga o'rtacha 48 kilometr tezlik bilan harakatlanib, Quyosh atrofini 88 kunda to'la aylanib chiqadi.

Merkuriy sirtining kunduzgi o'rtacha temperaturasi +345 gradusgacha (Selsiy shkalasida) ko'tarilgani holda, kechasi -180 gradusgacha pasayadi. Biroq shuni aytish kerakki, planeta sirtining mayda tuprog'i issiqlikni yomon o'tkazganligi tufayli bir necha o'n santimetr chuqurlikdagi temperatura sirt temperaturasidan keskin farq qilib, +70...+90 °C ni tashkil qiladi va juda kam o'zgaradi. Bu nazariy ma'lumot keyinchalik radioastronomik kuzatishlar asosida to'la tasdiqlandi.

Merkuriy sirtini yaqindan ko'rish planetalararo avtomatik stansiya «Mariner-10» ga (AQSH) nasib qilgan ekan, 1973- yilning oxirlarida planeta tomon yo'lga chiqqan bu stansiya 1974-yilning



71- rasm. Merkuriy sirti («Mariner-10» KA olgan rasm).

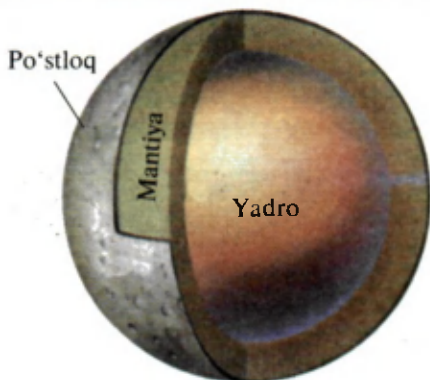


72- rasm. Merkuriy sirtining relyefi.

21- sentabrda Merkuriydan 47 ming 981 kilometrlik masofadan o'tayotib, planeta sirtining 500 ga yaqin sifatli rasmini 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 (71- va 72- rasmlar).

Qizig'i shundaki, garchi kraterlar unda ko'pchilikni tashkil qilsa-da, chuqurliklariga ko'ra ular Oydagi kraterlardan qolishadi. Biroq kuzatilgan planeta kraterlari ularni o'rovchi tepalik – marzalar va markaziy tog'chalariga ko'ra, Oy kraterlarini eslatadi. Planeta yuzidagi bu «cho'tirlik» uning hayotida o'ziga xos «kundalik» bo'lib, Merkuriy sirtining shakllanish tarixidan hikoya qiladi. Shuningdek, planeta kraterlarining ayrimlari Oydagi ba'zi kraterlar kabi radial yo'nalishda cho'zilgan yorug' nur sistemalari bilan o'ralgan.

Merkuriyda kuzatilgan ayrim obyektlar na Oyda va na qo'shni planetalarda kuzatilmaligi bilan kishi diqqatini o'ziga tortadi. Bulardan biri – *eskarplar* deb yuritiluvchi o'pirilishlar bo'lib, ularning balandligi 2–3 kilometrgacha yetadi. O'pirilishdan hosil bo'lgan bunday jarliklarning uzunligi esa bir necha yuz kilometrdan bir necha ming kilometrgacha boradi.



73- rasm. Merkuriyning ichki tuzilishi.

Merkuriy sirt jinrlarining zichligi Oynikidek, ya'ni  $3,0-3,3 \text{ g/sm}^3$  bo'lib, o'rtacha zichligi  $5,44 \text{ g/sm}^3$  ekanligi uning markaziy qismida temir yadrosi yoki eng kamida silikat jinrlar katta bosim ostida metallik holatga o'tayotganidan darak beradi (73- rasm).

AQSH ning «Mariner-10» avtomatik stansiyasi o'tgan asrning 70- yillaridayoq planetaning siyrak atmo-

sferasi borligini ma'lum qildi. Ma'lumki, planetada atmosferaning bo'lish-bo'lmasligi talay omillar bilan aniqlanadi. Biroq bularning ichida eng muhimi planetaning sirtida tortish kuchining katta-kichikligi va temperatura eng muhim rolni o'ynaydi. Temperaturaning ortishi tufayli atmosferani tashkil etgan molekula va atomlarning tartibsiz issiqlik harakatlari ortadi. Oqibatda ma'lum tezlikka erishgan havo molekullari planetani butunlay tark etadi. Xuddi shu sababdan Yer har kunda 100 tonnacha vodorodidan «judo» bo'ladi.

Kichik massali Merkuriy (Yer massasining 5,5 protsentiga teng) sirtining bu qadar yuqori temperaturagacha (ekvatorida  $+420^\circ\text{C}$  gacha) qizishi planeta atmosferasining asosiy qismini uni tashlab ketishiga sabab bo'lgan deb qaraladi.

Planeta atmosferasi asosan geliydan tashkil topgan bo'lib, bosimi Yer sirtida bu gaz beradigan bosimdan 200 milliard marta kichiklik qiladi. Planeta sirtidagi barcha gazlarning bosimi esa Yernikidan yarim million martacha kam. Biroq Merkuriy sirtida olimlar kutgan boshqa bir gaz — karbonat angidrid «Mariner-10» olgan rasmlarda o'zining «qorasini ham ko'rsatmay», astronomlarni hayron qoldirdi.

1975- yil 16- martda «Mariner-10» ning Merkuriy yaqinidan uchinchi marta o'tishi, planetaning magnit maydonini aniqlashga imkon berdi. Bunda avtomatik stansiya planeta sirtidan atigi 320





kilometr gina keladigan balandlikdan o'tdi va uning ekvator sohasida 3,5 erstedli, qutbida esa 7 erstedli maydon kuchlanganligini qayd qildi. Shuningdek, magnit o'qi Merkuriyning aylanish o'qi bilan 7 gradusli burchak hosil qilishi aniqlandi.

Merkuriyga yaqin «qarindosh» Oy tuprog'ida mikroorganizmlarning yo'qligi, iqlim sharoitiga ko'ra, Oynikidan ham keskinligi bilan farq qiluvchi Merkuriyda hayot bo'lishi uchun sharoit yo'q deb dadil aytishga to'la imkon beradi.

Merkuriyning yo'ldoshi yo'q.



1. Yer rusumidagi planetalarga qanday planetalar kiradi?
2. Merkuriyning o'lchamlari haqida qanday ma'lumotlarga egasiz?
3. Merkuriy qanday kosmik apparat yordamida o'rganilgan?
4. Merkuriyda atmosfera bormi? Yo'ldoshlari-chi?

## 2- §. Venera (Zuhra)

Qadim rim mifologiyasida sevgi xudosi nomi bilan yuritiladigan bu planetaning Quyoshdan o'rtacha uzoqligi 108 million kilometrdir. Venera (o'zbekcha nomi Zuhra) 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. Shuning evaziga u «Tong yulduzi» deb nom olgan.

1610- yildayoq G. Galiley o'zi yasagan teleskopda uni kuzatib, Veneraning ham Oy kabi turli fazalarda bo'lishining guvohi bo'ldi. Bu hodisa Venera ham Oy kabi sferik shakldagi osmon jismi ekanligining dastlabki isboti edi. Veneraning kattaligi salkam Yernikicha bo'lib, diametri 12 ming 100 kilometrni tashkil qiladi.

1761- yil 6- iyunda astronomlar «Tong yulduzi» bilan bog'liq qiziq bir hodisaning guvohi bo'ldilar: planetaning harakati Quyosh diskida proyeksiyalandi. Bunday g'aroyib hodisani kuzatgan rus olimi M.V.Lomonosov Veneraning qalin atmosfera bilan qoplanganligini aniqladi.



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

Ma'lum bo'lishicha, planetaning aylanish o'qi uning orbita tekisligiga deyarli tik joylashib (anig'i  $93^\circ$ ), unda Yerdagidek yil fasllari kuzatilmaydi. Shuningdek, radiolokatsion kuzatishlar Veneraning o'z o'qi atrofida yulduzlarga nisbatan aylanish davri 243 kunga tengligini hamda u Quyosh sistemasining sharqdan g'arbga tomon aylanuvchi (o'z o'qi atrofida) yagona planetasi ekanligini ma'lum qildi (boshqa planetalar g'arbdan sharqqa aylanadi).

«Tong yulduzi»ning bir kuni, ya'ni Quyoshga nisbatan o'z o'qi atrofida aylanishi davri 117 Yer kuniga teng bo'lib, bir yili uning ikki kundan sal kam chiqadi.

Planeta atmosferasining kimoviy tarkibi, bosimi va temperaturasiga tegishli aniq ma'lumotlar bu planetaga «sayohat» qilgan sobiq Ittifoq va AQSH planetalararo avtomatik stansiyalari yordamida olindi. Birinchi bo'lib, 1961- yili 12- fevralda, Veneraga sobiq Ittifoqning «Venera-1» avtomatik stansiyasi yo'l olib, 97- kuni u planetadan 100 ming kilometr naridan o'tdi. Veneraning Yerga yaqin kelgan holatlarida ungacha masofa 40 million kilometr dan kam bo'lmasligini e'tiborga olsak, «Venera-1» planetamiz «qo'shnisi»ga qanchalik yaqin borganini tasavvur etish qiyin bo'lmaydi.

1967- yilda uchirilgan «Venera-4» stansiyasida esa birinchi marta qo'ndiriluvchi apparat ishga tushirildi. Bu apparat planeta atmosferasining 25 kilometrli qalin qatlamini o'tish paytida planeta atmosferasiga tegishli ma'lumotlarni Yerga uzatib turdi. Shuningdek, bu apparatga o'rnatilgan magnitometr yordamidagi o'tkazilgan o'lchashlar Venerada magnit maydon deyarli yo'qligini ma'lum qildi.

1970- yilda uchirilgan «Venera-7» ning qo'ndiruvchi apparati muvaffaqiyat bilan Venera sirtiga ohista qo'ndirildi va 23 minut davomida undagi atmosferaning bosimi, temperaturasi va tarkibiga tegishli ma'lumotlarni o'lchab turdi.



**74- rasm.** Veneraning «Venera-9» va «Venera-10» KA lari tomonidan olingan rasmi.

Ayniqsa, 1975- yil oktabrida Veneraga sayohatga yo‘l olgan «Venera-9» va «Venera-10»lar planetani o‘rganish tarixida muhim o‘rin tutadi. Bu ikkala stansiya planetaning birinchi sun‘iy yo‘ldoshlari orbitalariga chiqarilib, ularning qo‘ndiriluvchi apparatlari planeta sirtining bevosita olingan birinchi tasvirlarini Yerga uzatdi (74- rasm). Shuningdek, bu apparatlar planetaning sirt tuprog‘ida tabiiy radioaktiv elementlarning miqdorini, shamolning tezligini, atmosferadagi suv bug‘larining miqdorini, planeta sirtiga tegishli temperatura, bosim va yoritilganlikni o‘lchadilar.

1978- yili esa «Tong yulduzi» tomon «mehmonga» to‘rtta avtomatik stansiya yo‘lga chiqdi. Bulardan ikkitasi sobiq Ittifoqning «Venera-11» va «Venera-12» stansiyalari bo‘lsa, qolgan ikkitasi AQSH ning «Pioner-Venera-1» va «Pioner-Venera-2» stansiyalaridir.

«Venera-11 va 12» va «Pioner-Venera-1 va 2» stansiyalarning qo‘ndiruvchi apparatlariga o‘rnatilgan kompleks ilmiy apparatlar planeta atmosferasining gaz va bulutli komponentalariga tegishli kimyoviy tarkibini, planetaning bulutli qatlami strukturasi va zarrachalari konsentratsiyasini aniqladi. Shuningdek, ular planeta temperaturasi, bosimi va zichligini hamda uning bir necha hududlariga tegishli shamolning tezligini o‘lchashga imkon berdi. Veneraning sun‘iy yo‘ldoshi bo‘lib qolgan «Pioner-Venera-



I» bularga qo'shimcha qilib, Venera atmosferasining dinamikasi, sirkulatsiyasi, turbulentsligi va issiqliq balansiga tegishli ma'lumotlarni qo'lga kiritdi.

Xulosa qilib aytganda, Veneraga uchirilgan kosmik apparatlar yordamida Venera atmosferasi va sirtiga tegishli quyidagi yangi ma'lumotlar qo'lga kiritildi: planeta atmosferasining bosimi juda yuqori bo'lib, olimlar hech kutmagan miqdorni – 90 atmosferani ko'rsatdi. Uning 97% ini karbonat angidrid, 1% atrofida suv bug'lari egallab, kislorod esa atigi 1,5% ni tashkil qilishi ma'lum bo'ldi. Planeta sirti yaqinida o'lchangan temperatura +470 °C gacha yetdi. Veneraning atmosferasida ham Yerdagi kabi ionosfera qatlami borligi aniqlandi, u o'rtacha 140 kilometr balandlikka to'g'ri keladi. Venera osmonida ham qalin bulutlar kuzatilib, ularning «tizgini» shamolning qo'lida ekanligi aniq bo'ladi.

Veneraning buluti, tuzilishiga ko'ra bir necha kilometr gacha ko'rish mumkin bo'lgan Yerdagi siyrak tumanga juda o'xshab ketadi.

Maxsus metodlar yordamida bulutlarda nurning sochilishini o'rganish, ularni tashkil qilgan tomchichalar asosan sulfat kislotaning 75–85 protsentli suvdagi eritmasi degan xulosaga olib keldi. Planeta sirtidan 40 kilometrcha balandlikda shamolning tezligi sekundiga 100–140 metr bo'lgani holda, 10 kilometr gacha yaqin balandlikda u keskin kamayib, 3–4 m/s ga tushib qoladi.

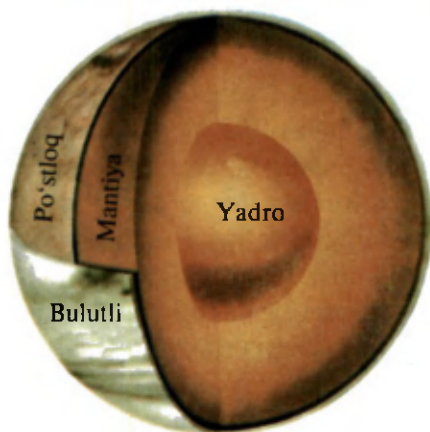
«Pioner-Venera-2»ga tegishli qo'ndiriluvchi apparat bergan ma'lumotlarning tahlili, Venera sirti o'zaro kuchsiz bog'langan mayda tuproqdan tashkil topib, uning zichligi bir kub santimetrda 1 grammdan (sirtida) 4 gramm gacha (taxminan 3 metr chuqurlikda) borishini ma'lum qildi.

Uzoq yillar davomida olimlar «boshini qotirgan» planetaning asosiy «tilsimi» – uning sirtiga tegishli yuqori temperaturasi bo'ldi. Darhaqiqat, Yerga nisbatan Quyoshga juda ham yaqin bo'lmagan va qalin atmosfera bilan qoplangan Venera sirtida temperaturaning bu qadar yuqori (+480 °C) bo'lishining sababi nimada, degan tabiiy savol tug'iladi.

Gap shundaki, planetaning qalin atmosferasi orqali qisqa to'lqinli Quyosh nurlanishining juda kam miqdori uning sirtiga



yetib, uni qizdiradi. Natijada planeta sirti infraqizil diapazonda nurlana boshlaydi. Bunday issiqlik nurlanishi, planeta sirtini tark etib, atmosfera orqali kosmik bo'shliqqa intiladi. Biroq  $\text{CO}_2$  ga boy bunday atmosfera Venera sirtining kosmik bo'shliqni «ko'zlagan» issiqlik nurlanishlarining chiqib ketishiga deyarli yo'l bermaydi. Natijada «parnik effekt» deyiluvchi bu effekt planeta sirtining qattiq qizishiga olib keladi.



75- rasm. Veneraning ichki tuzilishi.

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

Venera haqida erishilgan ma'lumotlar asosida uning ichki tuzilishi, tashqi atmosfera qatlami bilan birgalikda olimlar tomonidan 75- rasmdagicha tasavvur qilinadi.

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, garchi oxirgi yillarda «Tong yulduzi»ga tegishli talay kashfiyotlar qilingan bo'lsa-da, biroq u bilan bog'liq ko'p jumboqlar hali o'z yechimini topishi uchun navbat kutmoqda.

Veneraning tabiiy yo'ldoshlari topilmagan.



1. Venera haqida bilganlaringizni so'zlab bering.
2. Veneraning sirt detallarining optik teleskoplar orqali ko'rinmasligiga sabab nima?
3. Venerani tadqiq etgan KA lar unga xos qanday yangiliklarni ochdi?
4. Venera atmosferasi, undagi sharoit (temperaturasi, bosimi) va tarkibi haqida nimalar bilasiz?
5. Veneraning yo'ldoshlari bormi?
6. Venera sirt temperaturasining bu qadar yuqoriligining ( $+480\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) sababi nimada?



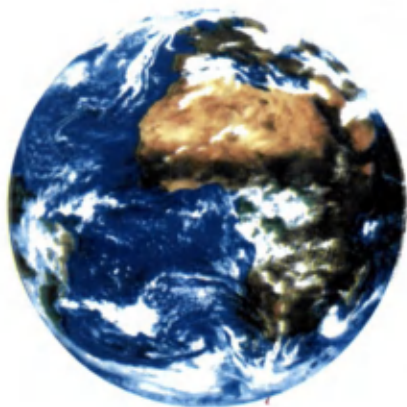
### 3- §. Yer — planeta

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 (76- rasm). Planetamizning ekvatorial radiusi 6378 kilometr. Yer, Quyosh atrofida sekundiga taxminan 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 sekundda to'la aylanib chiqadi. Bu uning haqiqiy aylanish davridir. Biroq uning Quyoshga nisbatan o'rtacha aylanish davri biroz uzunroq bo'lib, rosa 24 soatni tashkil qiladi. Planetamizning Quyoshga nisbatan aylanish davrining uzunligi Quyoshning yulduzlar fonida yillik ko'rinma siljishidandir (bunday siljish Yerning Quyosh atrofida haqiqiy harakatlanishi tufayli sodir bo'ladi).

Yerning o'rtacha zichligi har kub santimetrda 5,5 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 Yerda hayotning paydo bo'lishi va rivojlanishida muhim rol

o'ynagan. Xususan, 20–30 kilometr chamasi 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 protsentiga yaqinini kislorod, taxminan 78 protsentini azot, qolgan qismini esa boshqa gazlar: argon, karbonat angidrid va suv bug'lari tashkil qiladi.



76- rasm. Yerning Oy sirtida turib olingan rasmi.

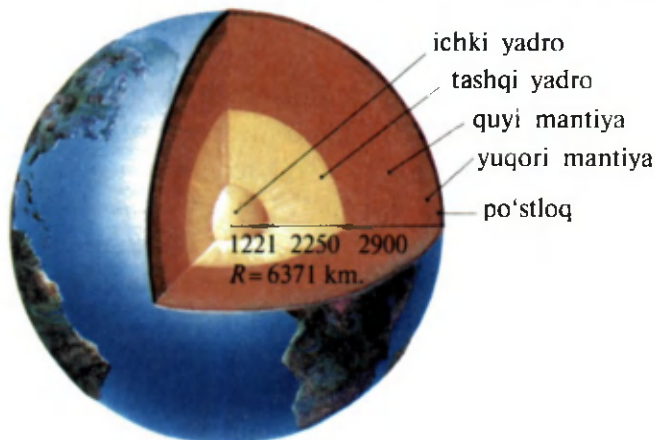


Yer *gidrosferasiga* (Yer yuzidagi qattiq, suyuq va gaz holatidagi suvlarning majmuasi) ko'ra, boshqa planetalardan keskin farq qiladi. Unda faqat suyuq holatdagi suvning hajmi 1 million 370 ming trillion ( $1,37 \cdot 10^{18}$ ) kub metr bo'lib, umumiy maydoni 3 ming 610 milliard kvadrat metrga teng. Boshqacha aytganda, u Yer 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.

Suv o'zining ajoyib xususiyatlariga ko'ra Yerda optimal issiqlik rejimining vujudga kelishida muhim rol o'ynaydi. Suvsiz organik hayot Yerda vujudga kela olmasdi. Suvning qattiq bo'lagi – muz ham planetamizning ancha qismini egallab, asosiy qismi Antarktida va Grenlandiya quruqliklarini qoplaydi. Uning umumiy muz qatlami erisa edi, dunyo okeanining sathi 60 metrga ko'tarilib, quruqlikning yana 10% i suv ostida qolgan bo'lardi.

Yerning qattiq qatlami *litosfera* deyilib, bu qismida planetamizning asosiy massasi mujassamlashgan. Garchi bir qarashda litosfera sirtida turib, uning ichki tuzilishi haqida ma'lumotga ega bo'lish mumkin emasdek tuyulsa-da, aslida planetamizda yer qimirlashlarini tadqiq qilish asosida uning ichki tuzilishi haqida yetarlicha aniq ma'lumotlar olingan. Yer qimirlashlari paytida yer sirtining turli nuqtalarida ularni qayd qilish yo'li bilan taxminan 3000 km chuqurlikdan ichkari tomonga ko'ndalang seysmik to'lqinlar tarqala olmasligi ma'lum bo'ldi. Ko'ndalang to'lqinlar suyuqlikda tarqalmasligini bilgan holda olimlar, Yerning bu chuqurligidan ichki qismida suyuq holatdagi *yadro*si bor degan xulosaga keldilar. Keyingi tadqiqotlar bu yadro asosan ikki – radiusi 1200 kilometrgacha boradigan ichki – qattiq va uning ustida 2250 kilometrli qalinlikdagi suyuq qismlardan iboratligini ma'lum qildi (77- rasm).

Bu usullar yordamida tekshirishlar litosferaning qattiq qatlami ham bir jinsli bo'lmay, taxminan 40 kilometr chuqurlikda keskin chegara borligini ko'rsatdi. Bu chegaraviy sirt uning kashfiyotchisi, yugoslaviyalik olim nomi bilan Moxorovichich sirti deb yuritiladi. Bu sirdan yuqori qatlam *litosfera po'stlog'i*, osti esa *mantiya* deb yuritiladi.



77- rasm. Yerning ichki tuzilishi.

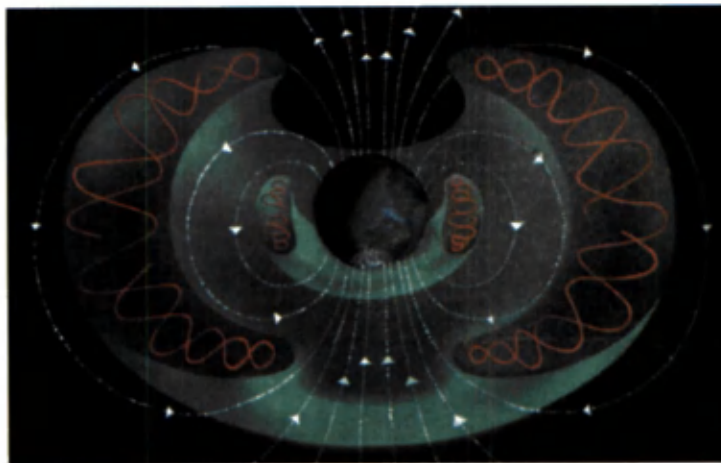
Temperatura Yer markaziga tomon ortib borib, mantiyaning quyi chegarasida, Kelvin shkalasida 5000 gradusgacha, markazda esa taxminan 10000 gradusgacha boradi.

Yer gigant magnit bo'lib, uni kompas strelkasining planetamiz magnit maydoni kuch chiziqlariga parallel turish uchun intilishidan bilish mumkin. Qizig'i shundaki, geomagnit qutblar geografik Yer qutblari bilan ustma-ust tushmaydi. Shimoliy geomagnit qutbning geografik kengligi  $78^{\circ}5'$ , uzunligi esa  $290^{\circ}$  sharqiy uzunlikni tashkil qiladi. Boshqacha aytganda, geomagnit o'q Yer o'qiga  $11,5^{\circ}$  li burchak ostida yotadi. Geomagnit maydonining kuchlanganligi ekvator dan qutbga tomon 0,25–0,35 dan 0,6–0,7 E ga qadar ortadi.

Yer atrofi fazosi geomagnit maydoni *Yer magnitosferasi* deyiladi. Bu sfera Yer o'qiga nisbatan simmetrik bo'lmaydi. Magnitosfera Yerning kunduzgi tomonida «siqilgan» holda bo'lib, 8–14 Yer radiusicha masofaga cho'zilgani holda, tungi tomonida planetamizni «magnit dumi» bir necha yuz ming kilometrgacha cho'ziladi (78- rasm).

Oxirgi yillarda planetamiz osmon jismlarining ajralmas qismi sifatida aktiv o'rganilayotganiga qaramay, hali unga tegishli muammolar qo'shni planetalarnikidan kam emas. Ayniqsa, uning bag'ri haqidagi ma'lumotimiz hali juda «kambag'al» hisoblanadi.





78- rasm. Yer magnitosferasining strukturasi.

Biroq Yer «o‘z qo‘limizda» bo‘lib, boshqa osmon jismlarini o‘rganishga nisbatan uni tadqiq qilishga katta imkoniyatlarimiz borligini hisobga olsak, planetamiz sirlarini qo‘shni planeta- lardan ancha ilgari «fosh» qilishga katta umid bilan qarash mumkin.

Yerning atrofida uning birgina tabiiy yo‘ldoshi – Oy aylanadi.



1. Planetamiz Yer haqida umumiy ma‘lumot bering.
2. Uning atmosferasining tarkibi qanday? Yer qanday qatlamlardan tuzilgan?
3. Yerning ichki tuzilishi haqida nimalar bilasiz?
4. Yerning nechta tabiiy yo‘ldoshi bor?

#### 4- §. Oy

Yerga eng yaqin osmon jismi Oy bo‘lib, u planetamizning tabiiy yo‘ldoshidir (79- rasm). Oyning Yer atrofidagi orbitasi barcha planetalarning Quyosh atrofida aylanish orbitasi kabi ellips. Shu tufayli Oyning Yerdan uzoqligi biroz o‘zgarib turadi. U Yerga eng yaqin kelganda 363400 kilometr, eng uzoqlashganda (apogeyda) esa 405400 kilometr masofada bo‘ladi. Oyning diametri 3476 kilometr bo‘lib, uning hajmi Yer hajmining yuzdan



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

ikki qismini tashkil qiladi. Oy massasi Yer massasidan 81 marta kamdir. Oy sirtida tortish kuchi Yerdagidan 6 marta kam. Uning sirtida erkin tushish tezlanishi  $1,63 \text{ m/s}^2$ . Oyning o'rtacha zichligi  $3,3 \text{ g/sm}^3$ , ya'ni Yernikidan 1,5 marta kam. Kunduzi tush paytida Oyning ekvatori atrofida temperatura  $+120 \text{ }^\circ\text{C}$ , yarim kechada esa  $-150 \text{ }^\circ\text{C}$  ni tashkil qiladi.

Oyga tushgan kosmonavt, birinchi navbatda, o'zini juda yengil his etadi. Bu Oy tortish kuchining kamligidandir. Kosmonavt o'z skafandri bilan Yerda 90 kilogramm bo'lsa, Oyda atigi 15 kilogramm bo'lib qoladi. Shuningdek, Oyda kuzatuvchi Yerda ko'nikkan ko'p hodisalardan farqli ajoyibotlarning guvohi bo'ladi. Avvalo, Quyosh chiqishidan oldin, Yerda kuzatiladigan chiroyli alvonrang shafaq Oyda kuzatilmaydi. Quyosh kutilmaganda birdan ufq ostidan ko'tarila boshlaydi. Quyoshning ufqdan ko'tarilishi Yerdagidek juda shoshilinch bo'lmasdan, butunlay chiqishigacha bir soatcha vaqt ketadi. Qizig'i yana shundaki, Quyosh ko'tarila boshlashi bilan osmonda yulduzlar yo'qolmaydi. Tim qorong'i osmonda Quyosh bilan birga, butun kun bo'yi yorug' yulduzlar ham porlab turaveradi. Quyosh atrofida qizilrangda va tishlik shaklli halqa – uning atmosferasi («toji») ko'rinadi. Protuberaneslar Quyosh gardishi atrofida ajoyib manzarani hosil qiladi. Quyosh o'zining «toji» bilan birgalikda, oddiy ko'zga ko'rinadigan Quyoshdan bir necha marta katta holda ko'zga tashlanadi.

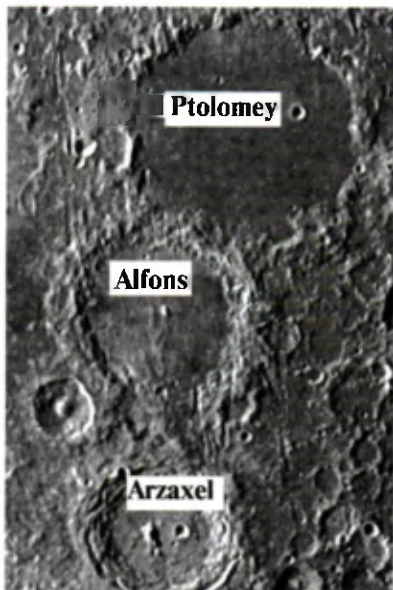
Oy osmonida yulduzlar, Quyosh tojining ko'rinishi va shafaqning ko'rinmasligining sababi, Oy sirtida atmosferaning yo'qligidandir, Quyosh chiqqandan so'ng to tush bo'lguncha 7 kun 9 soat vaqt ketadi. Garchi bu vaqtda temperatura ancha



ko'tarilib qolgan bo'lsa-da, Oyda «salqin» joyni topish qiyin emas. Buning uchun kraterlar atrofini o'rovchi tog'lar, tepaliklar soyasi jonga oro kiradi. Bu soyalarda yetarlicha salqin bo'lishining sababi – issiqni tashuvchi havo molekulalarining yo'qligidir. Shu tufayli Quyosh nurlari bevosita tushmayotgan joylarda tunning sovug'i uzoq vaqt saqlanib qoladi. Oyga birgalashib sayohatga chiqqan kishi sherigini chaqirib ovora bo'lmasligi kerak. Chunki u hech qanday ovozni eshitmaydi. Tovush to'lqinlarini tashuvchi muhit ham havo molekulalari bo'lib, Oyda u molekulalar yo'q. Buning uchun maxsus radioperedatchiklardan foydalanishga to'g'ri keladi.

Oy osmonining chiroyli hodisalaridan yana biri – planetamiz Yerning ko'rinishidir (76- rasmga qarang). Oy osmonida Yer chiroyli, ko'kimtir shar shaklida, Oyning osmondagi ko'rinishidan to'rt martacha katta ko'rinadi. Biroq Yerning yarmidan ko'pi oq bulutlar hosil qilgan dog'lardan iborat bo'ladi. Yer qit'alari biroz yorishib, okeanlardan rangi bilan farq qilib turadi. Qalin Yer atmosferasi ularni alohida-alohida ko'rishga imkon bermaydi. 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'linyer» fazasida bo'lganda, Oy sirtini to'linoy Yerni yoritgandagidan 40 martacha ravshanroq yoritadi. Oy osmonda «to'linyer» kuzatiladigan payt – Yerdan qaraganda, Oyning yangiyoq bo'lgan vaqtiga to'g'ri keladi. Shuningdek, osmondagi Yer shari atrofida konsentrik halqalar shaklida to'q qizil, sariq, ko'k va hokazo ranglardan iborat chiroyli kamalak kuzatiladi. Agar kosmonavt Oy tutilayotgan paytda Oy sathida bo'lsa, u Quyosh tutilishini kuzatadi (ya'ni Quyoshni Yer bekityotgan bo'ladi) va bu tutilishining to'la fazasi Yerdagidek bir necha minutgina davom etmay, rosa 1,5 soatga cho'ziladi.

Yerda olamning Shimoliy qutbi Kichik Ayiq yulduz turkumi-ning eng yorug' yulduziga (alfasiga) to'g'ri kelsa, Oy uchun qutb – Ajdarho yulduz turkumining omega yulduziga to'g'ri keladi va shu boisdan Oydagi kuzatuvchi uchun barcha yulduzlar shu yulduz atrofida aylanma harakatlanayotgandek tuyuladi (Oy o'z o'qi atrofida aylanganligi tufayli). Oyda adashgan kishining ham ahvoli ancha mushkul bo'ladi. Oyning magnit maydoni yo'qligi



80- rasm. Oy kraterlari va «dengizlari».

tufayli u yerda kompasdan foydalanishning iloji yo'q. Oyda faqat osmondagi yulduzlar vositasidagina ufqning turli yo'nalishlarini aniqlash mumkin bo'ladi.

Tunda iz qoldirib uchadigan yuzlab «uchar yulduzlar» ham u yerda ko'rinmaydi. Yerda «uchar yulduz»larning kuzatilishi, osmonning bu «daydi» zarrachalarining Yerga tushishida atmosferada cho'g'lanib iz qoldirishidandir. Oyda atmosfera yo'qligi esa, har qanday kattalikdagi toshni ham Oy sirtiga bemaol qizimay tushishini ta'minlaydi.

Oy relyefining asosiy qismini kraterlar tashkil etadi. Biroq shu bilan birga u yerda

Yernikiga o'xshash obyektlar ham ko'plab topiladi. Oyda ham pasttekisliklar, tepaliklar, tog'lar bor (80- rasm). Bu obyektlarni birinchi marta italyan olimi G.Galiley 1610- yilda o'zi yasagan teleskopdan Oyni kuzatib topgan. U pasttekisliklarga «dengizlar» deb nom bergan. «Dengizlar» degan nom shartli ravishda hozirgacha qo'llanilsa-da, aslida u yerlarda suvdan asar ham yo'q.

Oy sirtida ham Yerdagi kabi vulqon otilish hodisalari bo'lib turishini 1958- yili rus olimi N.A.Kozirev aniqladi. O'sha yili olim Alfons krateridan, gaz otilishini Qrim observatoriyasida teleskopda kuzatdi.

Oydagi tog'lardan eng yiriklari Alp, Apennin va Kavkaz tog'lari deb nomlangan. Tog'larning balandligi ba'zan 9 kilometr-gacha yetadi. Shuningdek, Oyda halqali tog'lar ko'plab uchraydi. Sirk deb ataluvchi yirik halqali tog'lardan Klaviy va Shikkardlarning diametrlari 200 kilometr-gacha boradi. Yerdagi tog'lardan farqli o'laroq, Oy tog'lari ko'proq tik chiqqan bo'ladi. Oy orqa tomonining relyefi birinchi marta 1959- yili uchirgan «Luna-3» avtomatik stansiyasi olgan rasmlardan ma'lum bo'ldi va Oyning



to'la globusini yasashga imkon berdi. Oy orqa tomonining relyefi bizga ko'rinadigan old tomoni relyefidan biroz farq qilib, pasttekisliklar kamroq kuzatiladi.

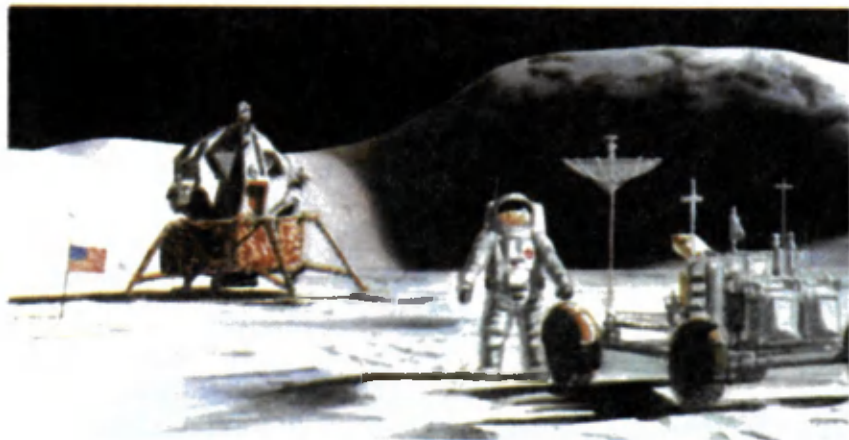
Keyingi 15 yil davomida Oyni kosmik apparatlar yordamida o'rganish Oy «jamoli»ni yaqindan ko'rishga imkon berdi. Kosmik apparatlardan «Luna-16», «Luna-20» va «Luna-24» Oy tuprog'idan namunalari keltirdi.

«Luna-17» va «Luna-21» Oyga eksperimental laboratoriyalar («Lunoxod-1» va «Lunoxod-2»)ni eltdi. Bu laboratoriyalar Oyda bir necha o'n kilometrlik masofani o'tib, uning relyefi, tuprog'ining tarkibi, seysmik va vulqon hodisalarni, kosmik nurlarni hamda shu kabi ko'plab hodisalarni uzoq vaqt davomida o'rganib, qo'shnimizning millionlab yillar davomida saqlagan sirlarini «fosh» qildi.

Oydan keltirilgan tuproq namunalarining tahlili Oy tuprog'i asosan to'rt xil jinslardan, ya'ni mayda donador g'ovak jinslardan, yirik donador jinslardan, brekchiya deyiluvchi minerallar siniqlaridan va regolit (mayda zarrachalar va chang)dan tashkil topganini ko'rsatdi. Bulardan birinchi uch xili kimyoviy tarkibi jihatidan bir xil bo'lib, regolit esa meteor moddalar aralashmasidan iboratligi aniqlandi va u Oy materiklari uchun xarakterli jins degan xulosaga kelindi.

1969- yilning iyun oyida AQSH ning «Apollon-11» kosmik apparatida ikki astronavi – Armstrong va Oldrin Oyga qo'ndilar. Oy ustida uzoq sayr qilib, Yerga Oy sirti toshlari, tuprog'i, kristallaridan iborat qimmatbaho «suvnirlar» bilan qaytdilar. XX asrning 60–70- yillarida «Apollon»lar jami bo'lib Oyga 12 astronavi muvaffaqiyatli qo'ndirib, Yer yo'ldoshining relyefi, fizik tabiatiga tegishli qimmatli ma'lumotlarni qo'lga kiritdilar (81- rasm).

«Osoyishtalik dengizi»dan olingan namuna («Apollon-11») tarkibi 40–45 protsent aluminiy, 4–6 protsent titan va magniyga ega bo'lib chiqdi. Bo'ronlar okeanidan olingan namuna («Apollon-12») esa biroz boshqacha bo'lib, unda titan 2–3 marta kam, magniy, kobalt, vanadiy va skandiy esa aksincha ko'p bo'lib chiqdi. Agar Yer va Oy jinslarining kimyoviy tarkibi to'g'risida gapirilsa, bu jinslardan anchagina farq topiladi. Ayniqsa, Oy



**81- rasm.** «Apollon» KK sining ekipaji Oy sirtida sayr qilish payti.

changi deb nomlangan Oy sirti qatlami tabiati jihatidan diqqatga sazovordir. Uning tarkibi kristall siniqlaridan, temir-nikel aralashmali donachalardan, bir jinsli tiniq shisha parchalarini eslatuvchi jinslardan tashkil topgan bo'lib, yuqori vakuum sharoitida joylashganidan juda yopishqoqligi bilan ajralib turadi.

Oyni o'rganishning qanday foydasi bor, degan savol tug'iladi. Oyni o'rganishning tabiiyot fanlari uchun muhimligi – Oyning atmosferadan xoliligidadir. Oyga o'rnatilgan kichik teleskop Yerdan katta teleskoplar yordamida olingan osmon jismlarining rasmlaridan bir necha marta sifatli fotomateriallarni olishga imkon beradi. Oyda qurilgan o'rtacha kattalikdagi observatoriya esa Yerdagi o'nlab observatoriyalar xizmatini a'lo darajada o'tay olishi mumkin. Shuningdek, Yer atmosferasi elektromagnit nurlarning juda kam qisminigina o'tkazib, qolgan katta qismi uchun tiniq emas. Oyda esa barcha to'liq uzunliklarida Koinotni o'rganishning to'la imkoni mavjud.

Kosmosdan planetamiz tomonga kelayotgan turli to'liq uzunliklaridagi nurlardan tashqari, elementar zarrachalarning oqimi ham uzluksiz kelib turadi. Bu zarrachalarning manbalari portlovchi yulduzlar, tumanliklar va asosan, Quyoshdagi aktiv hodisalardir. Kosmik nurlar deb yuritiluvchi bu oqim zarrachalari



turli qiymatli energiyaga ega bo'lib, yirik energiyalilari Yerdagi maxsus laboratoriyalarda tezlatilgan zarrachalar bilan bemalol «bellasha oladi». Kosmik nurlarning Yer atmosferasida ko'plab yutilib qolishi ularni to'la o'rganishga imkon bermaydi. Oy sirtida turib esa bu nurlarni bemalol o'rganish mumkin, ular fiziklar uchun Koinot haqida ko'p yangiliklar bera oladi.

Shuningdek, Oyda qazilma boyliklar, qimmatbaho mineral va rudalar borligi, uning tuproq namunalarini o'rganishdan ma'lum bo'ldi.

Hozirgi davrda Oyni kelib chiqishi haqida taniqli ikki gipoteza mavjud: bulardan biriga ko'ra (mualliflar: Yuri, Derbiger va Alven) Oy Quyosh atrofida Yerga yaqin masofada aylanuvchi kichik planeta bo'lgan va vaqt o'tishi bilan Yerga yaqinlashib, u bilan «ushlanib» qolgan. Natijada Oy Yerning tabiiy yo'ldoshiga aylangan.

Ikkinchi gipotezaga ko'ra (mualliflari: B.Y. Levin boshchiligidagi guruh) Oy Yer atrofida yig'ilgan chang zarrachalaridan, Yerning massasi hozirgi massasining qariyb 0,3–0,5 qismini tashkil qilgan davrlarda hosil bo'lgan. Bu gipotezaga ko'ra Oyni «yoshi» Yernikidan 100–200 million yilga kamroq bo'lishi va u hozirgi zamonda olingan ma'lumotlarga mos kelishi bilan diqqatga sazovordir. Bu ikki gipotezadan qay biriga ko'proq «yon berish» hozircha qiyin bo'lsa-da, Oyni ichki strukturasi va yoshini aniq o'rganish, yaqin kelajakda, bu kosmogonik muammoni hal qilishga imkon beradi, deb umid qilish mumkin.



1. Oy Yerdan diametri va massasiga ko'ra taxminan necha marta kichik?
2. U Yer atrofida qanday davr bilan aylanadi?
3. Oy nega har doim Yerga bir tomoni bilan qaragan holda bo'ladi?
4. Oyda atmosfera bormi?
5. Oyni relyefi haqida nimalar bilasiz?
6. Oyga kosmonavtlar oyog'i yetganmi? Qanday kosmik apparatda?
7. Oy osmonida Yer qanday ko'rinadi? Turli fazalardami?
8. Oyda tortish kuchi Yernikidan necha marta kam?
9. Oy dengizlarida suv bormi?
10. Oy tuprog'i qanday jinlardan tashkil topgan?



## 5- §. Mars (Mirrix)

Urush xudosi Mars nomi bilan yuritiladigan Yer tipidagi to'rtinchi bu planetaning orbitasi Yer orbitasidan tashqarida yotadi. Uning Quyoshdan o'rtacha uzoqligi 228 million kilometr. Mars Quyosh atrofida aylanayotib, har 780 kunda Yerga yaqinlashib turadi. Bunday yaqinlashish *qarama-qarshi turish* deyiladi. Mars orbitasi ellips shaklida bo'lganidan, qarama-qarshi turish paytida u Yerga eng yaqin kelganda (buyuk qarama-qarshi turish paytida), undan bizgacha masofa 56 mln km ni tashkil etadi. Planetaning buyuk qarama-qarshi turishi har 15–17 yilda kuzatilib, oxirgisi 1988- yilda bo'lgan edi.

Mars nisbatan kichik planeta, uning diametri 6775 kilometr, massasi esa  $6,44 \cdot 10^{23}$  kg (Yer massasining 0,107 qismini tashkil qiladi). O'rtacha zichligi ham Yernikidan ancha kam –  $3,94 \text{ g/sm}^3$ . Erkin tushish tezlanishi –  $3,72 \text{ m/s}^2$ .

«Urush xudosi» o'zining fizik tabiati jihatidan Quyosh sistemasining planetalari ichida Yerga «qarindosh»ligi bilan ajralib turadi. Mars sutkasi Yernikidan kam farq qilib, 24 soat 39,5 minutga teng. Shuningdek, planetada yil fasllari bo'lishini ta'minlovchi omil, ya'ni uning aylanish o'qining orbita tekisligiga og'maligi ham Yernikidan oz farq qilib,  $65^{\circ}12'$  ga teng. Biroq Mars yilining uzunligi biznikidan ancha ortiq bo'lib, 687 yer sutkasiga (yoki 669 mars sutkasiga) teng. Planetaning  $35^{\circ}$  kengligida kuz faslida, tush paytiga yaqin temperatura  $-20^{\circ}\text{C}$ , kechqurun  $-40^{\circ}\text{C}$ , kechasi esa  $-70^{\circ}\text{C}$  ga boradi. Qish paytida  $40^{\circ}$  li kenglikda temperatura  $-50^{\circ}\text{C}$  dan,  $60^{\circ}$  li kenglikda esa  $-80^{\circ}\text{C}$  –  $-90^{\circ}\text{C}$  dan ortmaydi. Mars sirtining minimal temperaturasi uning qutblarida kuzatilib, u qishda  $-125^{\circ}\text{C}$  dan pastga tushmaydi.

Marsning atmosferasi juda siyrak bo'lib, sirtida o'rtacha bosim 6,1 millibar (1 bar taxminan 1 atmosfera), ya'ni dengiz sathidagi Yerning atmosfera bosimidan qariyb 160 marta siyrak. Planetaga tegishli aniq ma'lumotlar «Mars», «Mariner» va «Viking» (AQSH) rusumidagi planetalararo avtomatik stansiyalar yordamida qo'lga kiritildi. Ma'lum bo'lishicha, Mars atmosferasining 95 protsenti karbonat angidrid, 2,5 protsenti azot, 1,5–2,0





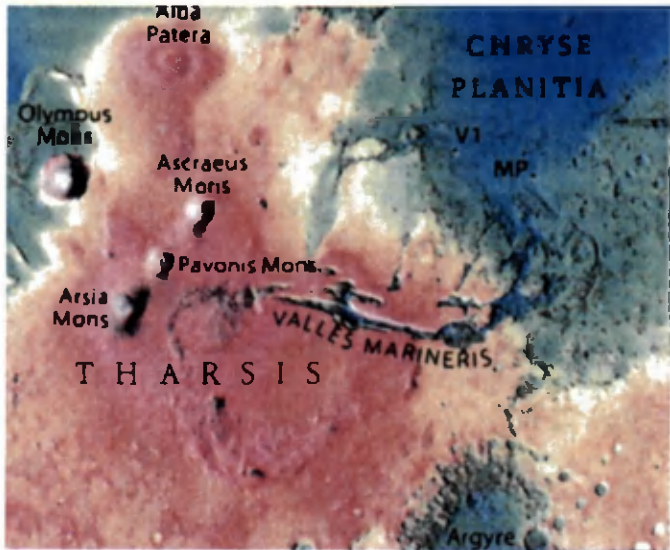
protsenti argondan va juda kam miqdordagi kislorod (0,2%) va suv bug'idan (0,1%) tashkil topgan.

Maxsus metodlar yordamida Marsning «qutb qalpoqlari»ni o'rganish ular muz holatidagi karbonat angidrid ekanini ma'lum qildi. Keyinchalik, kosmik apparatlar Mars qutblarida temperatura karbonat angidridning (6,1 bar bosimda) kondensatsiyalanish temperaturasiga ( $-125^{\circ}\text{C}$ ) yaqin ekanligini aniqlash bilan yuqoridagi fikrni tasdiqladi.

Planeta atmosferasining tarkibi aniqlangach, «qutb qalpoqlari»ning planeta atmosferasi fizikasidagi roli katta ekanligi ma'lum bo'ldi. Chunonchi, bahorda «qutb qalpoq»larining kuchli erishi va bug'lanishi hisobiga qutb tepasida atmosferaga juda ko'p miqdorda karbonat angidrid uloqtirilib, bosimning keskin ortishiga olib keladi. Oqibatda kuchli shamol vujudga kelib, u juda katta gaz massasini janubiy yarim sharga olib o'tadi. Garchi bunda shamolning tezligi sekundiga o'rtacha 10 metrni tashkil etsa-da, fasliy o'zgarishlar bilan bog'liq jarayonlar tezligi ayrim hollarda sekundiga 70–100 metrgacha boradigan kuchli shamolni vujudga keltiradi. Bunday shamol ta'sirida 100 millionlab tonna planeta changi atmosferaga ko'tariladi. 1971- yili planetada xuddi shu xildagi bo'ron ko'tarilib, Marsning sirtini parangi misol bizdan to'sib qo'ydi. Bu davrda ko'tarilgan va butun planeta gardishini qoplagan qizg'ish chang bulutlari, hatto uning «qutb qalpoq»larini ham ko'rishga imkon bermadi. 1971- yil dekabrda sobiq Ittifoqning «Mars-3» va AQSH ning «Mariner-9» kosmik apparatlari, bo'ron ayni «quturgan» paytda, planetaning ko'rinishlarini aks ettiruvchi rasmlarni oldi. 1976- yili planeta sirtiga qo'ngan AQSH ning «Viking-1, 2» apparatlari tushirgan Marsning rasmlarida ham bayon qilingan bo'ronlarni Mars tez-tez boshidan kechirib turishi shundoqqina ko'rinib turadi.

Marsning relyefi bir-biridan keskin farqlanuvchi tuzulmalardan iborat bo'lib, bular ichida juda katta maydonni kraterlar egallaydi. Kraterlar sohasi, shimolda ekvatoridan 40 gradusli kengliklargaacha borgani holda, janubda, ekvatoridan 80 gradusli kengliklargaacha yastanadi.

Marsning 20 dan 55 gradusgacha shimoliy kengliklari orasidan joy olgan va qariyb 2000 kilometr ga cho'zilgan Ellada



82- rasm. Marsning Ellada, Tarsis va Argir pasttekisliklari vohasining xaritasi.

pasttekisligining «Viking»dan olingan rasmlaridan ko'rinishicha, bu zona kraterlardan xoli va atrofiga nisbatan ancha cho'kkan pasttekislik ekanligi aniqlandi. Janubiy yarim shardagi boshqa bir yirik maydonli pasttekislik Argir deb yuritiladi (82- rasm). Argirdagi shimoli-g'arb tomonda ulkan vulqonli tog'lar joylashgan pasttekislik – Tarsis yastanadi. Uning ortida shimoliy yarim sharda mashhur Amazoniya va Utopiya pasttekisliklari joylashgan. 50- paralleldan to 70 gradusli parallelgacha Katta Sahro yastanib, u shimoliy qutbni o'rovchi tog' halqasi bilan chegaralanadi.

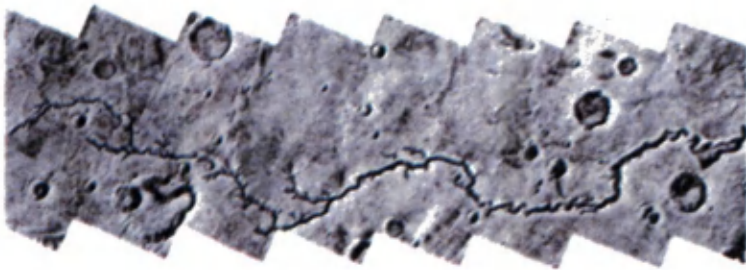
Mars relyefining asosiy ajoyibotlaridan biri planeta tog'lari-dir. Planetaning Tarsis rayonida to'rtta konus shaklidagi tog' ko'kka bo'y cho'zadi. Bu tog'lar vulqonli jarayon ta'sirida vujudga kelgan tog'lar bo'lib, ulardan eng janubda joylashgan Arziya tog'i tepasidagi kraterning diametri 130 kilometrni 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 (Yerdagi eng yirik tog'ning balandligi 9 kilometr, eng yirik vulqon tog'i asosining diametri esa 250 kilometr dan ortmaydi).



Qolgan vulqonli tog'lar Olimp balandligidan qolishsa-da, biroq ularni 15 kilometrli balandlikdagi chang bulutlaridan o'tib ko'rinishi (1971- yil «Mariner-9» dan olingan rasmlarda), bu tog'larning balandliklari ham 15–20 kilometr dan kam emasligini ko'rsatadi. Har to'rtala tog'da ham vulqonning to'xtaganiga yuzlab million yil o'tgan deb taxmin qilinadi. Olimp tog'i cho'qqisidagi kraterning diametri 70 kilometrgacha borib, baland marza bilan chegaralangan. Bir vaqtlar bu vulqondan otilgan lava suyuq bo'lib, juda uzoqlargacha oqib borgan.

Mars relyefining eng qiziq obyektlaridan biri uzunligi bir necha yuz kilometrgacha cho'zilgan jarliklardir. Arziya tog'idan 20 gradus sharqda bunday jarliklardan biri joylashib, uning uzunligi 400 kilometrgacha, kengligi ayrim joylarida 30 kilometrgacha, chuqurligi esa 2 kilometrgacha 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 ga cho'zilgan bo'lib, Marsning qadimiy daryolaridan hisoblanadi (83- rasm). Nirgal qadimda juda katta havzaga quyilganligi «Mariner-9» olgan rasmlarda yaqqol ko'rinadi. Shuningdek, uzunligi 700 kilometrgacha boradigan boshqa bir daryo o'zani Maadimning ayrim joylarida kengligi 80 kilometrgacha yetadi. Bu daryo o'zanlarida hozir hech qanday suyuqlik oqmasligi aniq. U holda, mazkur daryo o'zanlarini nima vujudga keltirgan, degan savol tug'iladi. Ushbu savolga javob berish bir necha yillar davomida uzoq tortishuvlarga sabab bo'ldi. Plane-



**83- rasm.** Marsning Nirgal deb nom olgan daryo o'zani (uzunligi 400 km dan ortiq).



taning qurigan daryolari haqida tug'ilib, yildan yilga ko'proq tasdiqini topayotgan gipoteza – qadimda daryo o'zanlari bo'ylab suv jo'sh urgan degan gipotezadir.

Yerning «yon qo'shnisi»da hayotning bor yoki yo'qligi masalasi uzoq yillardan buyon olimlarni qiziqtirib keladi. 1975- yili, asosiy maqsadi Marsda hayotning bor yoki yo'qligini aniqlashga qaratilgan va har birining massasi uch yarim tonnadan keladigan AQSH ning «Viking-1» va «Viking-2» kosmik apparatlari «Urush xudosi» tomon yo'lga chiqishdi. «Viking-1» 350 million kilometr chamasi masofani ortda qoldirib, 1976- yilning 20- iyulida Xris tekisligiga, «Viking-2» esa 4 sentabrda bu joydan 6400 kilometr shimoli-sharq tomonda joylashgan Utopiya tekisligiga qo'ndirildi. «Viking-1» qo'ngan kuniyoq «qizil planeta» sirti yumshoqligidan Yerdagilarni ogoh qilib, atrof tasvirini Yerga uzatdi. Tasvirlarda har xil kattalikdagi harsang toshlar va tuproq barxanlari yaqqol ko'zga tashlanadi. Bunday barxanlarning paydo bo'lishida bo'ronning qo'li borligi shundoq ko'rinib turibdi (84- rasm). «Viking-1» qo'ngandan so'ng ko'p o'tmay, Yerga quyidagi meteorologik ma'lumotni yubordi: kechqurun sharq tomondan esgan kuchsiz shamol yarim kechadan so'ng janubi-g'arb tomondan esa boshlagan shamol bilan almashdi, uning maksimal tezligi sekundiga 6–7 metrga yetdi, bosim 7,7 millibarga teng bo'lib, erta tongda temperatura  $-85,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ni, kunduzi esa  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  ni tashkil qildi. Yerga uzatilgan tasvirlar ayrim kraterlar tubidan va



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

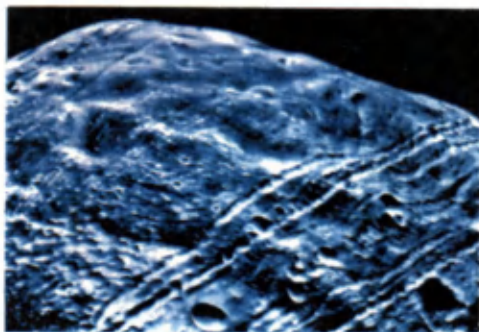


yoriqlaridan tuman buluti ko'tarilayotganini ma'lum qildi. Bunday tuman, asosan, suv bug'idan tashkil topganining aniqlanishi «qizil planeta» bag'rida yetarlicha suv zaxiralari (muz holatda) borligi haqidagi gipotezaning isboti uchun yana bir dalil bo'ldi.

Marsning sirt tuprog'i namunasining tahlili uning tarkibida temir (12–15% gacha), kremniy (20% gacha), aluminiy (2–4% gacha), kalsiy (3–5% gacha), magniy (5% gacha), oltin-gugurt (3% gacha) hamda kam miqdorda fosfor, rubidiy va stron-siyalar borligini ma'lum qildi.

Dastlabki modda almashinuviga asoslangan biologik eksperi-mentlar Mars tuprog'i tarkibida mikroorganizmlar borligini tas-diqlab, karbonat angidridning intensiv ajralayotganini qayd qildi. Biroq ko'p o'tmay, ajralayotgan gaz miqdori keskin kamaya boshladi. Uch kun o'tgach, bu tajriba qaytarilganda, xuddi shunday hol qaytarildi. Garchi ikkinchi eksperiment uchun mo'l-jallangan asboblarda, assimilatsiyaga asoslangan tajriba ham planetada mikroorganizmlar mavjud degan xulosaga yana bir dalil bo'lgan bo'lsa-da, biroq uchinchi eksperiment natijasi bu masa-lada olimlar fikrini chalkashtirib yubordi. Boshqacha aytganda, uchinchi – gaz almashinuviga asoslangan eksperimentda ham, 1- eksperimentdagi kabi, dastlab, kislородning ajralishi kutil-ganidan 15–20 marta intensiv bo'ldi. Biroq ko'p o'tmay, gaz almashinuvining intensivligi nolgacha pasaydi. Natijada olimlar «urush xudosi»da hayotning eng sodda ko'rinishlari – mikro-organizmlar bor degan qat'iy qarorga kelishlari uchun to'la ilmiy asosga ega bo'la olmadilar.

Marsning ikkita tabiiy yo'ldoshi bor. Ulardan biri Fobos (Qo'rqinch), ikkinchisi esa Deymos (Dahshat) deb ataladi. Har ikkala yo'ldosh ham 1877- yili avgust oyida amerikalik astronom A.Xoll tomonidan topilgan. Qizig'i shundaki, har ikkala yo'ldosh ham shar shaklida bo'lmay, balki kartoshka formasini eslatadi. Fobosning ikki o'zaro perpendikular o'lchamlari, mos ravishda, 18 va 22 kilometr bo'lib (85- rasm), Deymosning shunday o'lchamlari 10 va 16 kilometrni tashkil etadi. Fobos Mars sirtidan o'rtacha 6 ming kilometr narida – uning atrofida 7 soat 39 mi-nutda aylanib chiqqani holda, Deymos (Mars sirtidan balandligi



**85- rasm.** Marsning Fobos deb ataluvchi yo'ldoshi (o'lchami 18x22 km).

20 000 km) 30 soat 18 minutda aylanib chiqadi. Yer atrofida aylanadigan Oydan farq qilib, Marsning unga yaqin «oyi» – Fobos g'arbdan chiqib sharqqa botadi. Qizig'i yana shundaki, bir sutkada Fobos kun botish tomondan 3 marta chiqib, kun chiqish tomonda 3 marta botadi.

Fobosning o'rtacha zichligi  $1,8 \text{ g/sm}^3$  bo'lib, massasi  $8 \cdot 10^{12}$  (8 trillion) tonna keladi. Yerda 60 kg li odam u yerda atigi 30 gramm chiqadi. Biroq shunga qaramay, Fobosda yurish oson ish bo'lmasdi: Yerda 2,5 m balandlikka sakray oladigan sportchi bir sakrab, Fobosni butunlay tashlab keta oladi.

Fobos va Deymos «qizil planeta» bilan birga «tug'ilgan» deyishga hech asos yo'q. Planetaning bu ikki «oyi» Marsdan ko'p uzoq bo'lmagan mayda planetalar orbitasidan adashib chiqib, bir necha o'nlab million yillar ilgari «urush xudosi»ning domiga duch kelgan va u bilan «ipsiz bog'langan» osmon jismlaridir. Eng kamida, bu ikki tabiiy yo'ldoshning «qizil planeta» atrofida paydo bo'lib qolishini gipoteza shunday tushuntiradi.



1. Mars planetasi qaysi xususiyatlari bilan Yerga yaqin sanaladi?
2. Marsning relyefi qanday?
3. Marsda suv borligini olimlar nimalarga tayanib aniqladilar?
4. Marsning relyefi haqida nimalar bilasiz?
5. Mars atmosferasi va uning tarkibi haqida gapirib bering.
6. Marsda kuzatilgan daryo o'zanlari haqiqiy daryolarmi?
7. Marsda hayot bormi?
8. Mars qanday avtomatik stansiyalar yordamida o'rganilgan?
9. Marsning yo'ldoshlari bormi? Nechta?



## 6- §. **Yupiter (Mushtariy)**

Quyosh sistemasining planetalari ichida eng yirigi hisoblangan Yupiter tabiati va tuzilishiga ko'ra jumboqlarga boyligi bilan astronomlar diqqatini o'ziga jalb etadi. Yupiterning o'rtacha radiusi, Yer radiusidan qariyb 11 marta katta bo'lib, 69 ming 150 kilometrni tashkil etadi. Bu ulkan planeta Quyosh atrofida o'rtacha 778 million kilometrli masofada aylanadi. Planetaning Quyosh atrofida aylanish tezligi sekundiga 13 kilometr bo'lib, 12 yilda bir marta aylanib chiqadi. Boshqacha aytganda, Yerdagi 60 yoshli odam Yupiter yili bilan endi 5 yoshga to'lgan bo'lur edi. Qizig'i shundaki, Yupiterning o'z o'qi atrofida aylanishi, Yer tipidagi planetalarning aylanishlaridan farq qilib, ekvator qismi tezroq – 9 soat 56 minutli davr bilan aylanadi. Planetaning turli kenglamalari turlicha burchak tezlik bilan aylanishlariga sabab, u tuzilishiga ko'ra qattiq bo'lmay, gaz-suyuq holatidagi osmon jismi ekanligidir. Buning ustiga, uning ko'ringan sirti planeta atmosferasida «suzib» yuruvchi bulutlardan tashkil topgan.

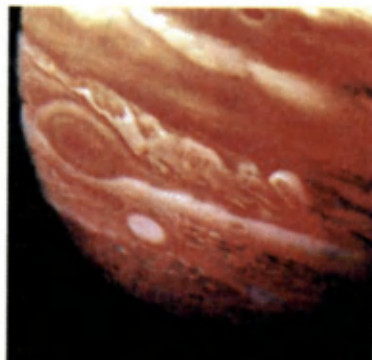
Planetaning tez aylanishi tufayli vujudga kelgan markazdan qochma kuch ta'sirida Yupiterning qutblari bo'ylab sezilarli siqilish kuzatiladi. Natijada uning ekvatorial diametri qutbiy diametridan 9 ming 300 kilometrga katta bo'lib qolgan.

Yupiterning hajmi Yernikidan 1314 marta ortiq. Garchi bu planetaning zichligi Yernikidan 3,5 marta kam bo'lsa-da, kattaligi tufayli uning massasi Yer massasidan 318 marta ortiqdir. Shuning uchun ham Yupiterning tortish kuchi Yerdagidan ikki yarim marta ortiq, ya'ni Yerdagi 60 kilogramm keladigan odamning og'irligi Yupiterda 150 kilogrammdan ortadi. Bu ulkan planetaga teleskop orqali qaralganda, uning sirtida turli xil obyektlar kuzatiladi. Bular ichida tabiati haligacha jumboqligini saqlayotgan obyektlar – eni bir necha ming kilometr gacha boradigan uning ekvatorga parallel qora-qizg'ish tasmalaridir (86- rasm).

Bu tasmalar oxirgi yillarda olingan natijalar asosida planeta atmosferasining qalin bulutlari deb tushuntiriladi. Ular planetaning parallellari bo'ylab yo'nalgan bo'lib, ekvatorga nisbatan simmetrik holda joylashgan. Planeta bulutlarining bunday zanjirli



**86- rasm.** Yupiterning umumiy ko'rinishi.



**87- rasm.** Yupiter sirtida kuzatiladigan Katta Qizil Dog'.

strukturasi uning 40 gradusli kengligigacha borib, ayrim hollarda, diametri 1000 kilometrgacha boradigan qo'ng'ir yoki ko'kish dog'larni hosil qiladi.

Yupiterning qadimiy «tilsim»laridan boshqa biri 1878- yili topilgan uzunligi 30 ming, eni 13 ming kilometr ga cho'zilgan Katta Qizil Dog'idir (87- rasm). Qizig'i shundaki, bu Dog' planetaning sirt detallari qatori uning sutkalik aylanishida ishtirok qilishi bilan birga goh u yonga, goh bu yonga bir necha gradusgacha siljiydi. Bunday hol Katta Qizil Dog' planeta sirti bilan bog'lanmagan, degan xulosaga olib keldi. Rus olimi G.Golitsin gipotezasiga ko'ra, Katta Qizil Dog' planeta atmosferasining uzoq davom etadigan gigant uyurmasidir. Olimning bu nazariyasi kelajakda bir necha omillar bilan tasdiqlanganligi bilan e'tiborga sazovor gipoteza hisoblanadi. AQSH ning «Pioner-10» va «Pioner-11» kosmik apparatlari yordamida Katta Qizil Dog'ning olingan rasmlariga ko'ra uning detallari, strukturasi anchayin o'rganilgan bo'lsa-da, hali unga tegishli muammolar yetarlicha ko'p. Jumladan, uning qizil rangi ham hozirgacha sir hisoblanadi.

Yupiter atmosferasi Yernikidan keskin farq qilib, vodorod, geliy, metan va ammiak gazlaridan tashkil topgan. Planeta atmosferasining asosiy qismini vodorod va geliy tashkil qiladi. Yupiterning spektrida geliy o'z «avtograf»ini qoldirmasligi olimlarni uzoq vaqt ajablantirdi, chunki nazariy hisoblashlar, geliy uning atmosferasida keng tarqalganligini inkor etmasdi. Bu masala 1973- yili





hal bo'ldi: Yupiter yaqinidan o'tayotgan «Pioner-10» planetalararo avtomatik stansiyasi (PAS) Yerga yuborgan «radiogrammasi» da planeta atmosferasida geliy borligini ma'lum qilganda, astronomlar «yengil nafas» olishdi. Bu olingan ma'lumotlar unda geliyning miqdori planeta atmosferasining 25% ini yoki 70 Yer massasiga teng ekanligini ko'rsatdi. Planeta atmosferasining asosiy qismini tashkil etgan vodorod esa uning atmosferasining 70% ini yoki 225 Yer massasiga teng qismini tashkil qiladi.

Shuningdek, planetaga tegishli spektogrammalarning tahlili uning atmosferasida sezilarli miqdorda asetilen ( $C_2H_2$ ) va etan ( $C_2H_6$ ) borligini ma'lum qildi. Gigant planeta atmosferasida suv bug'larining topilishi ham katta voqea bo'ldi, chunki olimlar uning bulutli qatlamlarining aniqlangan temperaturasi  $-120\text{ }^\circ\text{C}$  –  $-130\text{ }^\circ\text{C}$  dan past bo'lib, bunday temperaturada suv bug'lari doimo muz holatidagina bo'lishi mumkin deb taxmin qilardilar.

Planetaga xos sirlarni «fosh» qilishda 1973- yilning 4- dekabrda Yupiterdan 130 ming kilometrli masofadan o'tgan «Pioner-10» (AQSH) avtomatik stansiyasining xizmati katta bo'ldi. Bu kosmik apparat Yerdan uchirilgach, qariyb ikki yillik sayohatdan so'ng, Yupiterda «mehmon» bo'ldi. Avtomatik stansiya Yupiterga 6,5 million kilometr yaqinlashgandayoq, planeta magnitosferasi unga «peshvoz» chiqdi. Yupiterning magnitosferasi asosan uch qismdan iborat bo'lib, 20 planeta radiusi masofasigacha cho'zilgan ichki qismida dipolli (ikki qutbli) magnit maydoni hukmronlik qiladi. 60 planeta radiusigacha cho'zilgan o'rta qismida esa planeta magnitosferasi markazdan qochma kuch ta'sirida kuchli deformatsiyalanishi oqibatida, u sfera ko'rinishini yo'qotib, disk ko'rinishini oladi va nihoyat 90 planeta radiusigacha boradigan tashqi qismi esa «Quyosh shamoli» (Quyoshdan kelayotgan plazma oqimi) ta'sirida yanada kuchli deformatsiyalanadi.

Yupiterning tungi tomonida magnit maydoni Yerniki kabi, uzun dum hosil qilib, bir necha million kilometrgacha cho'ziladi.

Ma'lumki, elektronlar magnit maydonda harakatlanganda ikki xil nurlanadi. Bu nurlanishlardan biri siklotron nurlanish deyilib, nisbatan kam quvvatli elektronlarning (0,5 MeV gacha energiyali) harakatlanishidan, ikkinchisi esa sinxrotron nurlanish deyilib, relativistik elektronlarning (tezligi yorug'lik tezligi kattaligiga yaqin elektronlarning) harakatlanishidan vujudga keladi.



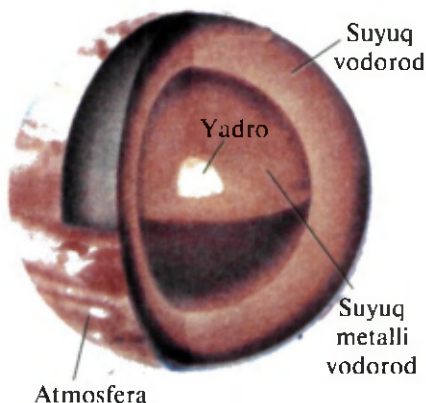
Gigant planetaning magnit maydoni Quyoshdan kelayotgan musbat va manfiy zaryadli kosmik zarrachalar bilan ta'sirlashib, ularni o'z sferasida «qafas»ga tushiradi va oqibatda bunday hol planeta atrofida Yernikiga o'xshash kuchli radiatsiya kamarlarining paydo bo'lishiga olib keladi. Toroidal shakldagi (teshik kulcha ko'rinishli) radiatsion kamar planetaning ekvator tekisligiga biroz og'gan holda bo'lib, 1,5 dan to 6 planeta radiusigacha masofaga cho'zilgan. Bu sohada magnit maydon «qo'lga olgan» elektronlarning energiyasi 3 dan 30 MeV gacha oraliqda bo'ladi. Planetaning bu magnitosferasi va radiatsiya kamarlari zaryadli zarrachalar uchun ulkan tabiiy tezlatgich sifatida ishlaydi. Yerdan qayd qilinadigan kichik energiyali elektronlar Yupiterning bu tabiiy tezlatgichlarining mahsuli ekanligi, ular uchun xarakterli 10 soatlik davrning, planetaning o'z o'qi atrofida aylanish davri bilan bir xilligidan aniqlandi.

Shuningdek, metrli radiodiapazonda Yupiterning kuchli nurlanishining manbai ham planeta magnitosferasida elektronlarning sinxrotron nurlanishining natijasi ekanligi ma'lum bo'ldi. Ulkan planetaning metrli diapazonda ishlaydigan bir necha «radiostansiyasi» 11 metrdan 30 metrgacha oraliqdagi to'liq uzunliklarini o'z ichiga oladi. Bular «radiobo'ron» deb nom olgan planeta radionurlanishining chaqnashlari ham planetadan kelayotgan nurlanishlarda ahyon-ahyonda qayd qilinadi. Hisob-kitoblarning ko'rsatishicha, bu xildagi radiochaqnashlarning manbai, quvvati jihatidan, Yerdan momaqaldiroq paytida chaqnagan yashindan milliardlab marta ortiq quvvatga ega bo'lgan planeta atmosferasidagi elektr «chaqmog'i» bo'lishi lozim.

Yupiter Quyoshdan Yerga nisbatan 5 marta ortiq masofada bo'lganidan, bu planeta yuzi 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. Bu — Yupiter qa'rida hozirgacha nomal'um mexanizmlilik bunday nurlanish energiyasining birdan-bir manbai — gravitatsion siqilish bo'lishi mumkin, degan gipotezaning tug'ilishiga sabab bo'ldi. Infraqizil spektrometr yordamida, planetaning aynan shu diapazonda nurlanishi asosida aniqlangan



sirt temperaturasi, uning kunduzgi va tungi qismlarida temperatura bir xil bo'lib,  $-133\text{ }^{\circ}\text{C}$  ekanligini qayd qildi. Yupiterning sirtida markazga tomon temperatura tez ortib borishi va oqibatda juda katta chuqurlikda uning moddasi faqat gaz-suyuq holatda bo'la olishi ham oxirgi yillar hisob-kitobidan ma'lum bo'ldi.



**88- rasm.** Yupiterning ichki tuzilishi.

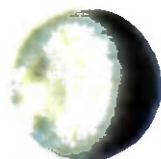
Planeta haqida qo'lg'a kiritilgan eng so'nggi ma'lumotlar asosida bu ulkan planetaning ichki tuzilishi matematik modellashtirildi. Ushbu modelga ko'ra, Yupiter atmosferasining balandligi 2 mingdan 6,5 ming kilometr gacha cho'zilgan. Agar atmosferaning o'rtacha balandligi 4,2 ming km deb olinib, uning qatlamining tubidagi bosim hisoblansa, uning miqdori 200 ming atmosferaga, temperatura esa  $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$  ga yaqin chiqadi. Aftidan bu yerda keskin chegaraga ega bo'lmagan moddaning gazsimon, suyuq va qattiq fazalaridan iborat suyuq vodorodning geliyli aralashmasidan tarkib topgan dengiz yastangan. Taxminan 18 ming km chuqurlikda, 1 mln. atm. bosimida vodorod metallik holatda deb, planeta markazida esa metallik fazadagi silikatlarda, magniy, temir va nikelning oksidlaridan tashkil topgan yadro joylashgan deb taxmin qilinadi. Bu yadroda bosim 20–100 mln. atm. atrofida bo'lib, temperatura 15–25 ming  $^{\circ}\text{C}$  gacha boradi (88- rasm).

Yupiter o'z yo'ldoshlari bilan katta bir «oilani» tashkil qiladi, uning topilgan yo'ldoshlarining soni maydalari bilan hisoblaganda 50 dan oshib ketdi. Planetaning bu «oy»laridan to'rtta eng yirigi 1610- yilda G.Galiley tomonidan topilgan.

Yupiterning yirik yo'ldoshlarini ularning ayrim parametrlariga ko'ra 3 ta guruhga bo'lish mumkin. Birinchi guruhga to'rtta Galiley yo'ldoshlari (Io, Yevropa, Ganimed va Kallisto) (89- rasm) va uning sirtidan atigi 110 ming kilometr masofada



Io



Yevropa



Ganimed

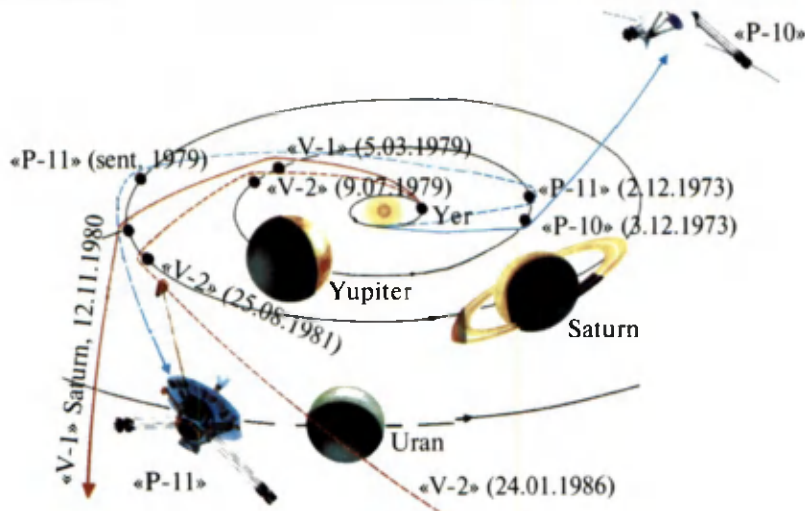


Kallisto

89- rasm. Yupiterning Galiley yo'ldoshlarining solishtirma o'lchamlari.

aylanuvchi Amalteya kiradi. Bu guruhning Yupiterdan eng uzoqda joylashgan yo'ldoshi – Kallisto planetadan 1,8 mln kilometr narida, uning atrofida 16,7 yer sutkasiga teng davr bilan aylanadi. Bu guruhdagi eng kichik yo'ldosh – Amalteyaning diametri 150 km; eng yirigi – Kallistoniki esa 5300 kilometrdir. Galiley yo'ldoshlarining o'rtacha zichligi planetadan uzoqlashgan sayin kamayadi: 3,2–3,6 g/sm<sup>3</sup> dan (Io uchun) 1,6 g/sm<sup>3</sup> gacha, (Kallisto uchun). «Pioner-10» ning ma'lum qilishicha, Ganimed va Ioning atrofida atmosfera mavjud. Ganimed sirtida temperatura – 115 °C ga boradi. Galiley yo'ldoshlarining albedosini (Quyosh nurlarini qaytara olish qobiliyatlarini) o'rganish ularning sirti qalin muz bilan qoplangan degan taxminni beradi.

Rossiya Federatsiyasining yangi 600 metrli radjoteleskopi yordamida Galiley yo'ldoshlarini o'rganish ularning radiodia-pazonda aniqlangan ravshanlik temperaturalari nisbatan yuqoriligini ko'rsatadi (Kallisto uchun –90 °C, Ganimed uchun esa –105 °C). Bu planetalar uchun hisoblangan muvozanat temperaturadan ancha yuqori bo'lib, uning manbayi ko'p kilometrli muz



**90- rasm.** «Pioner-10», «Pioner-11» («P-10», «P-11») va «Voyager-1», «Voyager-2» («V-1», «V-2») PAS larining trayektoriyalari.

qatlami ostida «yashiringan» deyishga asos beradi. Eng yuqori ravshanlik temperaturasi Ioda kuzatilib, u shu qadar kattaki, olimlar bu yoʻldosh kuchligina magnit maydonga va atrofida radiatsion kamarga ega degan gipotezani oʻzaro bahs uchun oʻrtaga tashlashdan boshqa ilojlari qolmadi.

Ikkinchi guruh yoʻldoshlari, planeta atrofida oʻrtacha 12 mln kilometrli masofada 250 yer sutkasiga yaqin davr bilan aylanadi. Bu guruhga kiruvchi yoʻldoshlar nisbatan kichik boʻlib, ular haqida hozircha juda kam narsa maʼlum. Ikkinchi guruh yirik aʼzolarining soni esa 8 ta.

Uchinchi guruh yoʻldoshlari planetadan oʻrtacha 23 mln kilometr masofada taxminan 2 yillik davr bilan aylanadi. 1979- yili mart oyida Yupiterdan 278 ming kilometr naridan oʻtgan AQSH ning «Voyager-1» va keyinroq, «Voyager-2» avtomatik stansiyalarining Yupiter va uning yoʻldoshlarini oʻrganishda xizmatlari juda katta boʻldi (90- rasm). «Voyager» olgan rasmlarda planeta-ning 30 ming kilometrga choʻzilgan qutb yogʻdusi va atmosferasida yashinni eslatuvchi chaqnash kuzatildi. Shuningdek, pla-



neta 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. Olimlarning aniqlashicha, bu halqa kattaligi bir necha o'n metrdan bir necha yuz metrgacha boruvchi qoya toshlardan va muzdan tashkil topgan.

Avtomatik stansiya planetaning yo'ldoshi Iodan eng yaqin (19 ming km) masofadan o'tayotib, uning sirtida ayni paytda «ishlayotgan» vulqonni (balandligi 160 km), bir necha yuz kilometrga cho'zilgan tog'lar va jarliklarni ko'rdi. Ganimed va Kallisto sirtida ko'ringan o'nlab yorug' dog'lar esa, aftidan, kraterlar bo'lsa kerak deb taxmin qilindi. Kallistodagi kraterlaridan biri bir necha konsentrik tog' halqalari bilan o'ralgan bo'lib, ayrim joylarda bu tizmalarning oralig'i 1600 kilometr gacha yetadi.

Garchi oxirgi yillarda ulkan planeta Yupiter va uning yo'ldoshlariga tegishli anchayin asriy sirlar «fosh» qilingan bo'lsa-da, hali yana bir necha o'n yilga yashiringan muammolar unda mavjud. Bu «tilsim»lar o'z sirlari bilan «o'rtoqlashish» uchun navbatdagi kosmik stansiyalarni kutmoqda. Biroq shuni aytish kerakki, bunday kosmik apparatlarning gigant Yupiterga qo'ndirilishi juda qimmatga tushgani holda, uning yirik yo'ldoshlaridan biriga qo'ndirib-uchirish energetik nuqtayi nazardan ancha arzon turadi. Shuning uchun ham olimlar kelajakda bu ulkan planeta sistemasi a'zolari bilan yaqindan tanishish maqsadida navbatdagi avtomatik stansiyalarni uning «oy»laridan biriga qo'ndirishni mo'ljallamoqdalar.



1. Yupiter to'g'risida qanday tasavvurga egasiz?
2. Yupiterning atmosferasi qanday gazlardan tashkil topgan?
3. Yupiterning ichki tuzilishi haqida gapirib bering.
4. Yupiterning Katta Qizil Dog'i qanday tuzilma?
5. Yupiterning Galiley yo'ldoshlari deb qanday yo'ldoshlarga aytiladi?
6. Yupiter qanday avtomatik stansiyalar bilan tadqiq qilingan?
7. Bunda planetaga tegishli qanday muhim yangiliklar qo'lga kiritildi?



## 7- §. Saturn (Halqali Zuhal)

Planeta Qadimgi Rimning vaqt va taqdir xudosi Saturn nomi bilan ataladi. Bu planeta sharqda Zuhal, yunonlarda Kronos nomi bilan yuritilib, Quyosh sistemasining qurollanmagan ko'z bilan ko'rish mumkin bo'lgan eng oxirgi planetasidir. Shuning uchun ham, qadimda uzoq yillar Saturnning orbitasi Quyosh sistemasining chegarasi deb qaralgan.

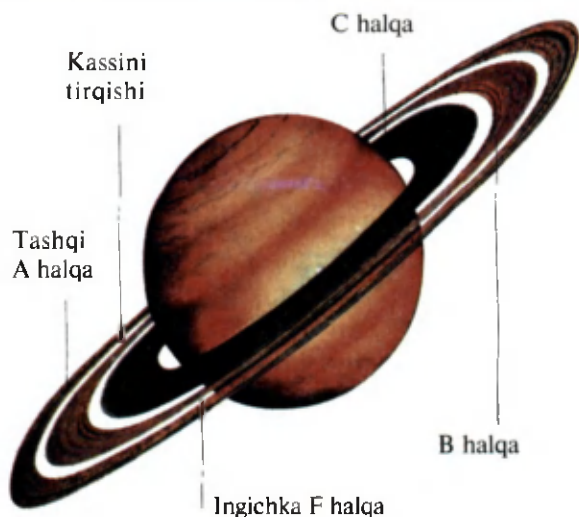
Saturn kattaligi jihatidan faqat Yupiterdan keyin turadi, uning diametri 120 ming 800 kilometr. Quyoshdan o'rtacha uzoqligi 9,5 astronomik birlik, ya'ni Quyoshdan 1 milliard 427 million kilometr narida yotadi.

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. Ekvator zonasining aylanish davri 10 soat 14 minut bo'lgani holda, qutbga yaqin sohasi 10 soat 28 minutli davr bilan aylanadi.

Planetaning ekvator tekisligi 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 (91- rasm). Garchi bu halqa, dastlab 1610- yili G.Galiley tomonida kuzatilgan bo'lsa-da, olim halqaning haqiqiy shaklini belgilab bera olmadi. Buning sabablaridan biri Galileyning «qo'lbola» teleskopida yasalgan halqa tasvirining sifatsizligi bo'lsa, ikkinchisi o'sha davrda planeta Yerga «yonbosh» turgani tufayli uning halqasi kuzatuvchiga qirrasini bilan turganligida edi. Saturnning Yerga tomon bu xilda «yonbosh» turishi Quyosh atrofini bir marta to'la aylanib chiqishi davomida ikki marta kuzatiladi.

Galileyning bu muvaffaqiyatsiz urinishidan so'ng yarim asrcha vaqt davomida Saturn halqasi haqida hech qanday yangilik tug'ilmadi. 1657- yilda yosh astronom Xristian Gyuygens o'zi yasagan teleskopini Saturnga qaratib, uning atrofida chiroyli halqani ko'rdi.

Saturn atrofida halqaning kuzatilishi juda ko'pchilik olimlarning e'tiborini o'ziga tortdi. Gap shundaki, to bunga qadar bi-



91- rasm. Saturn va uning halqasi.

rorta ham planetaning atrofida halqa kuzatilmagan edi. Shu sababdan Saturn halqasining tabiatini o'rganish uchun talay astronomlar birdaniga kirishdilar. Italiyalik Jovani Kassini, ingliz Robert Guk, nemis Iogan Enke, amerikalik Jorj Bond va rus Sofya Kovalevskaya shular jumlasidan edi.

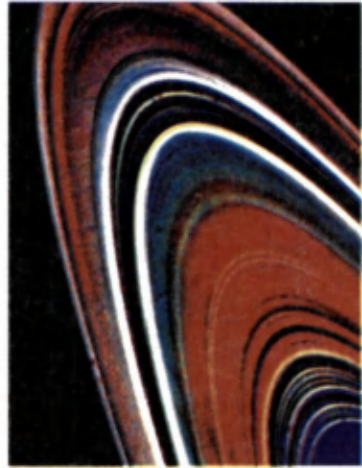
1750- yilda Saturnning halqasi haqida Tomas Rayt shunday yozgan edi: «Agar biz Saturnni yetarli darajada quvvatli teleskopda kuzatsak edi, u holda halqa biz yo'ldoshlar deb ataydigan jismlardan ancha pastda yotuvchi cheksiz ko'p mayda planetalardan iboratligini ko'rar edik». Keyingi tadqiqotlar halqa haqidagi Tomas Raytning bu bashorati haq ekanligini tasdiqladi.

1857- yili mashhur ingliz fizigi Jeyms Maksvell Saturnning halqasi monolit bo'lmay, balki qattiq zarrachalarning tangasimon uyushmasi ekanligini nazariy yo'l bilan isbotladi. Ko'p o'tmay, Maksvellning aytganlari, mashhur rus astrofizigi A.A.Belopolskiy va amerikalik J.E.Klerk tomonidan o'tkazilgan eksperimentlar asosida quvvatlandi. Biroq, 1934- yilda, o'zining Semeiz observatoriyasidagi (Qrim) qator nozik kuzatishlari asosida, astronom G.A.Shayn planeta halqasi changdan tashkil topgan degan fikrga qarshi chiqdi.





Keyingi yillarga tegishli tadqiqotlar planeta halqasi haqidagi ma'lumotlarni keskin boyitdi. 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 halqa zarralarining kattaliklari bir necha santimetr-gacha borib, o'rtacha bir santimetr ekanligini aniqladi.

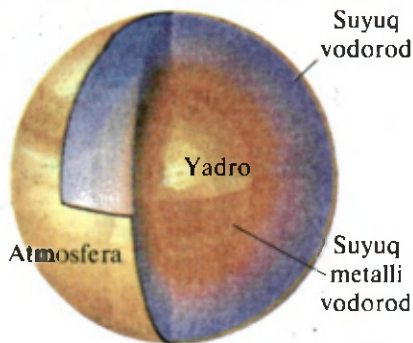


92- rasm. Saturn halqasi «Voyajer» nigohida.

1980- yilning kuzida Saturn yaqinidan AQSH ning boshqa bir stansiyasi – «Voyajer-1» o'tdi. Og'irligi 825 kilogrammli bu stansiya 1977- yilning 5- sentabrida «Titan-Kentavr» uchiruvchi raketa yordamida Yerdan Saturn tomon yo'l olgan edi. 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 (92- rasm). Kuzatishlar planeta sirtida temperatura  $-180^{\circ}\text{C}$  atrofida ekanligini ma'lum qildi.

Saturn sirtida ekvatorga parallel holda kuzatiladigan yo'l-yo'l tasmalar va undagi detallar, Yupiter sirtidagi shunday tasmalar va detallardan kam kontrastlilik bilan ajralib turadi. Umuman olganda, Saturn turli kattalikdagi detallarga Yupiterga nisbatan ancha «kambag'alligi» bilan farq qiladi.

Planeta atmosferasida ham Yupiternikidagi kabi metan gazi ( $\text{CH}_4$ ) bilan birgalikda ammiak ( $\text{NH}_3$ ) uchraydi. Saturnning bulutlari tabiatiga tegishli muammoni hal qilishda ammiakning roli kattaligi tufayli bunday gazni planeta spektrida topish juda muhim edi. Garchi planeta atmosferasida ammiakning miqdori yuz mingdan bir qismini tashkil qilsa-da, uncha murakkab bo'lmagan hisoblashlar bunday miqdor Saturn atmosferasida ammiak bulutlarini hosil qilish uchun yetarli ekanligini tasdiqladi.



93- rasm. Saturnning ichki tuzilishi.

1974- yili planeta atmosferasida etan ( $C_2H_6$ ) topildi. Saturnning elementli tarkibi Quyoshnikidan farq qilmay, vodorod va geliy 99% ni tashkil etadi.

Saturn atmosferasining qalinligi 1000 km atrofida bo'lib, unda pastda vodorodning geliyli aralashmasi qatlami joylashgan. Planeta radiusining yarmi yaqinida temperatura 1000 °C, bosim esa

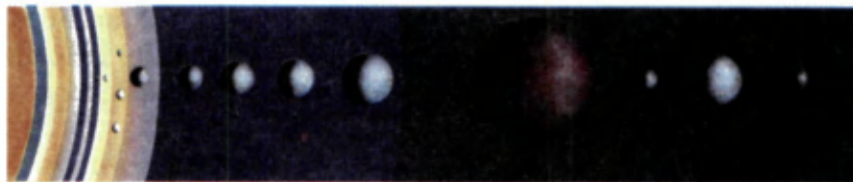
3 mln. atm. ga yaqin. Undan pastroqda 0,7–0,8 planeta radiusi balandligida vodorod metallik fazada uchraydi. Bu qatlam ostida erigan holda Yer massasidan 9 martagacha katta bo'lgan silikatmetallik yadro joylashgan (93- rasm).

Saturnning atrofida sezilarli magnit maydonning mavjudligi dastlab «Pioner-11» tomonidan aniqlandi. Yer va Yupiterning magnit maydonlaridan farqli o'laroq, bu planetaning magnit o'qi uning aylanish o'qi bilan ustma-ust tushadi.

1655- yili halqali planetaning birinchi yo'ldoshini ham Gyuygens topdi. Planeta yo'ldoshlarini topishda ayniqsa Kassini-ning izlanishlari sermahsul bo'ldi. Gyuygensdan so'ng ko'p o'tmay, u orqama- orqa Saturnning to'rtta yo'ldoshini topdi.

«Halqali gigant» atrofida topilgan jami yo'ldoshlarining soni o'ttiztaga yetdi (94- rasm). Saturn yo'ldoshlaridan eng yirigi — Titan bo'lib, Quyosh sistemasidagi planetalarning «oy»laridan kattaligi jihatidan ikkinchi o'rinda, ya'ni Ganimeddandan (Yupiterning yo'ldoshi) keyin turadi. Diametri 4850 kilometr. 1949- yildayoq J.Koyper unda metanning «iz»larini ko'rib, planetaning bu yo'ldoshi qalin atmosferaga ega ekanligini birinchi bo'lib aniqladi. Keyinchalik, Titan atmosferasida yetarlicha ko'p miqdorda vodorod kuzatildi. 1980- yili «Voyajer-1» Saturn yaqinidan o'tayotib, uning 6 ta yangi yo'ldoshini topdi.

Vaqt va taqdir xudosisiga tegishli asosiy jumboq uning atrofida bunday yirik halqaning paydo bo'lish tarixidir. Planeta



94- rasm. Saturnning yoʻldoshlari (oʻrtadagi eng yirigi Titan).

halqasining paydo boʻlishini tushuntirishga qaratilgan gipotezalar ichida fransuz astronomi Roshning nazariyasi diqqatga sazovor-dir. Bu nazariyaga koʻra planetaning yoʻldoshlari markaziy planetadan maʼlum kritik masofadan kichik oraliqda mustaqil yashay olmas ekanlar. Saturn uchun hisoblangan bu kritik masofa uning ikki yarim radiusiga (150 ming kilometr) teng boʻlib chiqdi. Shuningdek, bunday hisob, agar planeta yoʻldoshlaridan biri unga aniqlangan shu masofadan yaqin kelsa, planetaning tortish maydoni vujudga keltirgan koʻtarish kuchi taʼsirida halokatga yuz tutib, parchalanib ketishini maʼlum qiladi. Hisob-kitobi joyida boʻlgan bu nazariyaga koʻra, Saturnning halqasi qadimda planeta yoʻldoshlaridan birining «ehtiyotsizligi» tufayli unga yaqin kelib, halokatga uchraganligining oqibatidir.



1. Saturnga tegishli qanday maʼlumotlarni bilasiz?
2. Saturnning halqasi nimalardan tuzilgan?
3. Bu gigant planetaning atmosferasi haqida nimalar bilasiz?
4. Saturnning ichki tuzilishini qanday tasavvur qilasiz?
5. Saturn qanday avtomatik stansiyalar yordamida oʻrganilgan?
6. Planeta atrofida uning nechta tabiiy yoʻldoshi aylanadi?
7. Saturnning eng yirik yoʻldoshi – Titan haqida nimalar bilasiz?

## 8- §. Uran

Uran planetasi aslida musiqachi, keyinchalik mashhur astronom darajasiga koʻtarilgan V.Gershel tomonidan 1781- yili tasodifan topildi. Maʼlum boʻlishicha, planeta kashf etilgunga qadar qariyb yuz yilcha ilgari kuzatilib kelingan ekan. Biroq astronomlar har doim unga xira bir yulduz deb qarab, ortiqcha eʼtibor bermagan ekanlar. Planeta orbitasini birinchi boʻlib peterburglik akademik A.I.Leksel hisobladi.



Uraning diametri 49 ming 600 kilometr, massasi Yernikidan 14,6 marta katta, oʻrtacha zichligi esa  $1,60 \text{ g/sm}^3$ . Bu planeta Quyoshdan oʻrtacha 19,2 astronomik birlik masofada uning atrofida aylanadi.

Uraning orbital tezligi sekundiga 6,8 kilometrni tashkil qiladi va Quyosh atrofida 84 yilda bir marta aylanib chiqadi. Biroq planeta oʻz oʻqi atrofida nisbatan tez aylanadi – sutkasining uzunligi 10 soat 49 minut.

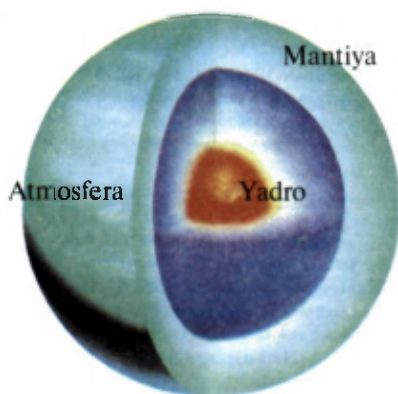
Garchi planeta sirti detallarini koʻrib boʻlmasa-da, biroq unda davriy ravishda sirt ravshanligining oʻzgarib turishi yaqqol seziladi.

Planetaning ekvatori orbitasi tekisligiga 98 gradusli burchak ostida yotib, uning aylanish yoʻnalishi, Veneraniki kabi, barcha boshqa planetalarning aylanish yoʻnalishiga qarama-qarshi boʻladi. Bu hol, oʻz navbatida, planetada yil fasllarining va kechakunduzning almashinuvlariga qiziq bir tus beradi. Jumladan, sakkson toʻrt yillik Uran «yili»ning 21 yili davomida Quyosh doimo gorizontdan koʻtarilib boradi. Planetaning maʼlum bir yarim sharida yoz ham bir necha yil davom etadi, biroq Quyoshning tafti ungacha yaxshi yetib bormaydi, chunki Uran osmonida Quyosh gardishi atigi 2 yoy minutiga yaqin burchak ostida koʻrinadi, xolos. Uran sirtini radionurlar asosida oʻlchashlar, uning oʻrtacha

temperaturasi  $-200 \text{ }^\circ\text{C}$  ekanligini maʼlum qiladi.

Uran, asosan, vodorod va geliydan tashkil topgan boʻlib, unda qisman metan ham borligi aniqlangan. Uraning ichki tuzilishini olimlar, erishilgan maʼlumotlar asosida 95- rasm-dagicha tasavvur qiladilar.

Bu planetaning topilgan yoʻldoshlarining soni yigirma bitta boʻldi. Shulardan ikkita eng yirigi Gershel tomonidan ochilib, Titaniya va Oberon deb nomlangan. Birinchi mar-



95- rasm. Uran – «yonbosh» planeta (uning ichki tuzilishi).



Oberon      Titaniya      Umbriel      Ariel      Miranda

**96- rasm.** Uranning yo‘ldoshlari – Shekspir qahramonlari.

ta bu nomlar fransuz eposida XII asrdan so‘ng uchraydi. Keyinroq, Shekspirning «Yozgi tundagi tush» komediyasining qahramonlari shu nomlar bilan atalganidan so‘ng, ular ayniqsa omma-bop bo‘ldi.

Uranning bu yo‘ldoshlari topilganidan so‘ng 64 yil o‘tgach, astronom Leksell planetaning yana ikki yo‘ldoshini topdi. Bu ikki yo‘ldosh ham Shekspir asari qahramonlarining nomlari bilan Umbriel va Ariel deb ataldi. Va, nihoyat, 1948- yili J.Koyper Uranning beshinchi yo‘ldoshini topdi va an‘anaga ko‘ra, Shekspirning «Bo‘ron» ertak-pyesasining qahramoni – Miranda nomi bilan atadi. Uranning XX asrning 80- yillarida «Voyajer» kosmik apparati yordamida topilgan bir nechta yo‘ldoshlari ham, an‘anaga ko‘ra, Shekspir asarlarining qahramonlari nomi bilan ataldi (96- rasm).

Planetaning topilgan yo‘ldoshlari ham uning atrofida planetaning aylanish yo‘nalishi bilan bir xil yo‘nalishda aylanadi. Aylanish tekisliklari Uranning ekvator tekisligiga juda yaqin.

1. Uran qachon va kim tomonidan ochilgan?
2. U haqida qanday ma‘lumotlarga egasiz?
3. Uranning ichki tuzilishi haqida nimalar bilasiz?
4. Uranning nechta yo‘ldoshi topilgan?
5. Uranning yo‘ldoshlari qanday nomlar bilan atalgan?

## 9- §. Neptun (qalam uchida topilgan planeta)

1820- yilga qadar Quyosh sistemasi asosan quyidagi yettita planeta – Merkuriy, Venera, Yer, Mars, Yupiter, Saturn va Uran hamda ularning yo‘ldoshlaridan tashkil topgan deb qaralardi.



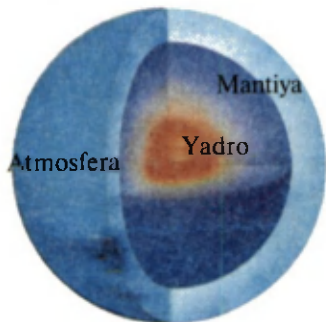
1820- yili parijsk astronom A. Buvar Yupiter, Saturn va Uraning koordinatalari jadvalini juda katta aniqlik bilan hisobladi. Biroq o'n yil o'tgach, Uran oldindan hisoblangan o'z o'rnidan 200" li yoyga ilgarilab ketdi. Yana o'n yil o'tgach, ilgarilash 90" ga, 1846- yilga kelib esa 128" ga yetdi. Astronomlar Uraning harakatidagi bu chetlashish, uning orbitasidan tashqaridagi boshqa bir planetaning ta'siri tufayli degan qarorga keldilar.

Bunday murakkab matematik masalani hal qilish uchun bir vaqtda, bir-birlaridan bexabar holda ikki astronom «bel bog'ladi». Bulardan biri fransuz matematigi U. Leverye, ikkinchisi esa yosh ingliz astronomi J. Adams edi. 1846- yili matematik hisoblashlar asosida planetaning o'rni aniqlangach, U. Leverye teleskopik yulduzlarning to'la xaritasi mavjud bo'lgan Berlin observatoriyasi xodimlariga planetani kuzatishlarini so'rab murojaat qiladi. 1846- yil 23- sentabrda bu observatoriyaning astronomi professor Galle planetani Leverye aytgan joydan atigi bir gradus naridan topdi. Planeta dengiz va okeanlar xudosi – Neptun nomi bilan ataldi.

Bu planeta osmonda «qurollanmagan» ko'z bilan ko'rish mumkin bo'lgan eng xira yulduzdan olti marta xira ko'rinadi, biroq, shunga qaramay, uni anchayin kuchsiz teleskop bilan ham ko'rsa bo'ladi.

Qizig'i shundaki, Neptunning ochilishidan ancha ilgari 1795- yili 8- va 10- mayda olingan fotoplastinkalarda uni ikki marta astronom Laland kuzatdi. Biroq u o'shanda planetani xira bir yulduz deb, bu ikki kunda olingan fotoplastinkalardan joy olgan planeta siljishini esa o'lchashning xatoligidan deb tushundi. Agar o'shanda Laland, xulosa qilishga shoshilmay, bir-ikki kun bu «xira yulduzcha»ni e'tibor bilan kuzatganda edi, u Neptunni Leverye va Galle yarim asr oldin topgan bo'lardi!

Neptun Uranidan birozgina katta bo'lib, uning diametri 50 ming 100 kilometrdir. Zichligi har kub santimetrda 1,6 gramm. Quyoshdan o'rtacha uzoqligi 30,1 astronomik birlik. Massasi Yernikidan 17,2 marta katta. Planetaning orbital tezligi sekundiga 5,5 kilometr bo'lib, Quyosh atrofida aylanish davri 164 yil-u 280 kun. Neptun o'z o'qi atrofida 15,8 soatda bir marta aylanib chiqadi.



**97- rasm.** Neptunning ichki tuzilishi hozircha shunday tasavvur qilinadi.



**98- rasm.** Neptunning yo'ldoshlari (o'rtada eng yirik yo'ldoshi – Triton).

Spektroskopik kuzatishlar Neptunda vodorod va metan borligini ma'lum qildi. Planeta zichligining Yupiter va Saturn zichligidan ortiqligi uning tarkibida og'irroq elementlar mavjud, degan xulosaga olib keldi (97- rasm).

1846- yili astronom Lassel Neptunning katta bir yo'ldoshini topdi va unga dengiz xudosi Poseydonning o'g'li Triton nomini berdi. Triton juda massiv bo'lib, diametri 4500 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 planetaning boshqa bir yo'ldoshini Koyper topdi va unga qadimgi greklarning sevgi xudosi Nerey qizining nomi – Nereida berildi. Uning diametri atigi 300 kilometr. Topilgan jami yo'ldoshlarning soni 8 ta.

Neptunning 1989- yilda ungacha yetgan «Voyajer-2» KA tomonidan topilgan bir necha yo'ldoshi 98- rasmda keltirilgan.



1. Neptunni ochilish tarixi qanday bo'lgan? Nega uni «qalam uchida topilgan planeta» deyishadi?
2. Qanday avtomatik stansiyaning «oyog'i» Neptungacha yetdi? Qachon?
3. Neptunning ichki tuzilishi haqida qanday tasavvurga egasiz?
4. Neptunni nechta yo'ldoshi bor?



## 10- §. Mitti planetalar va mayda osmon jismlari

**Pluton** — mitti planetalarning yirik vakili. Leveryening muvaffaqiyatidan ilhomlangan ingliz astronomi Forbs 1880- yildayoq, Neptundan uzoqda ham Quyosh oilasining a'zolaridan bo'lishini gumon qilib, uning o'rnini hisoblashga kirishdi. Murakkab hisoblashlar natijasida astronom noma'lum planeta-ning ayni paytda o'rni (planetalar yulduzlar fonida siljib yuradi) Taroz (Mizon) yulduzlar turkumida yotishini aniqladi. Forbs uni qidirib bir necha tunlarni uyqusiz o'tkazdi, so'ngra qo'lda lupa bilan fotoplastinkalardan tashqi planetaning «avtografi»ni tinim bilmay izladi. Biroq barcha urinishlar foydasiz bo'lib chiqdi. Neptun ortidagi planeta ko'zga ilinmadi.

Asrimizning boshida transneptunning o'rni bilan astronom P.Lovell qiziqdi. Uning matematik hisoblashlari shu qadar murakkab ediki, bu hisoblashlar oldida Leveryening hisoblashlari oddiy arifmetik hisoblashlar edi. Biroq olingan fotoplastinkalarda planetani ko'rish Lovellga ham nasib qilmagan ekan, u 1930- yili vafot qildi. Xuddi shu yili 13- martda Lovell observatoriyasining yosh astronomi K.Tombo olingan fotoplastinkalardan uni qidirib topdi va Lovellning hisoblab topgan planeta o'rni juda katta aniqlikka ega ekanligiga ishonch hosil qildi. Afsus qiladigan joyi shunda ediki, Lovell vafot qilgach, u olgan fotografiyalar sinchiklab tekshirilganda, ularning bir nechtasida Pluton qayd qilinganligi ma'lum bo'ldi. Aftidan, Lovell planeta ravshan ko'rinishi kerak degan gumon bilan Plutonning xira yulduzcha ko'rinishidagi tasvirini e'tiborsiz qoldirgan.

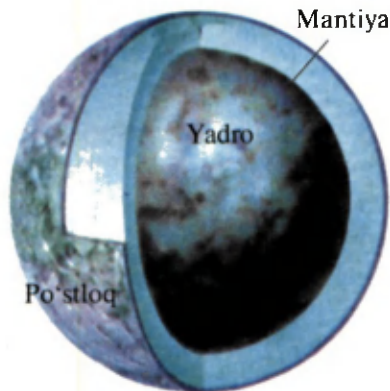
Pluton ko'z ilg'aydigan eng xira yulduzlardan ham 4 ming marta xira ravshanlikka ega. Uning orbitasi juda cho'zinchoq ellips shaklida bo'lib, perigeliyda (Quyoshga eng yaqin kelganda) Quyoshga Neptundan ham yaqinroq keladi, afeliyida (orbitasining Quyoshdan eng uzoqdagi nuqtasida) Neptun orbitasidan sal kam 3 milliard kilometr nariga ketadi. Planetaning Quyoshdan o'rtacha uzoqligi 5,9 milliard kilometrni (39,5 astronomik birlik) tashkil etadi. Agar bunday katta masofadan turib Quyoshga nazar tashlansa, u kichkina yorituvchi nuqtaga aylanib, planeta sirtini Yer sirtiga nisbatan qariyb 1600 marta kam yoritishi aniq bo'ladi. Sirtida temperaturasi  $-220^{\circ}\text{C}$  atrofida





bo'lgan bu planetaning fizik tabiati ham shu tufayli yaxshi o'rganilmagan.

Plutonning diametri aniq o'lchanganicha yo'q. Hisoblashlar u 2500 kilometr dan katta emasligini ko'rsatadi. Uning ravshanligi 6,4 kunlik davr bilan o'zgarib turadi va bu vaqt planetaning aylanish davri deb qabul qilinadi. Planetaning ichki tuzilishi 99- rasmda keltirilgan. Uning diametri 1770 km li yadrosi, asosan tosh jinslar va muzdan tashkil topgan. Uning ustida



99- rasm. Pluton va uning ichki tuzilishi.

~240 km li suv-muzli mantiya qatlami mavjud bo'lib, planeta sirti bir necha km qalinlikdagi muzlagan metan bilan o'ralgan.

Bu planetaning o'z orbitasi bo'ylab tezligi, barcha boshqa planetalarnikidan kam bo'lib, sekundiga 4,7 kilometr. Pluton yilining uzunligi esa 248 Yer yilini tashkil qiladi.

Pluton orbitasining tekisligi Yer orbitasi tekisligi bilan juda katta  $-17^\circ$  li burchak hosil qiladi. Natijada u harakati davomida, ma'lum davrga, boshqa planetalardan farqli o'laroq, zodiak yulduz turkumlari sohasidan chiqib ketadi.

Ayni paytda, XAI ning 2006- yil avgust oyidagi Bosh Assembliesida Quyosh sistemasi jismlarining sinflashtirilishi o'zgartirilib, planetalar soni 7 taga tushirildi, Pluton esa yangi — mitti planetalar sinfiga kiritildi. Bu sinfga ilgari mayda planeta sanalgan Serera (11- § ga qarang) va 2004- yili Spitser kosmik teleskopi (AQSH) yordamida topilgan hamda diametri  $\approx 2000$  km bo'lgan Sedna deb nom olgan mayda planeta ham kiradi. Uning orbitasi juda cho'zinchoq ellips bo'lib, Quyoshdan uzoqligi 10 mlrd km dan 130 mlrd km gacha o'zgaradi.



1. Pluton planetasi XAI Bosh Assembliesining qaroriga ko'ra Quyosh sistemasi obyektlarining qaysi sinfiga kiritildi?
2. Pluton va boshqa mitti sayyoralarga barcha ma'lumotlar aniqmi?
3. Plutonning yo'ldoshi bormi?

**11- §. Mayda planetalar (asteroidlar)**

1596- yili bosilgan «Kosmografiya sirlari» asaridayoq, Iogann Kepler Mars bilan Yupiterning orasida yana bir planeta bo'lishi kerak degan gumon bilan chiqqan edi. Keplerning bu gipotezasi 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'qlarning yuqoridagi formula yordamida topilgan qiymatlari, ularning Quyoshdan haqiqiy uzoqliklari bilan solishtirilgan.

2- j a d v a l

T/r	Planeta	$n$	Planetaning Titsius formulasiga ko'ra hisoblangan katta yarim o'qi (a.b.)	Planetaning Quyoshdan haqiqiy o'rtacha 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'r-



satdi. Shundan so'ng bu qonuniyat Titsius–Bode qonuni nomi bilan dunyoga mashhur bo'ldi. Natijada, bu qonuniyatga ko'ra Mars bilan Yupiterning oralig'ida Quyoshdan o'rtacha 2,8 astronomik birlik masofada yana bir planeta bo'lishiga endi ko'pchilik astronomlar shubha qilmaydigan bo'lishdi.

To'rt yillik sistemali qidiruv ijobiy natija bermadi. Birinchi bo'lib, Quyoshdan taxminan 3 a.b. masofadan joy olgan planetani Palermo (Sitsiliya) observatoriyasining direktori Juzeppe Piatsi 1801- yilning 1- yanvar kechasi Savr yulduz turkumidan topdi.

Piatssi planetani bir oycha kuzatgach, yanvarning oxirlarida o'z kashfiyoti haqida Berlinga va Milanga (Italiya) xat yo'lladi. Bu davrda Napoleon urushi avjga chiqqani bois, uning xatlari martning oxiri, aprelning boshlarida ko'zlagan manzillariga zo'rg'a yetib bordi. Biroq bu oylarda Piatssining topgan birinchi mayda planetasi Quyoshga yaqinlashib, uning shafag'ida ko'rinmay qoldi. Ko'p urinishlardan so'ng, 1801- yilning oxirgi tuni yana yangi yil kechasi «yo'qolgan» bu planetani nemis astronomi Olbers Sunbula yulduz turkumidan qayta topdi. Unga Serera deb nom qo'yishdi. Ilgari yirik mayda planeta nomi bilan mashhur Serera ham XAI ning qarori bilan mitti sayyoralar sinfiga kiritildi. 1802- yil 28- martda berlinlik astronom Olbers Sererani qayta kuzatayotib, uning yaqinida yana bir tanish bo'lmagan yulduzchaga ko'zi tushdi. Ikki soatlik kuzatish bu obyektning yulduzlar fonida siljishini ma'lum qildi. Natijada Quyosh oilasiga yana bir mayda planeta qo'shildi va u Pallada deb nom oldi. Garchi Pallada orbitasining katta yarim o'qi ham 2,8 a.b. kattalikka ega bo'lsa-da, biroq uning orbita tekisligi Yer orbitasi tekisligiga juda katta burchakka –  $34^\circ$  ga og'ishgan holda ekanligi ma'lum bo'ldi.

1804- yil 2- sentabrda Hut yulduz turkumida astronom Garding keyinchalik Yunona deb nomlangan mayda planetani, 1807- yil 29- martda esa Olbers to'rtinchi asteroid – Vestani topdi.

Shundan so'ng, Mars bilan Yupiterning oralig'ida qadimda noma'lum bir planeta halokatga uchragan degan gipotezaga astronomlar yanada ko'proq ishonch hosil qila boshladilar. Bu esa, o'z navbatida, hali Mars bilan Yupiter oralig'ida «tesha tegmagan»



mayda planetalar ko'p degan xulosani berdi. O'nlab astronomiya ishqibozlari tunlarni bedor o'tkazib, mitti planetalarga «qarmoq tashlashda» davom etdilar. Biroq bu urinishlarning ko'pi befoyda ketdi. Faqat 1845- yilga kelib 15 yillik tinimsiz izlanishlar astronomiya «ishqibozi» – pochta chinovnigi Karl Genkeni yangi asteroid bilan mukofotladi. Beshinchi, bu mayda planeta Astrei deb nomlandi. Bu hodisadan so'ng mitti planetalarning ochilishi tezlashib ketdi. Keyingi o'n yilda ularning soni 36 taga, 1890- yilga kelib esa 302 taga yetdi.

Dastlab mayda planetalar qadimgi rim afsonalarining qahramonlari, xudolarning nomlari bilan yuritildi. So'ngra ularning soni juda ko'payib ketgach, ular 45- sidan boshlab, oddiy ayollarning nomi bilan, keyinroq esa asteroidlarga *Filosofiya*, *Geometriya*, *Yustitsiya* kabi faniy nomlar hamda geografik nomlar beriladigan bo'ldi.

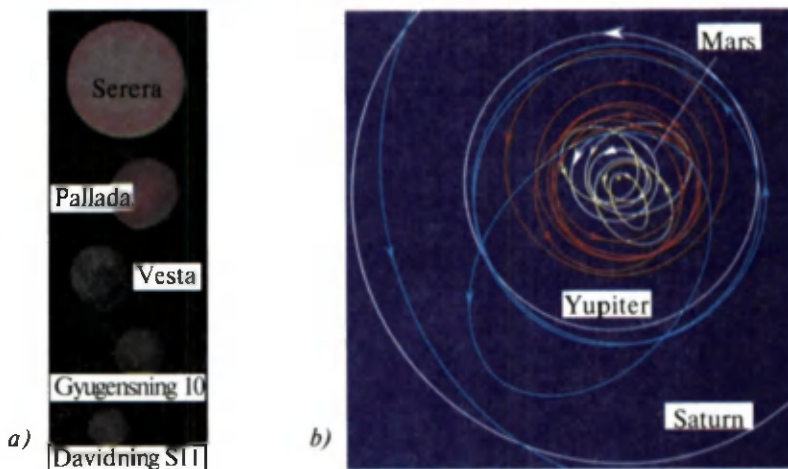
Urush yillarida Kitob xalqaro kenglik stansiyasida ishlagan Semeiz (Qrim) observatoriyasi xodimi, professor G.Neuymın topgan asteroidlardan biriga (1351- sonlisiga) «O'zbekistoniya» deb nom bergan.

Mayda planetalarga tegishli yana bir qiziq gap shundaki, ularning ko'pi topilgach, orbitalarini hisoblashga ulgurmay turib yo'qotib qo'yiladi. Shu xilda «yo'qolgan» mitti planetalarning soni mingdan ortiq. XX asrning birinchi besh yilligi (1901–1905- y.) oralig'ida topilgan 300 ta mayda planetadan 179 tasi yo'qotib qo'yildi, 1936–1940- yillar davomida topilgan 1176 asteroiddan esa ro'yxatda atigi 136 tasi mustahkam joy oldi.

Buning oldini olish uchun 1873- yildayoq Berlin hisoblash instituti tashkil etildi va u, to 1945- yilga qadar mitti planetalarni tadqiq qilish markazi bo'lib xizmat qildi. Urushdan keyin bu vazifani 1920- yilda tashkil etilgan Sankt-Peterburg nazariy astronomiya instituti o'z zimmasiga oldi. Bu institutning osmon jismlari orbitalarini hisoblashga tegishli jadvallari butun dunyo astronomik observatoriyalari tomonidan foydalaniladi.

Orbitalari hisoblanib, mayda planetalarning ro'yxatidan mustahkam joy olgan asteroidlarning soni hozirga kelib 2000 dan ortib ketgan.

Asteroidlar ichida eng yiriklarining o'lchamlari ham Yer radiusi bilan solishtirganda juda kichik chiqadi (100- *a* rasm). Ulardan eng yiriklari – *Serera* (ko'ndalang kesimi –1000 km), *Pallada* (610 km), *Vesta* (540 km) va *Gigeya* (450 km). Faqat 14 ta



**100- rasm.** a) taniqli mayda planetalarning solishtirma o'lchamlari (M 1 sm : 500 km); b) bir guruh mayda planetalarning orbitalari.

mayda planetaning ko'ndalang kesimi 250 km dan ortiq, qolganlari esa ancha kichik, eng kichigining kesimi 1 km atrofida (Germes). Asteroidlarning massalari  $1,4 \cdot 10^{21}$  kg dan (Serera), ya'ni Yer massasidan 4,4 ming marta kichik, to  $10^{12}$  kg (Germes) gacha borib, o'rtacha zichligi  $2 \text{ g/sm}^3$  dan (toshli asteroid) to  $7-8 \text{ g/sm}^3$  gacha (temir-nikelli asteroid) boradi. 100- b rasmda bir guruh asteroidlarning Quyosh atrofidagi orbitalarining o'zaro joylashishi tasvirlangan.

Asteroidlardan Ikar, Germes, Eros va Adonislar Yerga davriy ravishda yaqinlashib turadi. Bunda ular Yerga 6 mln. km dan 23 mln. km gacha yaqinlashib, Yer uchun katta xavf tug'diradi.

Biroq asteroidlarning Yerga, davriy ravishda bunday yaqinlashib turishidan tashvishga tushishga hojat yo'q. Chunki bunday asteroidlarning orbitalarining hisob-kitobi bilan Xalqaro Astronomik Ittifoqning bir guruh olimlari doimiy shug'ullanishadi. Binobarin, planetamiz bilan biror asteroidning to'qnashish ehtimoli ro'y berishini ular bir necha yil oldindan ogohlantira oladilar. Bunday ogohlantirish asosida, planetamiz Yerni asteroid bilan halokatli uchrashuvdan asrab qolishning turli yo'llarini olimlarimiz allaqachon topib qo'yganlar.



1. Titsius qonuni planetalar orbitasiga tegishli qanday parametрни hisoblaydi?
2. Mayda planetalarning orbitalari mavjud qaysi planetalar oralig'ida yotadi?
3. Birinchi mitti planeta Plutonni kim topgan? Uning o'lchami qanday?
4. Qaysi mayda planetalar davriy ravishda Yerga yaqinlashib turadi?
5. Mavjud asteroidlardan «ro'yxatdan o'tgani» taxminan qancha?

## 12-§. Kometalar («dumli yulduzlar»)

«Kometa» – yunoncha so'z bo'lib, «sochli» degan ma'noni anglatadi. Kometalarga «sochli» yoki «dumli yulduzlar» degan nom ularning Quyosh yaqinida o'tayotgandagi ko'rinishlariga ko'ra berilgan bo'lib, aslida harakatlari davomida ularning ko'rinishlari keskin o'zgarib boradi. Xususan, kometa Quyoshdan juda uzoq masofada bo'lganda (u paytda kometa planetamizdan ham uzoq masofada turadi), uning asosiy massasi mujassam-



101- rasm. «Dumli yulduz» – kometaning ko'rinishi.

lashgan *yadro* deb ataluvchi qismi xira yulduzcha shaklida ko'zga tashlanadi. U Quyoshga yaqinlashgan sayin yadro atrofini *koma* deyiluvchi siyrak gaz buluti o'raydi. Shuningdek, bu davrda komadan Quyoshga qarama-qarshi tomonga qarab ravshan «dum» cho'ziladi (101-rasm).

Kometa Quyoshga yaqinlashgan sayin kometaning diametri va «dumi»ning uzunligi orta boradi. Qizig'i shundaki, diametri million kilometrgacha tartibdagi kometa yadrosini o'rovchi koma ham va uzunligi bir necha yuz million kilometrgacha yetadigan «dum» ham kattaligi – atigi bir



necha kilometr keladigan yadrodan, u Quyosh temperaturasidan «bahramand» bo'lgach, ajraladi.

Kometaning yadrosi koma bilan birgalikda uning *boshi* deyiladi. «Bosh» va «dum»dan tashkil topgan bu antiqa «yulduz» o'zini fanga hozirgidagidek tanishtirgunga qadar, o'z ko'rinishi bilan odamlarni ko'p tashvishga solgan osmon jismlaridan hisoblanadi.

Hatto XVII asrda G'arbda tarqalgan «Mo'jizalar tarixi» to'plamida ham «dumli yulduzlar» xudo g'azabining elchilari deb talqin qilingan. Xususan, eslatilgan «tarix»da shunday so'zlar bitilgan edi. «Kometa baxtsiz hodisalarning aniq belgisi bo'lib xizmat qiladi. Har doim kishilar Oy tutilishini, kometani ko'rishgach, Yerning qimirlashi, suvning qonga aylanishi va shunga o'xshash baxtsizliklar ro'y berib, shundan so'ng ko'p o'tmay dahshatli voqealar – qon to'kishlar, odam o'ldirishlar, buyuk monarxlarning o'limi, sotqinliklar, imperiya va qirolliklarning barbod bo'lishi, ochlik, qimmatchilik, xullas bir so'z bilan aytganda, insoniyatni baxtsizlik o'z iskanjasiga oladi. Shuning uchun ham hech kim qiyomat va dahshatli suron yaqinlashayotganligidan, aniqrog'i, ostonada turib eshik qoqayotgandan darak beruvchi samoning bu elchilari va mo'jizalariga shubhalanmasligi kerak».

Yaqin-yaqin yillargacha ham kometa baxtsizlik elchisi deyilganlar topilib turardi. Fanda esa salkam XVI asrning oxirlariga qadar kometalar Yer atmosferasining yashin yoki quth yog'dusi kabi hodisalaridan biri deb qaralar edi. 1577- yili mashhur daniyalik tadqiqotchi, astronom Tixo Brage kuzatishlar asosida kometalar – planetalar orasida harakatlanuvchi osmon jismlari ekanligini tasdiqladi. Shundan so'ng ko'p o'tmay, 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.

Kometa ko'rinishlarining o'zgarishida uning harakat trayektoriyasini o'rganish muhim rol o'ynaydi. Bu borada Brage va Keplerdan so'ng taniqli polyak astronomi Geveliyning xizmati katta bo'ldi. Kometalar haqidagi o'z tadqiqotlari asosida Geveliy kometalarning trayektoriyasi egri chiziqdan iboratligini aniqladi.



1681- yili Georg Derffel kometalarning orbitalari parabola ko'rishida bo'lib, ularning fokusida Quyosh turishini aniqladi. Biroq kometalar harakatining parabolik orbitalar bo'ylab kuzatilishini buyuk ingliz fizigi Nyuton isbot qildi.

Kuzatilgan barcha kometalarning orbitalarini boshqa bir ingliz olimi, Nyutonning shogirdi – Edmund Galley hisobladi. U 1337- yildan 1698- yilgacha davrda kuzatilgan 24 ta kometa haqida ma'lumot yig'ib, ularning orbita elementlari aks etgan katalogni 1705- yilda nashr qildirdi.

Qizig'i shunda ediki, bu kometalardan uchtasining, 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 ko'p yanglishmagan edi. Galley bashorat qilgan «dumli yulduz» 1759- yilning 12- martida perigeliydan o'tdi. Kometani hammadan oldin – 1758- yilning 25- dekabrda Drezden atrofida yashovchi dehqon – astronomiya ishqibozi G.Palich ko'rdi. Fransiyada birinchi bo'lib kometani 1759- yilning 21- yanvarida Parij Dengiz observatoriyasining xodimi Messye ko'rdi.

Shunday qilib, Galleyning bashorati qoyilmaqom bo'lib tasdiqlandi. Bu esa, o'z navbatida, Nyutonning tortishish qonunining haqligini isbotladi. Natijada, Quyosh sistemasining a'zosi ekanligi tasdiqlangan kometa uning kashfiyotchisi sharafiga Galley deb ataladigan bo'ldi. 102- rasmda Galley kometasining 1986- yilda Quyosh yaqinidan navbatdagi o'tishi paytida O'zbekiston FA Astronomiya instituti xodimlari tomonidan olingan fotografiyasi aks etgan.

Hozirgi zamon kometa astronomiyasining asoschilaridan sanalgan, rus tadqiqotchisi F.A.Bredixin XIX asrning ikkinchi



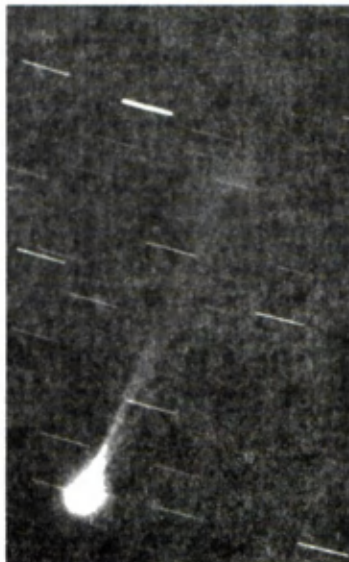


yarmida barcha asosiy kometa hodisalarini tushuntira oladigan ixcham mexanik nazariyani yaratdi. Bu nazariyaga ko'ra, Quyoshning kometaga ta'sir etuvchi tortishish kuchidan bir necha marta ortiq kattalikka ega bo'lgan itarish kuchi ham borligi topildi. XIX asrning o'rtalaridayoq ingliz fizigi J. Maksvell nurning oqimi uning yo'lga qo'yilgan to'siqqa bosim bilan ta'sir qilishini nazariy yo'l bilan aniqladi. Biroq bu bosimning miqdori nihoyatda kichik bo'lib, uni tajribada ko'rsatish juda katta san'at talab qilar edi. 1900- yili rus olimi N.N. Lebedev tomonidan bunday nozik tajriba qoyilmaqom qilib bajarildi. Ma'lum bo'lishicha, nurning bosimi haqiqatan ham mavjud bo'lib, ayniqsa siyrak gaz molekullari yoki mayda chang zarrachalariga bo'lgan uning qiymati sezilarli darajada katta ekan.

Nurning bunday bosimiga tayanib, kometa dumidagi siyrak gazlarning Bredixin bashorat qilgan itaruvchi kuchlar ta'sirida Quyoshdan teskari tomonga cho'zilishini tushuntirish qiyin bo'lmadi.

Kometalarning yadrosi muzlagan gazlar va ularga yopishgan turli o'lchamdagi chang, tosh va metall zarrachalardan tashkil topadi. Muzlagan gaz aksariyat holda ammiak, metan, karbonat anhidrid, 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. Quyoshning ultrabinafsha nurlari komani tashkil etgan gaz molekullarini «uyg'otadi». Natijada komaning spektrida uni tashkil etgan neytral gazlarning (azot, sian, karbonat anhidrid, metan va boshqalar) yorug' tasmlari paydo bo'ladi.

Kometalarning dumlari, eslatilganidek, Quyosh nurlarining bosimi va Quyosh «shamoli» (korpuskular zarrachalarining



102- rasm. 1986- yilda Galley kometasining Quyosh yaqinidan o'tishi.



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 kun sayin cho'zila boradi.

Kometaning dumini tashkil etgan gaz va chang, odatda, juda siyrak bo'ladi. Quyoshning ultrabinafsha nurlari ta'sirida gaz molekullari ionlashadi va parchalanib nurlanadi. Shuning uchun ham bunday gazli dumlarning spektrida ionlashgan azot, karbonat anhidrid va is gazining emission chiziqlari paydo bo'ladi.

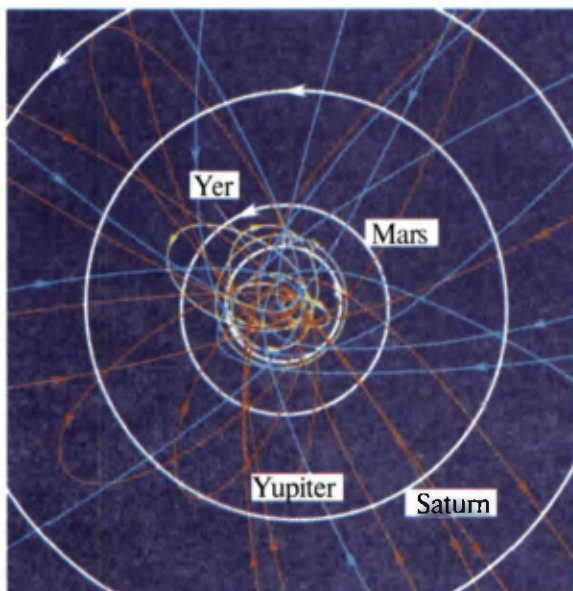
Changli kometa dumlarining spektri Quyosh nurlarini qaytargani tufayli Quyosh spektri bilan bir xil bo'ladi.

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  $10^{-12} - 10^{-13} \text{ g/sm}^3$  ni tashkil qiladi. Kometa bosh qismining diametri, uning massasi va Quyoshdan uzoqligiga ko'ra 25 ming km dan (xira kometalarda) 2 mln. km gacha (ravshan kometalarda), dum qismi esa 150 mln. km gacha boradi. Kometalarga tegishli bu ma'lumotlarning ko'pchiligi 1986- yilda Quyosh yaqinidan Galley kometasining navbatdagi o'tishida «Jotto» (Buyuk Britaniya), «Planeta» (Yaponiya) va «Vega» (sobiq Ittifoq) avtomatik stansiyalari yordamida qo'lga kiritildi.

Oddiy ko'zga ko'rinadigan kometalar juda kam uchrab, har bir necha yilda bittaga to'g'ri keladi. Biroq teleskoplar yordamida astronomlar deyarli har yili ularni kuzatishadi.

1950- yilga qadar 1500 dan ortiq kometa qayd qilindi, shulardan 400 ga yaqini teleskoplar ixtiro qilingunga qadar, qolganlari esa teleskoplar yordamida ochilgan.

Astronom Boldenning «Кометы до начала 1948 года» kitobida 1619 ta kuzatilgan «dumli yulduz» haqida ma'lumot keltirilgan. Agar 1948- yildan to 1972- yilgacha kuzatilgan kometalar bu songa qo'shilsa, kuzatilgan kometalarning soni 1834 taga yetadi. Albatta, bularning ichida qurollanmagan ko'z bilan kuzatilganlari juda kam miqdorni tashkil qiladi. Davriy kometalardan bir guruhining Quyosh atrofida aylanish orbitalari 103- rasmda keltirilgan.



**103- rasm.** «Dumli yulduz»lardan bir guruhining Quyosh atrofidagi orbitalari.

Kometalar qayerda «tug‘iladi»? Bu savol kometalar masalasida hali to‘la yechilmagan, jumboqlarga boy savollardan hisoblanadi. Birinchi bo‘lib bunday savolga Laplas javob berishga harakat qildi. U o‘zining «Olam sistemasining bayoni» asarida kometalar «... tumanliklarning tashkil etgan moddalaridan vujudga kelib, Quyosh sistemasiga tashqaridan keladi» deb yozgan edi.

1929–30- yillarda rus olimi S.K.Vsexsvyatskiy qisqa davrli kometalarning har daf’a navbatdagi ko‘rinishlarida, ravshanliklarining o‘zgarishi asosida ularning yoshi bir necha o‘nlab yildan bir necha yuzlab yilga teng bo‘lishi mumkinligini aniqladi. Bu dalillar, o‘z navbatida, qisqa davrli kometalar Yupiter sistemasining chegarasida tug‘ilishidan darak beradi. Bu dalillarga tayangan holda, o‘z tadqiqotlari asosida S.Vsexsvyatskiy qisqa davrli kometalar, Yupiter yoki uning yo‘ldoshlaridan uloqtirilgan materiyadan tashkil topadi degan gipotezani o‘rtaga tashladi. Biroq ko‘plab parabolik orbitaga ega bo‘lgan uzun davrli kometalarning paydo bo‘lishini bunday gipoteza asosida tushun-



tirib bo'lmazligi, ular Quyosh sistemasiga tashqaridan kelishi haqidagi gipotezani qabul qilishni taqozo qiladi.

Golland astronomi Y.Oort yaqinda o'tkazilgan o'z tadqiqotlari asosida, bunday kometalarning manbayi — Quyosh sistemasini o'rovchi va Quyoshdan qariyb 20 ming astronomik birlikka qadar cho'zilgan chegara ichida yotuvchi ulkan hajmli kometa bulutlaridir, degan xulosaga keldi.

Ko'pchilik «dumli yulduzlar» orbitalarining perigeliylari Quyoshdan va Yerdan juda uzoqda yotganliklari tufayli ularni ko'rib bo'lmaydi. Bunday o'ta uzun davrli kometalar doimo muzlagan holatda bo'lganliklaridan, orbitalarini milliardlab yillar davomida o'zgartirmay yashashlari mumkin. Biroq, hisoblashlar yaqin joylashgan «dumli yulduz»larning ayrimlari Quyosh sistemi planetalarining ta'siri oqibatida vaqt o'tishi bilan Quyosh sistemasini butunlay tashlab ketadigan parabolik orbitalarga o'tib ketishlari ham mumkinligini ko'rsatadi.



1. «Kometa» qanday ma'noni anglatadi?
2. «Dumli yulduzlar» haqiqatan ham yulduzmi?
3. Birinchi davriy kometa kim tomonidan va qanday aniqlangan?
4. Kometalarning tuzilishini bayon qiling.
5. Kometalar dumining Quyoshdan teskari tomonga cho'zishining sababi nimada?
6. Ularning yadrosi nimadan tarkib topgan? Dumi-chi?
7. Galley kometasi haqida nimalar bilasiz?

### 13- §. Meteorlar («uchar yulduzlar») va meteor «yong'irlari»

Tunda chiroyli iz qoldirib «uchgan yulduz»larni kim ko'r-magan 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 milligrammlarda o'lchanadi. Ular Yerga yaqinlashgach, planetamiz atmosferasiga sekundiga 10 kilometrdan 70–80 kilometr-gacha tezlik bilan kiradilar. Shubhasiz, bunday katta tezlik-dagi tosh zarrachasi atmosfera molekullari bilan ishqalanib



cho'g'lanadi va uchish davomida juda tez yemiriladi. Fanda *meteorlar* deb yuritiluvchi «uchar yulduz»lar yo'lining uzunligi bu osmon jismlarining kattalıkları bilan bog'liq bo'lishi o'z-o'zidan tushunarli.

Meteor zarralar qanday vujudga keladi, ularning manbalari qayerda, degan tabiiy savol tug'iladi. Gap shundaki, ayrim kometalar, Quyosh sistemasining boshqa osmon jismlaridan farq qilib, vaqt o'tishi bilan parchalanadi. Kometa har daf'a Quyosh yaqinidan o'tayotib, yadrosiga tegishli bir qism gaz va changni yo'qotadi. Kometa yadrosida bu gaz va changlarning zaxirasi chegaralanganligini e'tiborga olsak, ma'lum davrdan so'ng «dumli yulduz»lar boshsiz va dumsiz qolishlarini tushunish qiyin bo'lmaydi. Perigeliydan o'tayotgan kometaning dumsiz va komasiz bo'lishi uning «qariligi»dan darak beradi. Ma'lum kometa qancha vaqtdan so'ng o'z yadrosidagi gazni sarflab bo'lishini hisoblash mumkin bo'lib, xuddi shu xildagi hisoblashni 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 so'ng gaz zaxirasidan ajralajagini ma'lum qildi.

Astronom S.K.Vsexsvyatskiy o'z tadqiqotlari asosida, davriy kometa har daf'a Quyosh yaqinidan yangidan o'tayotganda uning ravshanligining kamayishini aniqladi. Bunday dalil ham nisbatan qisqa vaqt ichida kometaning gaz zaxirasi kamayib ketishidan darak beradi. Aslida kometa gaz zaxirasidan ajralgandan keyin ham changli dum hosil qilib, «sochli» degan nomni anchaga oqlab yuradi. Kometaning butunlay parchalanib ko'zdan yo'qolishi boshqa bir jarayonning — mexanik parchalanishning oqibatida bo'ladi. Mexanik parchalanish Quyosh yaqinidan o'tayotgan juda ko'p kometalarda kuzatilgan. Xususan, 1846- yilda kuzatilgan Biela kometasi Quyosh yaqinidan o'tayotib ikki bo'lakka ajralgan. Navbatdagi 1857- yili ko'rinishida, bu bo'laklarning biri ikkinchisidan ikki million kilometrga uzoqlashgan va shundan keyin to shu paytgacha, har qancha urinishlarga qaramay, bu kometa hech kim tomonidan kuzatilmagan. 1872- yili mazkur kometaning Yerga juda yaqin oraliqda o'tish paytida kometa o'rnida kuchli «meteor yomg'iri» kuzatilgan (104- rasm).



**104- rasm.** Meteor «yomg'iri».

1950- yili olim D.D.Dubyago parchalangan kometa yadrolarining meteor oqimlarining vujudga kelishidagi rolini chuqur o'rganib chiqdi. Uning hisob-kitobining ko'rsatishicha, kometa yadrosini «tashlab qochgan» meteor zarralarining buluti Quyosh beradigan ko'tarilish kuchi ta'sirida ham cho'zilib, ham kengaya boradi va bir necha ming yillardan so'ng kometa orbitasi bo'ylab bir tekis taqsimlanib qoladi. Parchalangan kometalarning qoldiqlari kelgusida meteor oqimlarini tug'dirish dalillarida yaxshi tasdiqlandi.

Buning uchun parchalangan kometa orbitasi va yillik davr bilan kuzatiladigan meteor oqimlarining yulduzlar ichidagi o'rnini solishtirish kifoya. Shunday solishtirish natijasida har yili avgust oyida kuchayadigan «meteor



**105- rasm.** Ajarharo yulduz turkumiga proyeksiyalanadigan Drakonid «meteor yomg'iri».



yomg'irlari»dan biri – Perseid meteor oqimi, «1862 III» deb nomlangan parchalangan kometa yadrosining zarrachalari tomondan hosil qilinishi aniqlandi. Mashhur Galley kometasi ham ikkita – Orionid deb nom olgan Orion yulduz turkumidagi va may oyida kuzatiladigan Akvarid yulduz turkumlaridagi meteor oqimlarini vujudga keltiradi. Shu xildagi «meteor yomg'iri»dan o'nga yaqini fanga ma'lum.

105- rasmda har yili 8–12- oktabr kunlari tunda Ajdarho yulduz turkumida proyeksiyalanib ko'rinadigan chiroyli Drakonid «meteor yomg'iri» tasvirlangan.



1. «Uchar yulduzlar»ning yulduzlarga daxli bormi?
2. Yonib uchayotgan bu «yulduzlar» aslida nima?
3. «Uchar yulduzlar» yomg'iri qanday hodisa?
4. «Uchar yulduzlar» bilan parchalanib tugagan kometalar orasida qanday bog'lanish bor?
5. Meteorlar «yomg'iri»ga Liriidlar, Drakonidlar, Leonidlar degan nomlar nimaga asoslanib berilgan?

## 14- §. Meteoritlar

Ba'zan samoning «daydi» toshlari ancha katta bo'lib, Yer atmosferasi qatlamidan o'tayotganda yonib ulgurmaydi va *bolid* ko'rinishida yer sirtiga tushadi (106- rasm). Ular *meteoritlar* degan nom bilan yuritiladi. Meteoritlar asosan toshdan, temirdan, tosh-temirdan va ba'zan muzdan iborat bo'ladi.

Tarixda kishilar bir necha bor osmon jismlarining Yerga «tashrif» buyurgan «vakili» muzdan iborat bo'lganini ko'rishgan. Xuddi shunday hodisadan biri Kiyev viloyatida kuzatilgan: 1970-yilning 8- mayida Yagotina shahrida bulutsiz ochiq havodan kattagina muz parchasi yerga urilib, bir necha bo'lakchalarga parchalanib ketgan. Bo'laklarning umumiy og'irligi, tortilganda, 15 kilogrammga yetgan.

Buyuk Karl zamonasining qo'lyozmalaridan birida esa osmondan kattaligi sal kam uydek keladigan muz parchasi tushganligi haqida yoziladi. 1908- yili Sibir taygasiga «mehmon» bo'lgan boshqa bir osmon jismining nimadan iborat bo'lganligini aniqlash olimlar orasida o'n yillab cho'zilgan tortishuvga sabab bo'lib, hozirgacha ham sirliligini saqlamoqda.



a)



b)

**106- rasm.** a) Yer sirtiga tushayotgan meteoritning osmonda qoldirgan izi – bolid; b) mazkur meteorit tushgan (30.06.1938) joyda, portlash oqibatida qulagan daraxtlar (rasm 1978- yilda olingan).

Sibir «mehmoni» Podkamennaya Tunguska daryosining o'ng qirg'og'ida joylashgan Vanovare qishlog'idan yuz kilometrcha shimoli-g'arbga ertalab, Quyosh biroz ko'tarilganda «tashrif» buyurdi. Yerni kuchli larzaga solib, planetamizga «qadam ranjida» qilgan bu osmon jismi keyinchalik Tungus meteoriti nomi bilan fanda keng tanildi.

Hisoblashlarning ko'rsatishicha, planetamizga yiliga 500 dan ortiq bunday toshlar «tashrif» buyuradi. Biroq Yer yuzining qariyb 70 protsenti suv bilan qoplanganligini e'tiborga olsak, bu toshlardan 350 ga yaqini dengiz va okean tublaridan joy olib, izsiz yo'qolishlari ma'lum bo'ladi. Qolganlari quruqlikka tushadigan 150 toshning hammasi ham aholi yashaydigan joylar atrofiga tushavermaydi albatta, shuning uchun osmon «mehmonlari»ni ko'rish har kimga ham nasib bo'lavermaydi.

1947- yilning 12- fevral kuni boshqa bir osmon toshi – Sixote-Alinsk meteoritining tushishiga Uzoq Sharqdagi Iman shaharchasida istiqomat qiluvchi rassom Medvedev guvoh bo'ldi. Uning ma'lum qilishicha, olov shar orqasidan burqsigan tutun-





dan iz qoldirib va turli tomonlarga uchqunlar sochib, katta tezlik bilan gorizont tomonga uchdi. Olov shar gorizontdan yo'qolgandan so'ng u tomondan juda kuchli portlash tovushi eshitildi. Keyingi yillarda bu temir meteoritni o'rganish yuzasidan uyushtirilgan ilmiy ekspeditsiyalar bu «osmon mehmoni» yer sirtiga tushishdan oldinroq havoda parchalanganini va uning parchalaridan hosil bo'lgan voronkalar bir necha kvadrat kilometrli maydonni egallaganini aniqlashdi. Hosil bo'lgan voronkalarining (o'ralarning) diametri 60 santimetrdan 28 metrgacha bo'lib, ulardan topilgan meteorit bo'laklarining og'irligi 1 kilogrammdan 70 kilogrammgachani tashkil qildi. Hisoblashlar meteorit bo'laklarining umumiy og'irligi 100 tonnadan kam emasligini ko'rsatdi.

Birinchi bo'lib osmondan tosh tushishi mumkinligini Peterburg Fanlar akademiyasining muxbir a'zosi E.F.Xladniy o'zining 1794- yilda bosilib chiqqan «Pallas tomonidan topilgan temir bo'lagining kelib chiqishi va u bilan bog'liq tabiat hodisalari haqida» asarida ilmiy asosladi. E.F.Xladniy Krasnoyarsk o'lkasiga tushgan temir meteoritni uzoq vaqt o'rganib, u osmondan tushganligiga to'la ishonch hosil qildi va yuqorida tilga olingan ilmiy asarni yozish bilan meteoritikaga birinchi bo'lib asos soldi.

Osmon toshlarining yerga tushishi juda qadimdan kuzatilgan bo'lib, bu toshlar xudoning yerlilarga in'omi deb qaralar va muqaddas hisoblanardi. Shunday samo «mehmon»laridan 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 ham xudojo'ylar uchun muqaddas qadamjoga aylangan.

Yerga tushib turadigan bu toshlar qayerdan keladi, degan savol tug'iladi. Gap shundaki, osmonda turli kattalikka ega bo'lgan har xil toshlar ming-minglab topilgan bo'lib, ular ham planetalar kabi Quyoshning atrofida aylanadi. Ularning ichida turli orbitalilari bilan birga, orbitalari yagona bo'lganlari ham ko'plab uchraydi. Xususan, parchalangan kometa («dumli yulduz») orbitasida minglab turli kattaliklardagi osmon jismlari ham uchraydi. Orbitasi bo'ylab harakatlanayotgan bunday mayda



jismlar Yer yaqinidan o'tayotib, uning kuchli ta'siriga beriladilar va o'z «yo'llari»ni planetamiz tomon burishga majbur bo'ladilar.

Meteorit Yerga urilganda uning tezligiga bog'liq ravishda turli kattalikdagi o'ralar hosil qiladi. O'raning chuqurligi urilish joyining yumshoqligiga ham bog'liq, albatta. 1871- yil 10- dekabrda Bandunga (Yava) yaqinidagi sholi maydoniga tushgan meteoritning og'irligi 8 kilogramm bo'lib, yerga 1 metrgacha kirib ketgan. 1910- yilning 12- iyulida Sant-Mixel (Finlyandiya) yaqiniga tushgan osmon toshining og'irligi esa 10 kilogramm bo'lib, yarim metr chuqurlikdagi o'rani hosil qilgan. 1948- yili Norton (Kanzas shtati) shahri yaqinidagi makkajo'xori maydoniga tushgan osmon jismlari «vakili»ning og'irligi bir tonnaga yaqin bo'lib, hosil qilgan o'rasining chuqurligi uch metrga yetdi.

Garchi meteoritlar yer atmosferasiga sekundiga o'nlab kilometr tezlikka ega holda kirsalar-da, havoning katta qarshiligi ularni tezda «hovuridan tushiradi». Hisoblashlarning ko'rsatishicha, yerga urilish paytida ularning o'rtacha tezligi sekundiga 200–300 metrni tashkil qiladi. K.P.Stanyukovich tezligi sekundiga 4 kilometrgacha bo'lgan toshlarning yerga urilishi portlash bilan tugashini ilmiy asosladi. Portlagan meteorit urilish joyida krater (havza) hosil qilib, uning parchalari bir necha kilometrgacha otilib ketadi. Tezligi sekundiga 4 kilometrdan ortiq bo'lgan osmon toshining 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 osmon «mehmon»larini Yerdagi topib bo'lmaydi, ular «avtograf» sifatida Yerdagi ulkan kraterlarga qoldiradilar. Meteorit hosil qilgan bunday yirik kraterlardan biri Arizona shtatida (AQSH) topilgan bo'lib, uning diametri 1300 metrga, chuqurligi esa 175 metrga yetadi (107- rasm).

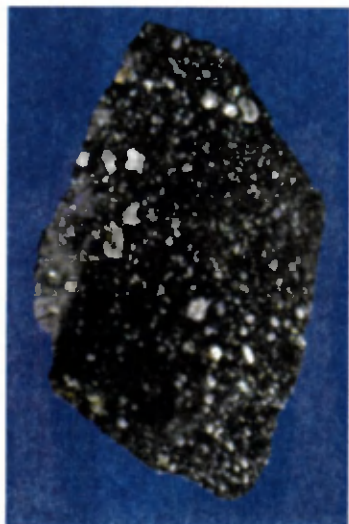
1891- yili bir guruh amerika olimlari Arizona shtati bo'ylab safarga chiqishdi va sahro o'rtasida juda katta voronkaga (o'raga)



**107- rasm.** Arizona shtatidagi sahroga tushgan meteoritning hosil qilgan havzasi ( $d = 1300$  m,  $h = 175$  m).

duch kelishdi. Voronka atrofida 10 kilometrgacha masofaga uloqtirilgan qoya toshlarining topilishi, voronka tuprog‘i bir qismini ezib kukunga aylantirilgani va boshqa bir qismini eritib qotishmaga aylantirilgani, olimlar tomonidan krater, portlash tufayli vujudga kelgan degan xulosaga kelishlariga asos bo‘ldi. Olimlar halokat ro‘y bergan bu joydan ko‘p uzoqda bo‘lmagan yerda istiqomat qilgan, qadimda mashhur hind qabilalari avlodlaridan surishtirib, krater atrofi zonasini Alvasti darasi deyilishini va, afsonalarga ko‘ra, «u yerga bir vaqtlar xudo o‘z olov aravasida tushganini» aniqladilar. Shundan so‘ng olimlar krater – osmon toshining «ishi» degan gumon bilan uning atrofini qidirdilar. Natijada krater yaqinidan va hatto undan o‘nlab kilometrgacha masofadan meteorit bo‘laklarini topdilar. Minglab topilgan meteorit parchalarining umumiy og‘irligi 20 tonnadan ortiq chiqdi.

Bunday yirik meteorit hosil qilgan kraterlardan yana biri Texas shtatida topildi; uning diametri 162 metr bo‘lib, chuqurligi 5 metrni tashkil qiladi. Krater va uning atrofidagi maydondan qariyb bir yarim ming temir meteorit parchalari topilgan.



**108- rasm.** Xenberi cho'lidan topilgan meteorit parchasi.

1931- yili Avstraliyaning Xenberi cho'lida esa meteoritlar «yomg'iri»dan hosil bo'lgan 13 krater topildi. Ulardan eng kattasining diametri 165 metr bo'lib, chuqurligi 15 metrga yetadi. Kraterlar guruhi yas-tangan maydondan qariyb bir yarim ming meteorit bo'laklarining topilishi va mahalliy aholi orasida tarqalgan «qoya ortida yonib tushgan Quyosh» afsonasi bu kraterlar, osmon toshlari «bombardirovka»si-ning oqibati ekanligidan darak beradi. Topilgan toshlarning og'irligi bir necha kilogrammdan yarim tonna-gacha keladi (108- rasm).

Tabiatning bunday ajoyib hodi-salarida bosh ijrochi sifatida ishtirok etgan o'nlab yirik meteoritlar plane-

tamizning turli burchaklarida muzey eksponatlari qatoridan o'rin olgan. Chixuaxuada (Meksika) topilgan Morita deb nomlangan to'g'ri konus shaklidagi meteoritning og'irligi 11 tonna bo'lib, hozir Mexikoda saqlanadi. Argentinaning Kampo-del-S'elo («Yulduzli maydon») maydonida topilgan osmon «vakili»ning og'irligi 13 tonnani, Amerikaning tabiat tarixi muzeyida saqlanayotgan 1902- yili Oregon o'rmonlaridan topilgan Villamette temir meteoritining og'irligi 14 tonnani tashkil qiladi. Sinszyan (Xitoy) viloyatining Armanti shaharchasi yaqiniga tushgan meteoritning og'irligi 20 tonna, Tanganikaga tushgan Mbozi ismli boshqa meteoritning bo'yi 4 metr chamasi bo'lib, eni va qalinligi 120 santimetr, og'irligi esa 25 tonna. Meksikaning Sinapoa shtatiga tushgan osmon toshi ham boshqalaridan qolishmaydi. Uning bo'yi rosa 4 metrni, eni qariyb 2 metrni, qalinligi esa 1 metr 60 santimetrni tashkil qilib, og'irligi 27 tonnadir. G'arbiy Grenlandiyaga tushgan meteorit Yerga urilganda parchalanib ketdi. 1897- yili Nyu-Yorkka keltirilgan va Keyi-York deb yuritiladigan bu meteorit uchta katta bo'lagining og'irligi 30 tonna («Palatka»), 3 tonna («Ayol») va 408 kilogramm («It»)ni tashkil qiladi.

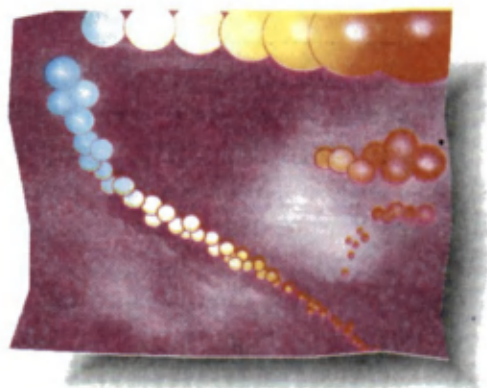


Planetamizda topilgan yaxlit meteoritlar ichida eng yirigi janubi-g'arbiy Afrikaga «qadam ranjida» qilgan bo'lib, bu temir meteoritning bo'yi va eni qariyb 3 metrdan, eni esa 1 metrdan ortiq. Bu gigant temir «mehmon»ning og'irligi 60 tonna! Olim S.Gordonning aniqlashicha meteorit Yer atmosferasiga kirishdan oldin 100 tonnani tashkil qilgan.

Yuqorida eslatilganidek, meteoritlarning aholi yashaydigan manzillarga tushish ehtimoli juda kam. Butun insoniyat tarixida meteoritlardan 15 tasigina kishilar yashaydigan tomlarga tushganligi aniq qayd qilingan. Shundan to'rt holidagina kishilar yengil jarohatlangan va kontuziya olganlar, xolos.



1. Bolidlar qanday hodisa, u nimadan darak beradi?
2. Meteoritlar qanday jinslardan iborat bo'ladi?
3. AQSH ning Arizona shtatidagi meteorit krateri haqida nimalar bilasiz?
4. Tunguz meteoriti haqida bilganlaringizni bayon qiling.
5. Yana qanday meteoritlar haqida eshitgansiz?



## VIII

# YULDUZLAR

### 1- §. Ko'rinma yulduz kattaligi

Yulduzlar – Koinotning eng keng tarqalgan obyektlari hisoblanadi. Shu bois ularning fizik tabiatini o'rganish astronomiyada muhim masala sanaladi.

Yulduzlarning ko'rinma ravshanliklarini (yarqiroqlik darajasini) bir-birlaridan farqlash uchun astronomiyada yulduz kattaligi degan tushuncha qabul qilingan. Yoritgichning yarqiroqligi, undan Yergacha yetib kelgan nurlanish intensivligi bo'lib, u yoritgichning umumiy nurlanishining arziyas qisminigina tashkil etadi.

Ma'lumki, yoritgichlarning ko'rinma nurlanish intensivliklari, ularning nurlanishni qayd qiluvchi priyomniklarda (ko'z, foto-plastinka, 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 ifodalanadi.

Yulduzlarning yarqiroqligini yulduz kattaliklarida belgilashni miloddan avvalgi II asrda inson ko'zining nurga sezgirligiga tayan-gan holda yunonlik astronom 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 sezgirligining 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 olingan. 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. 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. Faraz qilaylik, 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'lsin, 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 kattaliklari bilan quyidagicha bog'lanishda bo'lishini oson anglash mumkin:

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

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 Vaganing (Lira yulduz turkumi-ning eng yorug' yulduzi) yulduz kattaligi  $+0,04^m$  ni, Veneraniki  $-4,4^m$  (eng ravshan paytida)ni, to'linoyniki  $-12,5^m$  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.



1. Nega yulduzlar osmonning muhim obyektlari deb qaraladi?
2. Yulduzlarning ko'rinma kattaliklari ularning o'lchamlariga tegishli kattalikmi yoki ravshanligiga tegishli kattalikmi?
3. Yulduzlarning ravshanligi deganda, ular tomondan qayerda hosil qilingan yoritilganlik anglashiladi?
4. Yulduzlarning ko'rinma kattaliklari va ularning yoritilganliklari orasidagi munosabat qanday nom bilan ataladi?
5. Pogson formulasini yozib tushuntiring.

## 2- §. Absolut yulduz kattaligi

Yulduzlarning ko'rinma yulduz kattaliklari ularning to'la yorqinliklarini (ulardan vaqt birligi ichida ajraladigan to'la nurlanish energiyasining miqdorini) solishtirishga imkon bermaydi. Chunki bir xil yorqinlikka ega bo'lgan turli masofada yotuvchi ikki yulduzning ko'rinma yulduz kattaliklari bir xil bo'lmasligi oldingi paragrafdan ma'lum. Binobarin, yulduzlarning masofalarini bilmay turib, ularning ko'rinma kattaliklariga ko'ra, yorqinliklarini solishtirishning hech iloji yo'q. Bu masalani hal etish uchun astronomlar barcha yulduzlarni Yerdan (yoki Quyoshdan) bir xil masofaga keltirib, yulduz kattaliklarini aniqlashni va keyin shu asosda ularning haqiqiy yorqinliklarini solishtirishni maqsad qildilar. Bunday masofa sifatida astronomlar 10 parsekli masofani oldilar. Shunday qilib, yulduzlarning bizdan 10 parsek masofaga keltirilganda aniqlangan ko'rinma yulduz kattaliklari ularning *absolut yulduz kattaliklari* deb ataladigan bo'ldi va  $M$  harfi bilan belgilandi. Bu 10 parsekli standart masofa taxminan  $2 \cdot 10^6$  astronomik birlikka teng bo'ladi. Binobarin, Quyoshni 10 parsek masofaga eltgandan keyingi intensivligi uning 1 a.b. masofada

turgandagi intensivligidan  $\frac{1}{(2 \cdot 10^6)^2}$  marta, ya'ni  $4 \cdot 10^{12}$  marta ka-

mayadi. Intensivlikning har 100 marta kamayishi 5 yulduz kattaligiga 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 ekan.

Sentavr yulduz turkumining bizga eng yaqin joylashgan ravshan yulduzining (Proksima) ko'rinma yulduz kattaligi  $m = 0$  bo'lib, Quyoshdan uzoqligi 1,3 pk. U 10 pk masofaga eltilganda

uning intensivligi  $\left(\frac{10}{1,3}\right)^2 \approx 8^2 = 64$  marta kamayadi. Bu yulduz

kattaligining 4,5 marta kamayishiga olib keladi. Demak, uning absolut yulduz kattaligi  $M_{pr} = 0 + 4,5 = 4,5$  bo'ladi. Bundan ko'rinishicha, biror yulduzning ko'rinma yulduz kattaligi va unga cha 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:

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

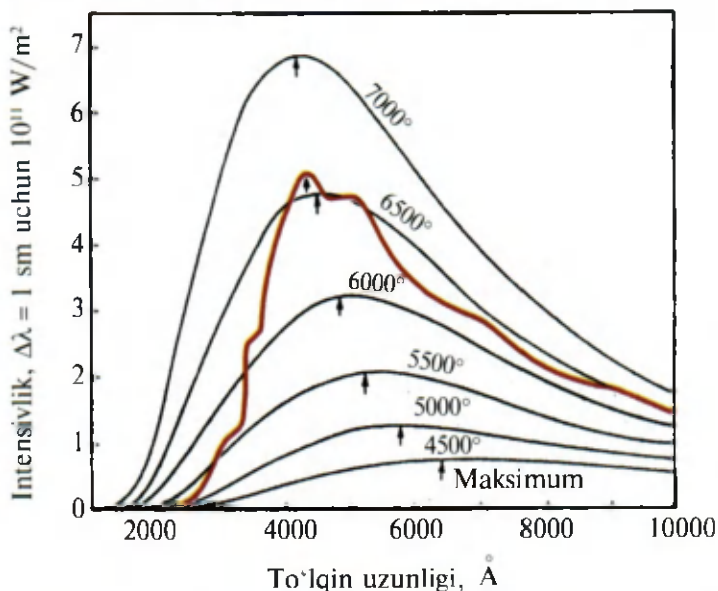
bu yerda  $r$  – yulduzgacha parseklarda ifodalangan masofa.



1. Yulduzlarning ko'rinma yulduz kattaliklariga tayanib, ularning haqiqiy yorqinliklarini solishtirib bo'ladimi?
2. Yulduzlarning absolut yulduz kattaligi deb qanday ko'rinma kattaligiga aytiladi?
3. Yulduzlarning ko'rinma va absolut kattaliklari orasidagi munosabatni ifodalovchi formulani yozing. Bu yerda  $r$  nimani ifodalaydi va qanday birliklarda o'lchanadi?

### 3- §. Yulduzlarning rangi va temperaturasi

Yulduzli osmonga diqqat bilan qaragan kishi yulduzlar birlaridan ranglari bilan farqlanishini oson payqaydi. Ma'lumki, temir qizdirilayotganda, u dastlab to'q qizilrangga, keyin temperaturasi orta boshlagach, zarg'aldoq, sariq va oxirida oqrangga kiradi. Shunga o'xshab, yulduzlarning rangi ham ularning sirt temperaturalarini haqida ma'lumot beradi. Xususan, Quyoshimiz sariqrangdagi yulduz hisoblanadi, sirtida temperaturasi 6000 K atrofida. To'q qizilrangda ko'rinadigan yulduzlarning temperaturasi 2500–3000 K, zarg'aldoq rangdagilariniki 3500–4000 K, oqrangdagi yulduzlarning temperaturasi esa 17000–18000 K atrofida bo'ladi.



109- rasm. Yulduzlar spektrida energiyaning taqsimlanishi (quyuq chiziq – Quyosh uchun).

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 usuli mavjud bo'lib, ulardan biriga ko'ra, u yulduzlarning spektrida energiyaning taqsimlanishidan topiladi. Bunda nurlanish energiyasining maksimumi to'g'ri kelgan to'lqin uzunligiga tayangan holda Vinning ushbu siljish qonunidan foydalaniladi (109- rasm):

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

Shuningdek, yulduz spektrining turli uchastkalaridagi nurlanish energiyasining farqiga ko'ra, astronomlar ularning aniq rangini belgilaydilar va so'ngra yulduzning topilgan bu rang ko'rsatgichi asosida ham yulduzlarning temperaturalarini aniqlaydilar. Yulduzlarning rangi ko'krangga yaqinlashgan sayin ularning temperaturalari ortib boradi. Bunday usullar bilan topilgan yulduz temperaturasi faqat uning sirtiga taalluqli bo'lib, ularning ichki qismiga tegishli temperaturalari yulduzlarning spektri, mas-



sasi, zichligi va aniqlangan ichki bosimiga ko'ra nazariy hisoblashlar yordamida topiladi. Bunday yo'l bilan topilgan yulduzlarning ichki qismiga xos temperaturalar bir necha milliondan o'nlab million gradusgacha (markazida) boradi. Quyoshning markazida temperatura 16 million gradusni tashkil etadi. Qaynoq yulduzlarda esa u 100 million gradusgacha boradi.



1. Yulduzlarning temperaturasi ularni xarakterlaydigan qanday kattaliklardan hisoblanadi? Negaligini tushuntiring.
2. Yulduzlarning rangi ularning sirt temperaturasining ko'rsatkichi bo'la oladimi?
3. Yulduzlarning temperaturasiga ko'ra ranglari qanday o'zgaradi?
4. Yulduzlarning temperaturalarini aniqlashning qanday usullarini bilasiz?
5. Yulduzlar sirt temperaturalarining quyi va yuqori chegaralari qanday?
6. Quyoshni yulduz sifatida rangi va temperaturasi qanaqaligini ayting.

#### 4- §. Yulduzlar yorqinligi

Ko'pchilik yulduzlar ko'rinma ravshanliklari bilan bir-birlariga o'xshasa-da, aslida tabiatlari bilan bir-biridan keskin farq qilishi aniqlangan. Buning sabablaridan biri — ularning turli masofalarda yotishi bo'lsa, ikkinchisi — ularning turli quvvat bilan nurlanishlaridandir.

Yulduzning nurlanish quvvati uning *yorqinligi* deyilib, u yulduzdan bir sekundda chiqadigan to'la nurlanish energiyasi bilan xarakterlanadi. Yulduzlarning yorqinligi, ko'pincha Quyosh yorqinligi birligida ifodalanadi. Quyoshning undan kelayotgan nurlanish energiyasiga ko'ra topilgan yorqinligi  $3,8 \cdot 10^{26}$  W ni tashkil etadi.

Ko'rinma yulduz kattaligi  $m_{\odot}$  bo'lgan Quyoshni (1 a.b. masofada) ma'lum  $r$  a.b. masofaga eltgandan keyingi ko'rinma yulduz kattaligi  $m'$  ga ortib, ular orasida quyidagicha munosabat mavjud:

$$m' = m_{\odot} + 5 \lg r_{a.b.}$$

Xuddi shunday masofada ( $r_{a.b.}$ ) joylashgan yulduzning ko'rinma yulduz kattaligi  $m$  va Quyoshning ko'rinma yulduz kattaligi  $m'$  orasidagi farq, yulduz Quyoshga nisbatan qancha marta ko'p



nurlanish energiyasiga, boshqacha aytganda, yulduz va Quyoshning yorqinliklarining nisbati  $\frac{L_*}{L_\odot}$  qanchaga tengligi ushbu formula yordamida topiladi:

$$m' - m_* = 2,5 \lg \left( \frac{L_*}{L_\odot} \right),$$

bu yerdan

$$\lg \left( \frac{L_*}{L_\odot} \right) = 0,4(m' - m_*) = 0,4(m_\odot - m_* + 5 \lg r_{a,b}).$$

Demak, bu nisbat  $\frac{L_*}{L_\odot}$  Quyosh va yulduzning ko'rinma yulduz kattaliklari va yulduzgacha bo'lgan masofaga (astronomik birliklarda ifodalangan) bog'liq bo'lar ekan.

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 ma'lum bo'ldiki, ularning yorqinliklari 0,0001 Quyosh yorqinligidan to bir necha o'n ming Quyosh yorqinligigacha chegarada o'zgarar ekan.

Juda katta yorqinlikka ega bo'lgan yulduzlar ichida gigantlar va o'tagigantlar 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 turkumidagi eng ravshan yulduz) kabi yulduzlar gigantlarning tipik vakillaridan hisoblanadi.

O'tagigantlar esa yorqinliklari Quyoshnikidan o'n ming martalab ortiq bo'lgan yulduzlar bo'lib, ularning rangi turlicha bo'ladi. Ko'krangdagi 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), Betelgey-



zeni (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 chiziq'larga ko'ra ham uning yorqinligini baholash mumkin. Shu yo'l bilan yorqinliklari aniqlangan yulduzlarning ko'rinma yulduz kattaliklari yordamida ulargacha masofalarni aniqlash mumkin bo'ladi. Yulduzlargacha masofalarni aniqlashning bu usuli *spektral parallaks* usuli deb yuritiladi.



1. Yulduzlarning yorqinligi deganda nima anglashiladi?
2. Yulduzlarning absolut kattaliklari va yorqinliklari orasida qanday bog'lanish mavjud?
3. Yulduzlarning ko'rinma yulduz kattaliklariga qarab, ularning yorqinliklarini baholash mumkinmi?
4. Yulduzlarning yorqinliklari Quyosh yorqinligi birligida ( $L_{\odot} = 1$ ) qanday chegaralarda o'zgaradi?
5. Yulduzlarning yorqinligi ularning temperaturasiga bog'liqmi? O'lchamiga-chi?

## 5- §. 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 molekulalarga tegishli yutilish (fraungofer) chiziqlaridan tashkil topadi.

Yulduzlarning spektrlari bir-biridan ularda to'liq uzunligi bo'yicha nurlanish energiyasining turlicha qiymat bilan taqsimlanishiga ko'ra farqlanadi. Shuningdek, bu spektrlar, ularda atmosferaning kimyoviy tarkibini aks qilgan 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 birikmalarning 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 bunday yulduzlarning temperaturasi 25000–30000 gradusgacha boradi.

B sinfga kiruvchi yulduzlarning spektrida neytral geliy chiziqlari juda intensiv bo'ladi. Oq-ko'kish rangdagi bunday yulduzlarning temperaturasi ~17000 K atrofida.

A sinfga kiruvchi yulduzlarning spektrida vodorodning yutilish chiziqlari intensiv bo'lib, yulduz oqrangda, temperaturasi ~11000 K bo'ladi.

F sinfga kiruvchi yulduzlarning spektrida vodorod chiziqlari kuchsizlanib, kalsiyning ionlashgan chiziqlari intensiv bo'ladi. Och sarg'ish rangli, temperaturasi ~7000 K.

G sinfga kiruvchi yulduzlarning spektrida (jumladan, Quyoshnikida) metallarga tegishli neytral va qisman ionlashgan atomlarning chiziqlari intensiv va keng tarqalgan. Vodorodning chiziqlari ancha kuchsizlangan (intensivligi pasaygan) bo'ladi. Temperaturasi ~6000 K.

K sinfga kiruvchi yulduzlar spektrida, metallarning yutilish chiziqlari bilan birga, molekular birikmalarning ham chiziqlari kuzatiladi. Rangi zarg'aldoq, temperaturasi ~3500 K.



M sinfga kiruvchi yulduzlar spektrida esa molekullarning spektral polosalari (ayniqsa titan oksidiga tegishli) intensiv tus oladi. Qizilrangli, temperaturasi 2500 K.

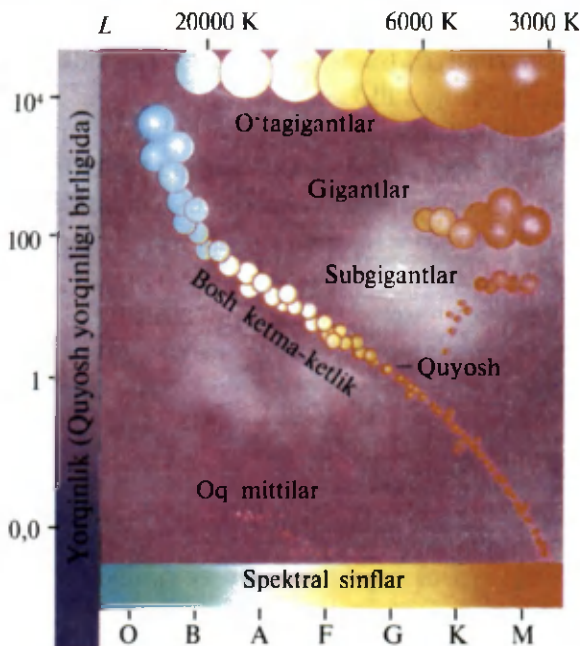
Yulduzlar spektrining turlicha bo'lishi ularning atmosferasidagi fizik sharoitga, kimyoviy tarkibining turli-tumanligiga va, eng muhimi, turli xil temperaturaga ega ekanliklari bilan tushuntiriladi. Yulduzning temperaturasi ortgan sayin uning atmosferasidagi molekullar atomlarga parchalanadi. Yanada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



1. Yulduzlarning aksariyati qanday spektrga ega?
2. Yulduzlarning spektral sinflari haqida nima bilasiz?
3. Yulduzlarning spektral sinflari ularning temperaturasi va rangiga qanday bog'langan?
4. Quyoshga o'xshash yulduzlarning rangi va spektri taxminan qanday?
5. Qaynoq (O sinf) va nisbatan sovuq (M sinf) yulduzlarning spektrida qanday farq bor?

## 6- §. Spekr-yorqinlik diagrammasi

Yulduzlarning spektral sinflari va ularning temperaturalari orasida bog'lanish borligi kuzatishlardan ma'lum bo'ldi. Shuningdek, yulduzlarning yorqinligi ularning absolut yulduz kattaliklari orqali ifodalanishi ham mumkin ekanligi 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 bir-biridan bexabar holda XX asrning boshlarida daniyalik astronom Gersshprung va amerikalik astrofizik Ressel aniqladilar. Ular yulduzlarning yorqinliklari va spektral sinflari orasidagi bog'lanishni xarakterlovchi grafikni oldilar. 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 parametrlari orasidagi bog'lanishlari bir necha guruhga ajralgan holdagi grafik ko'rinishda namoyon bo'lar ekan. Bunday bog'lanishlarni ifodalovchi diagramma keyinchalik



110- rasm. Spektr-yorqinlik diagrammasi.

*spektr-yorqinlik* yoki *Gersshprung–Ressel diagrammasi* deb ataladigan bo'ldi. Spektr-yorqinlik diagrammasida yulduzlarning absolut yulduz kattaliklariga parallel o'qda, logarifmik shkalada yulduzlarning yorqinliklarini (Quyosh yorqinligi birligida,  $L_{\odot} = 1$ ), spektral sinflari o'qiga parallel o'qda esa ularning rang ko'rsatkichlarini yoki effektiv temperaturalarini olish mumkin (110- rasm).

Gersshprung–Ressel diagrammasi umumiy fizik tabiatga ega bo'lgan yulduzlarni turli guruhlariga ajratib, ularning temperaturasi, yorqinligi, spektral sinfi va absolut kattaliklari kabi parametrlari orasidagi bog'lanishlarni aniqlashga imkon beradigan va yulduzlar fizikasini o'rganishda muhim ahamiyat kasb etgan diagramma hisoblanadi.

Bu diagrammada yulduzlarning asosiy qismi *bosh ketma-ketlik* deyiluvchi egrilik bo'ylab joylashib, uning chap qismida yorqinliklari yuqori bo'lgan boshlang'ich spektral sinflarga tegishli





yulduzlar joylashadi va o'ng tomonga borgan sayin yulduzlarning yorqinliklari (binobarin, temperaturalari) pasaya borib, keyingi sinflarga tegishli yulduzlar (bosh ketma-ketlik egriligidan) joy oladi.

Bosh ketma-ketlik egriligidan yuqorida nisbatan past temperaturali, biroq diametri juda katta va shuning uchun ham yuqori yorqinlikka ega bo'lgan, absolut yulduz kattalıkları  $-4^m$ ,  $-5^m$  li o'tagigant va gigant (absolut yulduz kattalıkları  $0^m$  atrofida) yulduzlar joylashadi. Diagrammaning quyi qismida, asosan A spektral sinfiga va nisbatan kam yorqinlikka ega bo'lgan alohida guruh – mitti yulduzlar joylashadi.

Diagrammada yulduzlarning bir tekis taqsimlanmasligi ularning yorqinliklari va temperaturalari orasida sezilarli bog'lanish borligidan darak beradi. Bu bog'lanish, ayniqsa, bosh ketma-ketlikka tegishli yulduzlarda yaxshi aks qiladi.

Biroq yulduzlarning yorqinliklari va spektral sinflari orasidagi bog'lanishni e'tibor bilan o'rganish diagrammada bosh ketma-ketlikdan boshqa yana bir necha ketma-ketliklarning ochilishiga olib keladi. Mazkur ketma-ketliklar *yorqinlik sinflari* deb yuritiladi va ular I dan VII gacha rim raqamlari bilan belgilanadi (III- rasm). Bu raqamlar esa, o'z navbatida, yulduzning spektral sinfidan keyin qo'yiladi.

Yorqinlik sinflari bo'yicha yulduzlar quyidagicha guruhlariga taqsimlanadi:

I sinf – o'tagigantlar. Bu yulduzlar Gersshprung–Ressel diagrammasining tepa qismidan joy olib, o'zlari ham yana bir necha ketma-ketliklarga ( $I_{ao}$ ,  $I_a$ ,  $I_{ab}$  va  $I_b$ ) bo'linadi.

II sinf – ravshan gigantlar;

III sinf – gigantlar;

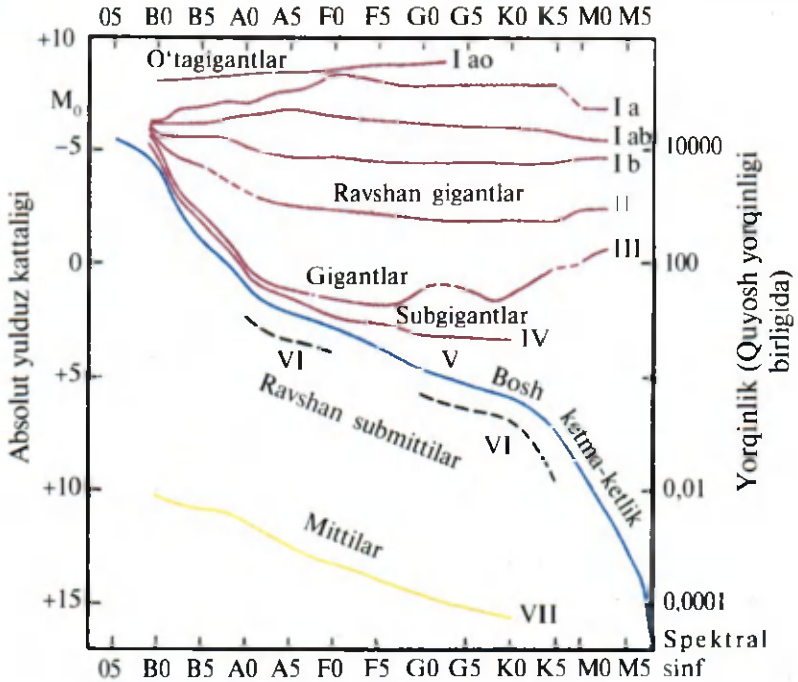
IV sinf – subgigantlar;

V sinf – bosh ketma-ketlikning yulduzlari;

VI sinf – ravshan submittilar. Bosh ketma-ketlikdan taxminan bir yulduz kattaligiga farq qilib, uning ostidan joy oladi;

VII sinf – oq mitti yulduzlar, diagrammaning quyi qismidan joy oluvchi yulduzlardir.

Biror yulduzni ma'lum yorqinlik sinfiga tegishliligi spektral sinfnig maxsus belgilari orqali aniqlanadi. Masalan, o'tagigantlarning spektri spektrida keng chiziqlari bo'lgan oq mitti yulduz-



111- rasm. Yulduzlarning yorqinlik sinflari.

larnikidan farq qilib, ingichka hamda konturi juda chuqur (intensivligi yuqori) spektral chiziq'larga ega bo'ladi. Ma'lum spektral sinfga tegishli mitti yulduzlarning shunday spektral sinfdagi gigantlardan farqi shundaki, mitti yulduzlarning spektrida ayrim metall chiziq'lari gigantlarnikiga nisbatan kuchsiz bo'lgani holda, boshqa metallarga tegishli chiziq'lari, intensivliklariga ko'ra, juda kam farq qiladilar.

Yulduzlarning spektral sinflari ularning yorqinlik sinflari bilan qo'shib o'rganilganda, yulduzlarning absolut kattaliklarini aniqlashga imkon beradi. Yulduzlarning aniqlangan absolut yulduz kattaliklari esa, o'z navbatida, yulduzlargacha masofani aniqlashga imkon beradi.

Yulduzlar yorqinligining ularning spektridagi aniq chiziq'larning intensivliklarining nisbatiga empirik bog'liqligiga asoslangan yulduzlargacha masofalarini aniqlash metodi, yuqorida eslatilganidek, spektral parallaks metodi deb yuritiladi.



Spektral parallaks metodining trigonometrik metodlardan afzalligi shundaki, spektral parallaks juda katta masofada yotgan va spektrlarini olish imkoni bo'lgan barcha yoritgichlarning ham masofalarini aniqlashga imkon beradi (VIII, 4- §).



1. Spektr-yorqinlik diagrammasi yulduzlarga tegishli qanday fizik parametrlarni o'zaro bog'laydi?
2. Bu diagrammadagi yulduzlarga tegishli «spektral sinflar» va «yorqinlik» o'qlariga, mos ravishda, parallel joylashgan o'qlarda qanday parametrlar joylashadi?
3. Bosh ketma-ketlikda yotuvchi yulduzlar qanday xususiyatlari bilan gigantlar va mittilardan farq qiladi?
4. Gigant va o'tagigant yulduzlar qanday yulduzlar?
5. Mitti yulduzlar-chi?
6. Yulduzlarning yorqinlik sinflaridan qaysilarini bilasiz?

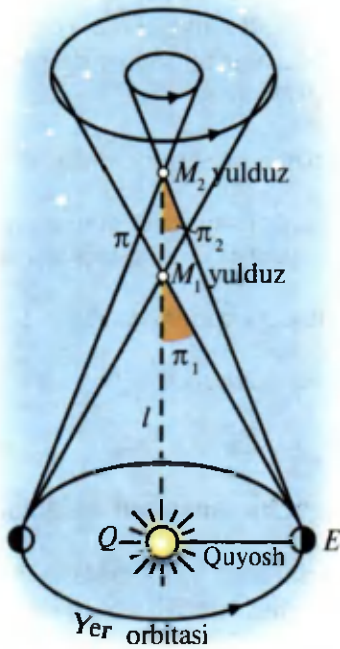
## 7- §. Yillik parallaks va yulduzlargacha masofani aniqlash

Yulduzlargacha 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 chizmalarining (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  $\pi$  ni o'lchashga imkon beradi (112- rasm). Yoritgichning yillik parallaksi deyiluvchi bu  $\pi$  burchak esa, o'z navbatida, shu yoritgichning Quyosh sistemasidan (demak, Yerdan) uzoqligini o'lchashga imkon beradi. Darhaqiqat, to'g'ri burchakli uchburchak  $QEM_1$  (yoki  $QEM_2$ )dan

$$\sin \pi'' = \frac{r}{l} \quad \text{yoki} \quad l = \frac{r}{\sin \pi''},$$

bu yerda  $r$  — Yer orbitasining radiusini,  $l$  — esa yoritgichgacha masofani xarakterlaydi. Yillik parallaks burchagi  $\pi$  juda kichik bo'lib, yoy sekundning ulushlarida o'lchanganidan, yoritgichga-

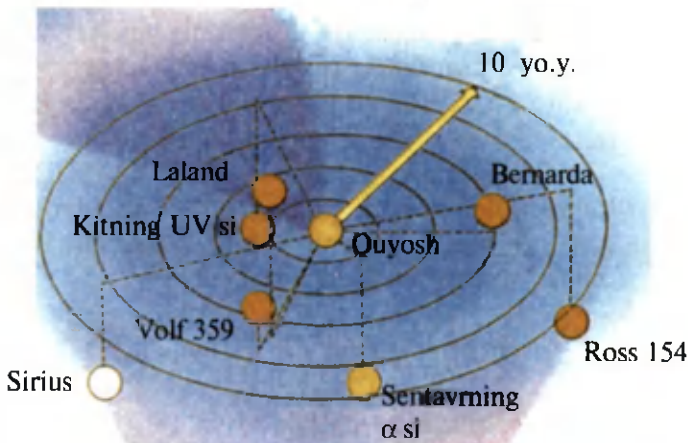


112- rasm. Yulduzlarning yillik parallaksi.

cha masofa ( $r = a.b$ ):  $l = \frac{r}{\pi \cdot \sin l''} = \frac{1.206265}{\pi} a.b$  formula yordamida hisoblanadi. Agar masofa parseklarda o'lchansa  $l = \frac{1}{\pi''}$  bo'ladi.

Birinchi marta 1886- yilda shunday usul bilan Vega (Liraning alfa-si)ning yillik parallaksi o'lchanib, bu yulduzgacha masofani mashhur Pul-kovo (Rossiya) observatoriyasining asoschisi V.Y.Struve aniqladi. Bunday usul bilan nisbatan yaqin ( $\pi \geq 0,01''$ ) yulduzlargacha masofalar aniqlanadi. Shunday usul bilan Quyoshdan 10 yorug'lik yilicha masofada yotgan yulduzlar 113- rasmda keltirilgan. Juda uzoqdagi yulduzlargacha masofa esa ularning ko'rinma va absolut kattaliklari ( $m$ ,  $M$ ) asosida ushbu formula yordamida topiladi:

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



113- rasm. Quyoshdan 10 yo.y. masofagacha joylashgan yulduzlar.



1. Yulduzlarning yillik parallaksi deb nimaga aytiladi?
2. Ma'lum bir yulduz uchun yillik parallaks burchagini chizmada ko'rsating.
3. Yulduzning berilgan yillik parallaks burchagiga ko'ra uning uzoqligi parseklarda qanday topiladi?
4. Yillik parallaks yulduzlargacha masofani hisoblashning yagona usulimi?
5. Yulduzlargacha masofani o'lchashning yana qanday usuli mavjud?
6. Spektral parallaks asosida yulduzlargacha masofa qanday topiladi?
7. Bu usullardan qaysi biri Quyoshga nisbatan yaqin yulduzlar uchungina qo'llaniladi?

## 8- §. Yulduzlarning o'lchamlarini hisoblash

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 usul bilan aniqlangan ko'rinma diametri ( $d''$ ), unigacha masofa  $L$  ma'lum bo'lganda, yulduzning chiziqli o'lchami (diametri)  $D$  ushbu ifodadan topiladi:  $D = L \sin d''$ . Biroq, aksariyat yulduzlar nuqta ko'rinishida bo'lganidan, ularning o'lchamlarini topish uchun boshqa usuldan foydalaniladi.

Ma'lumki, yulduzlarni absolut qora jism deb qarab, ularning to'la nurlanish quvvatini Stefan–Bolsman qonuniga ko'ra  $L_* = S \cdot \sigma T_*^4$  deb yozish mumkin. Bu yerda  $\sigma$  – Stefan–Bolsman doimiyi  $5,7 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ ,  $S$  – yulduzning sirtini (shar sirti),  $T$  – sirt temperaturasini ifodalaydi. Shar sirti  $S = 4\pi R^2$  bo'lganidan

yulduzlarning yorqinligi  $L_* = 4\pi R_*^2 \cdot \sigma T_*^4$  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 tomonlarining nisbatini olsak,  $\frac{L_*}{L_\odot} = \left(\frac{T_*}{T_\odot}\right)^4 \cdot \left(\frac{R_*}{R_\odot}\right)^2$  ifodaga erishamiz.

Yulduzning yorqinligi  $L$  va temperaturasini boshqa yo'llar bilan aniqlab, uning radiusini Quyosh radiusi birliklarida ( $R_\odot = 1$ ) yuqoridagi tenglikdan topsak, u



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

bo'ladi.

Quyoshning radiusi uning ko'rinma radiusiga ( $\rho = 16'$ ) ko'ra,

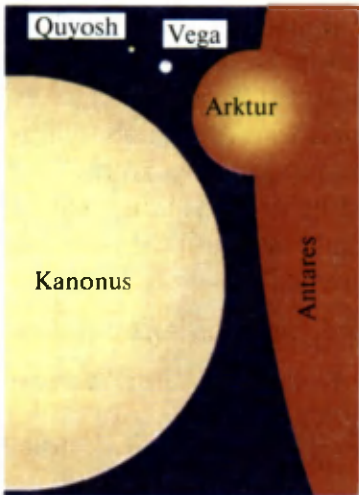
$$\operatorname{tg} \rho = \frac{R_\odot}{\Delta},$$

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

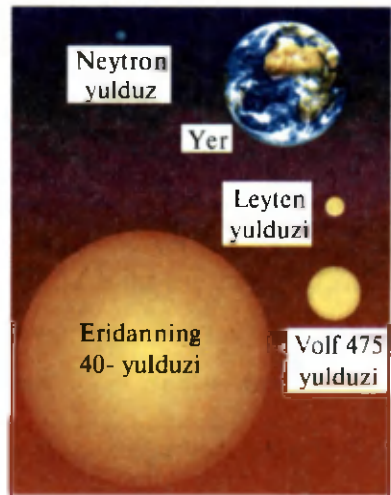
$$R_\odot = 1,5 \cdot 10^{11} \cdot \operatorname{tg} 16' \approx 7 \cdot 10^8 \text{ m}$$

yoki taxminan 700000 kilometr ga teng.

Gigant va o'tagigant yulduzlar ichida radiusi Quyoshnikidan ming martacha kattalari uchraydi. Sefey yulduz turkumidagi VV deb nomlangan yulduzning radiusi Quyoshnikidan 6000 marta kattalik qiladi. Katta It yulduz turkumining eng yorug' yulduzi Siriusning radiusi Quyoshnikidan 2 martacha katta, ya'ni 1400000 km. Ba'zi yulduzlar esa, aksincha, Quyoshdan bir necha o'nlab marta kichik va diametrlari planetalarniki kabi, atigi bir necha ming kilo-



a)



b)

**114- rasm.** Quyosh o'lchami gigant yulduzlar (a) va Yer o'lchami mitti yulduzlar (b) bilan solishtirilganda.



metrni tashkil etadi. Bunday yulduzlarning aksariyati oq rangda bo'lib, *oq mittilar* deb yuritiladi. 114- rasmda qizil gigantlar va oq mittilarning o'lchamlari Quyoshning va Yerning o'lchamlari bilan solishtirilgan.



1. Yulduzlarning o'lchamlarini aniqlashning qanday usullarini bilasiz?
2. Yulduzlarning yorqinliklari va radiuslari orasida qanday bog'lanish mavjud?
3. Gigant va o'tagigant yulduzlarning radiusini Quyosh radiusi bilan solishtiring.
4. Mitti yulduzlarni Yer va Quyosh radiuslari bilan solishtirib baholang.

## 9- §. Yulduzlarning massalarini hisoblash

Yulduzlarni xarakterlovchi eng muhim kattaliklardan biri ularning massalaridir. Yulduzlarga tegishli ko'plab parametrlar u yoki bu darajada massalariga bog'liqdir. Boshqa parametrlaridan farqli o'laroq, yulduzlarning massalarini aniqlash eng murakkab masalalardan hisoblanadi. Agar yulduzning atrofida yo'ldoshi bo'lsa, yulduzning unga gravitatsion ta'siri asosida yulduzning massasini baholash mumkin.

Shu yo'l bilan Quyoshning atrofida aylanuvchi planetalarning davrlari va Quyoshdan o'rtacha uzoqliklariga ko'ra aniqlangan Quyoshning massasi  $2 \cdot 10^{30}$  kg ni tashkil etadi.

Yulduzlar atrofida ularning xususiy yo'ldoshlarining aksariyat holda ko'rinmasligi (ayrimlarini hisobga olmaganda) tufayli bu usul bilan ularning massalarini aniqlashning iloji yo'q. Biroq ko'p hollarda yulduzlar qo'shaloq holda uchrab, ularning umumiy massa markazi atrofida aylanish davrlariga ko'ra massalarini hisoblashning imkoni mavjud. Bunda Keplerning Nyuton tomonidan aniqlashtirilgan qonunidan foydalaniladi. Qo'shaloq yulduzlarning bu usul bilan aniqlangan massalari, hisoblashlarning ko'rsatishi-cha, 0,1 Quyosh massasidan 100 Quyosh massasigacha bo'lar ekan. Massalari  $10-50 M_{\odot}$  chegarasida bo'lgan yulduzlar nisbatan kam uchraydi.



Eng kichik massali yulduzlar ham planetalardan yuzlab marta ortiq massaga ega. 0,1 Quyosh massasidan kichik «yulduzlar» yorug'lik nurlarida nurlana olmaydi, ya'ni yulduz sifatida namoyon bo'la olmaydi.

Massalari aniqlangan yulduzlarni ularning yorqinliklari bilan solishtirib o'rganish natijasida, bu ikki fizik kattalik orasida bog'lanish borligi aniqlandi: yulduzning yorqinligi uning massasining taxminan to'rtinchi darajasiga proporsional ekan, ya'ni:

$$\frac{L_*}{L_\odot} = \left( \frac{M_*}{M_\odot} \right)^4.$$

Bundan ko'rinishicha, yulduz Quyoshdan uch barobar ortiq massaga ega bo'lsa, uning yorqinligi Quyoshnikidan 81 marta ortiq bo'lar ekan.

Massa va yorqinlik orasidagi bunday bog'lanish asosida yorqinliklari aniqlangan yulduzlarning massalarini topish mumkin. Bu hozirgacha astronomiyada yo'ldoshi aniqlanmagan yoki qo'shaloq sistemani tashkil etmagan yakka yulduzlarning massalarini aniqlashning birdan bir yo'li hisoblanadi.



1. Alohida olingan yulduzning massasini hisoblash mumkinmi?
2. Qo'shaloq yulduzlarning massalari qanday qonunga tayanib topiladi?
3. Quyoshning massasi qanday topilgan?
4. Yulduzlarning yorqinliklari, ularning massalari bilan qanday munosabatda bo'ladi?
5. Yulduzlarning massalari Quyosh massasi birligida qanday chegaralarda o'zgaradi?

## 10- §. Qo'shaloq yulduzlar

Bir qarashda osmonda yulduzlar yakka-yakka uchraydigandek tuyulsa-da, aslida ularning ko'pchiligi ikkitadan, uchtadan va undan ham ko'proq holda o'zaro dinamik bog'langan ko'rinishda 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. Ularni ichida turli masofalarda yotib, o'zaro hech ham dinamik bog'lan-





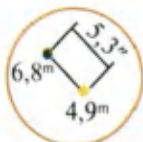
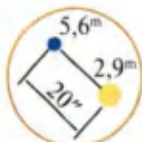
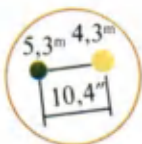
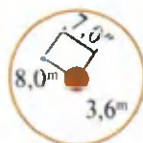
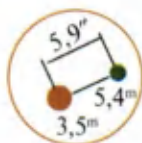
magan va ma'lum bir qarash chizig'i yaqinida yotganlaridan osmonda bir-biriga yaqindek tuyulganlari ham ko'p bo'ladi. Bunday yulduzlar *optik qo'shaloqlar* deyiladi. Bizni o'zaro *dinamik bog'langan* haqiqiy yoki fan tili bilan aytganda, *fizik qo'shaloq* yulduzlar qiziqtiradi.

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, ularni *vizual qo'shaloqlar* deyiladi. O'zaro juda kichik burchak 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 qo'shaloqlar* va *spektral qo'shaloqlar* deb yuritiladi.

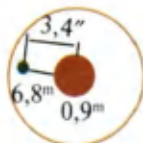
Vizual qo'shaloq yulduzga misol qilib, ko'pchilikka yaxshi tanish bo'lgan, Katta Ayiq (Cho'mich) yulduz turkumidagi «cho'mich bandi»ning oxiridan ikkinchi yulduzini olish mumkin. Qadimda arablar u yulduzga Alqor (Chavandoz) deb ot qo'yishgan. Uning yaqinidagi ko'z zo'rg'a ilg'aydigan yulduzcha Mitsar deb nomlanadi. Bu ikki yulduz o'zaro dinamik bog'lanishdagi vizual qo'shaloqlardir. Ularning orasi atigi 11'. Oddiy dala durbini orqali vizual qo'shaloqlardan ko'pini ko'rish mumkin (115- rasm). 116- rasmda vizual qo'shaloqlarning vakili Katta Ayiqning  $\xi$  sining asosiy yulduzga nisbatan kuzatilgan yo'ldoshning orbitasi keltirilgan.

*Tutiluvchi qo'shaloq* yulduzlarning tipik vakili qadimda arablar aniqlagan va Algul («Devning ko'zi» ma'nosini beradi) deb atagan Persey yulduz turkumining  $\beta$  yulduzidir. Bu qo'shaloq yulduzlarning orbita tekisliklari qarash chizig'i bo'ylab yotganidan, umumiy massa markazi atrofida aylanayotganda, ular bir-birini to'sib o'tadi va, natijada bu hol yulduz ravshanligini davriy ravishda ( $\sim 3$  sutkalik) o'zgartirib, qo'shaloqligidan darak beradi (117- rasm).

Va, nihoyat, *spektral qo'shaloq* yulduzlarning qo'shaloqligi, ularning ustma-ust tushgan spektrlaridagi umumiy chiziqlarning (har ikkala yulduz spektrida ham mavjud chiziqlarning) bir-biriga nisbatan davriy siljishidan bilinadi.

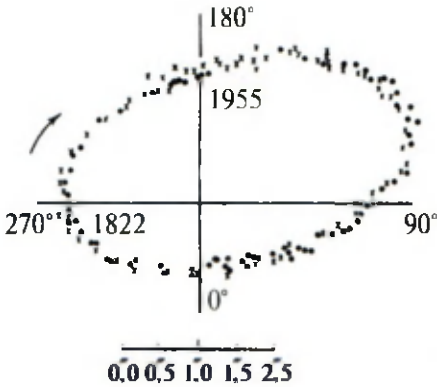
Andromeda-  
ning  $\gamma$  siHo'kizboqar-  
ning  $\epsilon$  siHo'kizboqar-  
ning  $\xi$  siYugurivchi  
tozilarning  $\alpha$  siSaratoning  
 $\iota$  siKassiopeya-  
ning  $\eta$  siOqqushning  
 $\beta$  siDelfinning  
 $\gamma$  siJavzoning  
 $\kappa$  siGerkulesning  
 $\alpha$  siGerkulesning  
 $\delta$  siPerseyning  
 $\eta$  si

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

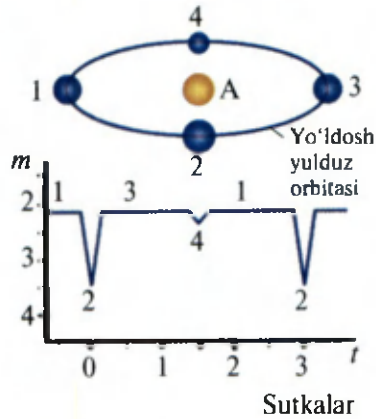
Aqrabning  
 $\delta$  siAqrabning  
 $\beta$  si

Ko'pchilik qo'shaloqlarni haqiqiy qo'shaloqmi yoki optik qo'shaloqligini aniqlash uchun ularning harakatlarini uzoq yillar kuzatishga to'g'ri keladi. Haqiqiy qo'shaloqlar tashkil etuvchilarining xususiy harakatlari deyarli bir xil ko'rinishda bo'ladi. Hozirga qadar turli metodlar yordamida topilgan zich qo'shaloq yulduzlarning soni o'nlab mingni tashkil etadi. Ulardan 10% ga yaqinining nisbiy (bosh yulduzga nisbatan) orbitalari aniqlangan.

Qo'shaloq yulduzlarning tashkil etuvchilari fazoda Kepler qonunlariga bo'ysungan holda harakatlanib, ularning har ikkalasi ham ularning umumiy massalari markazi atrofida o'zaro o'xshash ellipslar bo'ylab harakatlanadi. Qizig'i shundaki, yo'ldosh yulduzning bosh yulduz atrofidagi nisbiy harakat trayektoriyasi ham



**116- rasm.** Vizual qo'shaloq yulduz (Katta Ayiqling  $\xi$  yulduzi) orbitasi.



**117- rasm.** Tutiluvchi qo'shaloq yulduz:

1 – asosiy yulduzning (A) yo'ldosh yulduz bilan to'silishi; 4 – yo'ldosh yulduzning asosiy yulduz bilan to'silishi.

aynan shunday eksentrisitetli ellipsdan iborat bo'ladi. Hosil bo'lgan bunday ellipsning katta yarim o'qi tashkil etuvchi yulduzlar elliptik orbitalarining katta yarim o'qlarining yig'indisidan iborat bo'ladi.

Agar qo'shaloq yulduzlarning umumiy massa markaziga nisbatan orbitalari katta yarim o'qlarining nisbati ma'lum bo'lsa, shu asosda ularning massalari nisbatini aniqlash mumkin. Shuningdek, yo'ldosh yulduz nisbiy orbitasining katta yarim o'qi asosida, Keplerning umumlashgan 3- qonunidan foydalanib, yulduzlar massalarining yig'indisini ham topish mumkin. Bino-barin, bu ikki tenglamadan foydalanib, qo'shaloq yulduz komponentlarining massalarini alohida-alohida topishning imkoni mavjud. Shu sababdan qo'shaloq yulduzlarni o'rganish yulduzlar evolutsiyasiga doir bilimlarning shakllanishida muhim ahamiyat kasb etadi. Chunki oxir-oqibatda yulduzlarning taqdirini ularning massalari belgilaydi.



1. Haqiqiy qo'shaloq yulduzlar va optik qo'shaloq yulduzlar bir-biridan nimasi bilan farq qiladi?
2. Fizik qo'shaloq yulduzlarning qanday turlari bor?



3. Vizual qo'shaloq yulduzlar deb qanday qo'shaloqlarga aytiladi?
4. Tutiluvchi qo'shaloq yulduzlar deb-chi? Tutiluvchi qo'shaloqlarning ravshanlik egriligi nimasi bilan davriy xarakter kasb etadi?
5. Spektral qo'shaloq yulduzlarning qo'shaloqligi qanday bilinadi?
6. Qo'shaloq yulduzlar qanday nuqta atrofida elliptik orbitalar bo'ylab harakatlanadi?

## 11- §. Fizik o'zgaruvchan yulduzlar

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

**1. Pulsatsiyalanuvchi o'zgaruvchan yulduzlar** – ravshanliklarining bir maromda o'zgarishi bilan xarakterlanadi. Bu xildagi o'zgaruvchan yulduzlar ravshanliklarining o'zgarishi, asosan, ularning sirt qatlamlarining pulsatsiyalanishi hisobiga bo'lgani uchun ham ular shunday nomlanadi. Pulsatsiyalanish tufayli bunday yulduzlarning radiuslari ortayotganda ularning yorqinligi va temperaturasi maksimumga erishadi, aksincha kichrayayotganda (ya'ni yulduz siqilayotganda) esa yorqinligi va temperaturasi kamayadi. Pulsatsiyalanuvchi o'zgaruvchan yulduzlar davrlarining uzunligi va ravshanliklarining o'zgarish darajasiga ko'ra sefeidlarga va Liraning RR tipidagi yulduzlarga bo'linadi.

**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 yetadi. Bunday yulduzlar ravshanligining egriligi Sefey yulduz turkumi  $\delta$  yulduzining o'zgarishiga o'xshaganligi uchun ham ular *sefeidlar* deb ataladi (118- rasm).

Sefeidlar ravshanligining o'zgarishi 0,1 dan 2,0 yulduz kattaligi chegarasida bo'ladi.

Sefeidlar chaqnashining maksimumida F spektral sinfga mansub yulduz ko'rinishida bo'lib, minimumida G sinfga mansub yulduz ko'rinishini oladi. Ravshanliklarining bunday o'zgarishi yulduz temperaturasining o'rtacha 1500 gradusga o'zgarishiga mos keladi. Sefeidlar spektrida kuzatiladigan chiziqlar uning ravshanligi

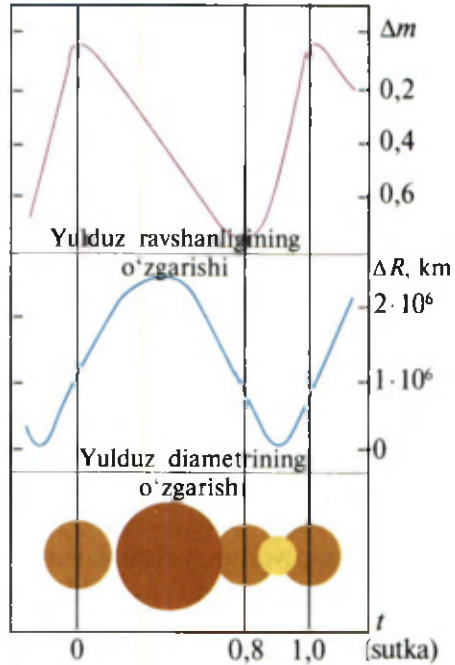


o'zgarishining fazasiga mos ravishda qizil yoki binafsha tomonga siljib turadi. Bunday siljishlar ham davriy xarakterga ega bo'lib, qizil siljishning maksimumi sefeid ravshanligining minimumiga, binafsha siljishning maksimumi esa ravshanlikning maksimumiga to'g'ri keladi. Sefeidlarning davrlari va ravshanliklari orasida bog'lanish mavjud bo'lib, ular ravshanliklarining ortishi davrlarining ortishida o'z aksini topadi.

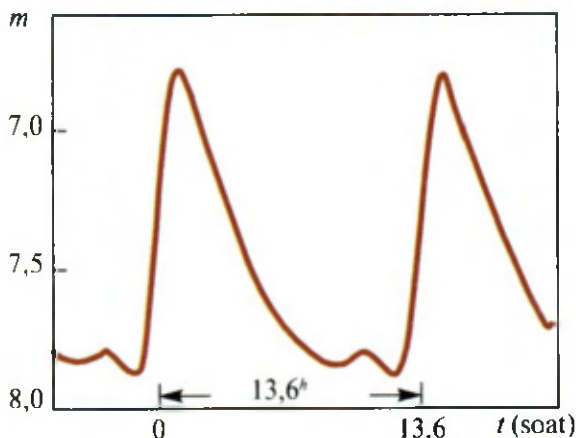
Sefeidlar F va G sinflarga kiruvchi gigant va o'tagigant yulduzlar bo'lganidan ularni Galaktikamizdan tashqaridagi obyektlarda ham ko'rishning imkoni bor.

**Liraning RR tipidagi o'zgaruvchan yulduzlar** A spektral sinfiga kiruvchi gigant yulduzlar bo'lib, ravshanligining o'zgarish intervali 1–2 yulduz kattaligiga qadar boradi. Spektral sinflarining o'zgarishi A va F sinflar bilan chegaralanadi. Bu tipdagi yulduzlar ravshanliklarining o'zgarish davri 0,05 sutkadan 1,2 sutkagacha bo'lib, juda katta aniqlik bilan kuzatiladi (119- rasm).

Sefey yulduz turkumining  $\beta$  si yoki Katta It yulduz turkumining  $\beta$  si tipidagi fizik o'zgaruvchan yulduzlar ravshanligining egriligi bo'yicha RR tipidagi yulduzlarni eslatganda, yorqinligining juda kam o'zgarishi (0,2 yulduz kattaligida) bilan ulardan farq qiladi. Bu tipdagi yulduzlarning o'zgarish davri 3 soatdan 6 soatgacha borib, sefeidlarniki kabi, ravshanliklarining o'zgarishi davriga bog'liq bo'ladi.



**118- rasm.** Sefeid (Sefeyning  $\delta$  tipidagi yulduz)larning ravshanligi ( $\Delta m$ ) va radiusining o'zgarish ( $\Delta R$ ) egriliklari.



119- rasm. Liraning RR o'zgaruvchi yulduzi ravshanligining o'zgarishi.

O'zgaruvchan yulduzlarning bu ikki asosiy turidan tashqari uzun davrli o'zgaruvchi yulduzlar ham mavjud.

Savr yulduz turkumining RV tipidagi yulduzlar ravshanligining o'zgarish davri nisbatan qat'iyligi bilan boshqa tipdagi fizik o'zgaruvchan yulduzlardan farq qiladi. Ularning davri 30 sutkadan 150 sutkagacha borib, ravshanliklari 3 yulduz kattaligiga qadar o'zgaradi. Bu tipdagi yulduzlarning spektral o'zgarish chegarasi G sinfdan K sinfgacha boradi.

Kit yulduz turkumidagi Mira tipidagi yulduzlar, uzun davrli o'zgaruvchan yulduzlardan bo'lib, ularning o'zgarish davri 80 sutkadan 1000 va undan ortiq sutkagacha boradi. Ravshanligining o'zgarish amplitudasi esa 5,5 yulduz kattaligigacha yetadi. Bunday yulduzlar yorqinligining maksimumida, ravshanligining minimumida uning spektrida kuzatilgan metall chiziqlar o'rnini vodorodning emission chiziqlari egallaydi.



1. Fizik o'zgaruvchi yulduzlarning qanday fizik parametrlari davriy ravishda o'zgaradi?
2. O'zgaruvchi yulduzlarning qanday turlarini bilasiz?
3. Sefeidlar deb qanday pulsatsiyalanuvchi yulduzlarga aytiladi?
4. Ularni o'zgarishining xarakterli xususiyatlari nimada?
5. Liraning RR rsumidagi o'zgaruvchi yulduzlarning o'zgarishi, sefeidlardan farqli o'laroq qanday kechadi?



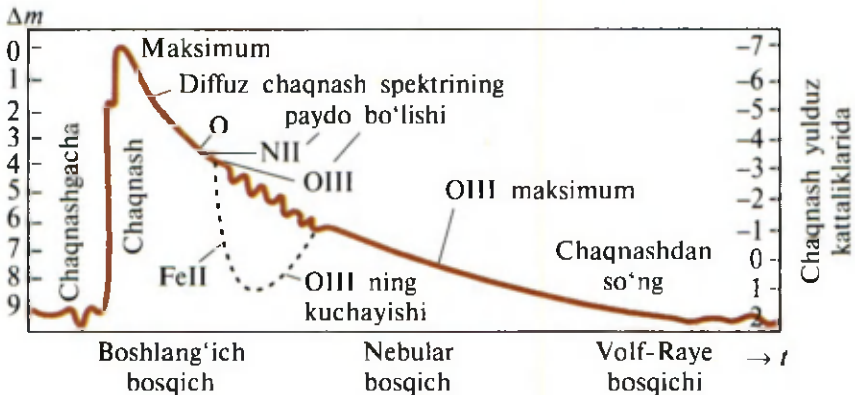
## 12- §. Eruptiv o'zgaruvchan yulduzlar

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 bo'ladi. Bunday chaqnashlar mazkur yulduzlardan plazmaning uloqtirilishi (erupsiyasi) bilan tushuntirilgani uchun ham ular eruptiv o'zgaruvchan yulduzlar deb yuritiladi. Eruptiv yulduzlarning tipik vakillari yangi va o'tayangi yulduzlardir.

**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 yulduzlar bo'lib, o'z evolutsiyasining ma'lum bosqichida chaqnash tufayli ravshanligi 10–13 yulduz kattaligigacha ortib, oddiy ko'z bilan ko'rinadigan ravshan yulduzga aylanadi. O'z chaqnashlarining maksimumida, ularning absolut yulduz kattaliklarining o'rtacha miqdori 8,5 yulduz kattaligigacha borib, bunda ular A–F spektral sinflarga mansub o'tagigant yulduzlar ko'rinishiga juda o'xshab ketadi.

Yangi yulduzlarning chaqnash egriligi alohida ko'rinishga ega bo'lib, u chaqnash jarayonini bir necha bosqichga ajratib o'rganishga imkon beradi (120- rasm). Chaqnashning dastlabki bosqichi juda tez, 2–3 sutkada ro'y berib, maksimumga erishishidan oldin bir «to'xtab oladi». Maksimumdan so'ng, yulduz yorqinligi



120- rasm. Yangi yulduzning chaqnash egriligi.



pasaya borib, dastlabki holatiga yetishi uchun ba'zan yillar o'tadi. Yorqinlikning dastlabki 3 yulduz kattaligiga qadar pasayish bosqichi deyarli bir tekis kechadi. Yorqinlikning keyingi 3 yulduz kattaligi pasayishi o'rta bosqich deyilib, bunda yulduz yorqinligi bir tekis tushishi yoxud tushish tebranishlar bilan kechishi mumkin va, nihoyat, chaqnash so'nishining oxirgi bosqichi yana bir tekis kechib, oqibatda yulduz chaqnashgacha bo'lgan yorqinligiga erishadi.

Yangi yulduzlarning chaqnash mexanizmi haqida hozirgacha aniq bir fikrga kelinmagan. Bu to'g'ridagi mavjud gipotezalarning biriga ko'ra, yulduzning chaqnashi uning ichida kechayotgan fizik jarayonning oqibati deyilsa, boshqasida bu hodisada tashqi omillar ta'siri asosiy rol o'ynaydi deb qaraladi.

Yangi yulduzlarning portlash jarayoni, zich qo'shaloq yulduzlarning o'zaro modda almashinishi natijasida ro'y beradi, degan gipoteza bu borada e'tiborga sazovor gipotezalardan sanaladi. Bordi-yu, asosiy yulduzning vodorodga boy bir qism moddasi, yo'ldosh hisoblanmish oq mitti yulduz sirtiga tushsa, uning sirtida termoyadro sintezi bilan kechadigan portlash (chaqnash) ro'y berib, katta miqdorda energiya ajraladi. 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 kuzatadi.

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 bo'lib, yorqinligi keskin o'zgaruvchi (chaqnovchi) yulduzlardir. Ularning 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.



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

Ma'lum galaktikada o'tayangi yulduzlarning 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 quvvatli-laridan hisoblanadi. Bu yulduzni, uning portlashdan so'ng bir necha kun davomida kunduzi ham ko'rishning iloji bo'ldi. Chaqnash paytida bunday yulduzlar, 0,1 dan to 1,0 Quyosh massasigacha miqdoriga 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 turkumidagi bu tumanlik Qisqichbaqasimon tumanlik nomi bilan mashhur (121- rasm). 1572- yili boshqa bir o'tayangi yulduz daniyalik astronom Tixo Brage tomonidan Kassiopeya yulduz turkumida, 1604- yili esa Kepler tomonidan Ilon Eltuvchi yulduz turkumida kuzatildi.



Garchi o'tayangi yulduzlarning chaqnash mexanizmiga doir masala hali uzil-kesil hal etilmagan bo'lsa-da, biroq bu hodisa 2–3 Quyosh massasiga teng yulduzlar evolutsiyalarining oxirgi bosqichlarida vujudga keladigan nomuvozanatlikning oqibati ekanligi aniq.



1. Eruptiv o'zgaruvchi yulduzlar deb qanday o'zgaruvchi yulduzlarga aytiladi?
2. Yangi yulduzlar chaqnashi qanday kechadi? Ular haqiqatan ham yangimi?
3. O'tayangi yulduzlar yangi yulduzlardan nimasi bilan farq qiladi?
4. Galaktikamizda nechta o'tayangi yulduz kuzatilgani haqida ma'lumotlar bor?
5. O'tayangi yulduzlarning qoldig'i qanday osmon obyektlariga aylanadi?
6. Qisqichbaqasimon tumanlik qaysi o'tayangi yulduzning qoldig'i ekanini bilasizmi?

## IX

# KOINOTNING TUZILISHI VA EVOLUTSIYASI



### 1- §. Galaktikalarning ochilishi. Bizning Galaktika

XX asrning boshlariga qadar Koinot, bizning yagona yulduzlar sistemamiz – Galaktikamiz bilan chegaralangan degan fikr hukmronlik qilardi. Keyinchalik olimlar, Galaktikamizdan tashqarida yana ko'p yirik yulduz sistemalari mavjud degan fikrga keldilar. Uzoqdagi bunday yirik yulduz sistemasi tumanlik shaklida bo'lishini anglagan astronomlar, birinchi navbatda, ularni osmonning turli tomonlaridan joy olgan tumanliklardan izladilar.

Bunda ko'pchilik tumanliklar yulduzlardan tarkib topmaganligi spektrlaridagi emission (nurlanish) chiziqlari tomonidan oshkor qilinib, ular aslida yulduzlararo diffuz gaz tumanliklar ekanligi ayon bo'ldi. Biroq shu bilan birga olimlar spektrlari yulduzlarning spektriga o'xshash o'nlab yulduzlarning yirik to'dalarini ham topdilar. Bularning tipik vakili Andromeda tumanligi edi. Unda spiral strukturali yenglar ham kuzatilib, bu tashqi galaktikalardan biri ekanligiga shubha qolmadi.

Andromeda yulduz turkumida joylashgan bu tumanlik Galaktikamiz chegarasidami yoki undan tashqaridagi mustaqil galaktika ekanligini aniqlash uchun ungacha masofani aniqlash zarur edi. Bu muammoni XX asrning 20- yillarida amerikalik astronom E.Habbl hal qildi. U ko'zglasining diametri 2,5 m li reflektordan Andromeda tumanligini kuzatib, unda ba'zi yulduzlarni, jumladan, Sefeidlarning aniq tasvirini ko'rdi. U sefeidlarning davri asosida tumanlikkacha masofani aniqladi. Bu masofa shu qadar katta chiqdiki, bundan olim, ushbu tumanlik Bizning Galaktikamizga hech daxli bo'lmagan alohida mustaqil yulduzlar sistemasi – galaktikaligini darrov fahmladi.



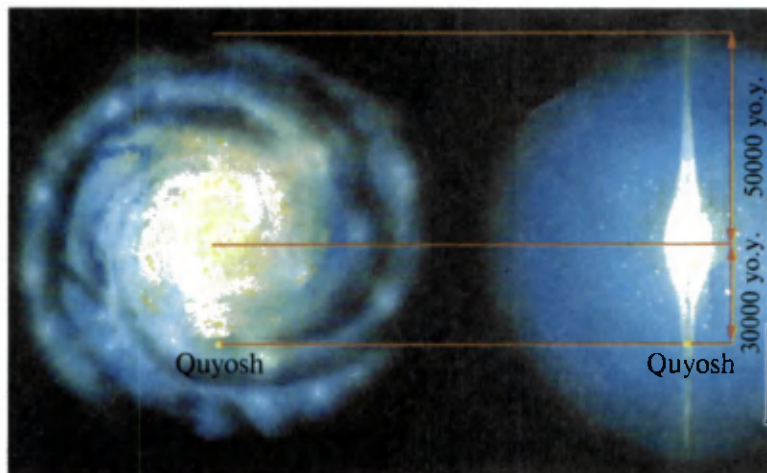
122- rasm. Galaktikamizning «belbog'i» hisoblanmish – Somon Yo'li.

Endi, Quyoshimizni bir yulduz sifatida o'z ichiga olgan, o'zimizning yulduzlar sistemamiz – Galaktikamiz ustida to'xtalaylik.

Tunda qorong'i osmonga qarasaq, butun osmon bo'ylab chozilgan yorug' – somon to'kilgan yo'lni eslatuvchi va yoshligimizdan bizga kattalar Somon Yo'li deb tushuntirgan tasмага ko'zimiz tushadi. Haqiqatan ham, bu Galaktikamizning yulduzlar nisbatan zich joylashgan «belbog'» qismi hisoblanib, osmon ekvatori tekisligi bilan 62 gradusli burchak tashkil etadi (122- rasm).

Somon Yo'li bo'ylab kuzatilsa, uning hamma qismining kengligi bir xil emasligi ma'lum bo'ladi. Oddiy dala durbini yoxud kichikroq teleskopdan Somon Yo'lga qaralgandayoq, u g'ij-g'ij yulduzlardan tashkil topganini ko'ramiz, faqat uning ayrim qismlarida yulduzlar deyarli ko'rinmaydi. Buning sababi, Somon Yo'lining shu qismida joylashgan chang bulutlar bo'lib, ularning ortida joylashgan yulduzlarning nurlanishlari bu bulutlarda butunlay yutilib, bizga ko'rinmay qoladi. Osmonda ko'rinadigan barcha yulduzlar Galaktikamizning tarkibini tashkil qiladi.

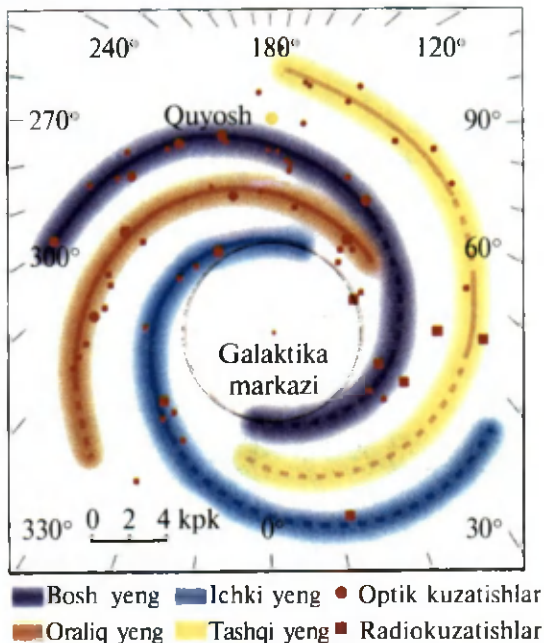
Bizning Quyosh ham (bir oddiy yulduz sifatida) shu ulkan yulduzlar sistemasining a'zosi bo'lgani uchun biz uni Bizning Galaktikamiz deb nomlaganmiz. Galaktikamizga kiruvchi yulduzlarning asosiy qismining fazoda egallagan shakli qavariq linza



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

ko'inishiga o'xshaydi. Bunday ko'rinisdagi Galaktikamizning diametri salkam 100 ming yorug'lik yiliga, qalinligi esa 7 ming yorug'lik yiliga tengdir. Quyosh sistemasi Galaktikamizning markazidan uning radiusining  $\frac{2}{3}$  qismiga teng masofada (33 ming yorug'lik yili) joylashadi (123- va 124- rasmlar). Agar Galaktikamiz diskiga (ya'ni Somon Yo'li tekisligiga) tepadan turib, boshqacha aytganda, uning tekisligiga tik yo'nalish tomonda turib qaralsa, Galaktikamiz markazdan spiral ko'rinishda tarqaluvchi va soat mayatnigi prujinasini eslatuvchi yenglar ko'rinishini oladi (124- rasmga qarang). Quyosh sistemasi tomondan qaralganda, Galaktikamizning markaziy yadrosi Qavs yulduz turkumiga proyeksiyalanadi.

Hisob-kitoblar, Galaktikamizda 150 mlrd ga yaqin yulduz borligini ma'lum qiladi. Yulduzlar Galaktikamizning asosiy qismini tashkil qiladi. Biroq bu degan so'z, u faqat yulduzlardan tuzilgan degani emas, unda yulduzlardan tashqari yulduzlarning turli sistemalari (karrali yulduzlar, yulduz to'dalari va g'ujlari), yulduzlararo gaz va chang muhit (bulutlar va tumanliklar), kosmik nurlar, vodorod atomlarining gazlari va boshqalar uchraydi. Maxsus kuzatishlar esa yulduzlarning ulkan bu to'dasi, jumladan, gaz va chang tumanliklar Galaktikamiz markazi atrofida ayla-



124- rasm. Galaktikamizning spiral «yenglari» (ust tomondan qaralganda).

nishini ma'lum qiladi. Barcha yulduzlar, jumladan, Quyosh (o'z «oila a'zolari» – planetalarni ergashtirib), Galaktikamiz yadrosi atrofida Somon Yo'li tekisligiga (Galaktikamizning ekvator tekisligi ham deyiladi) parallel ravishda aylanadi. Bunda yulduzlarning tezliklari ularning Galaktikamiz yadrosiga yaqin yoki uzoq joylashishiga ko'ra har xil bo'ladi. Quyosh va uning yaqinida joylashgan yulduzlarning aylanish tezliklari sekundiga 240 km ni tashkil qilib, aylanish davri taxminan 200 mln yilga tengdir.



1. Tashqi galaktikalar qachon va kim tomonidan ochildi?
2. Tashqi galaktikalar qanday usul bilan topildi?
3. Somon Yo'li Galaktikamizning qanday qismiga to'g'ri keladi?
4. Galaktikamizda taxminan qancha yulduz bor?
5. Uning o'lehamlari haqida nima bilasiz?
6. Galaktikamizning ko'rinishini ko'z oldingizga qanday keltirasiz?
7. Quyosh sistemasi Galaktikamizning qayeridan joy olgan?
8. Galaktikamizda yulduzlardan tashqari yana qanday yirik obyektlar bor?



## 2- §. 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 sonli — yuzlab, minglab to'da shaklida ham uchraydi. O'nlab yulduzlardan bir necha minggaacha yulduzlarni o'z ichiga olib, o'zaro dinamik bog'langan yulduzlarning sistemalari *yulduz to'dalari* yoki *g'ujlari* deb yuritiladi.

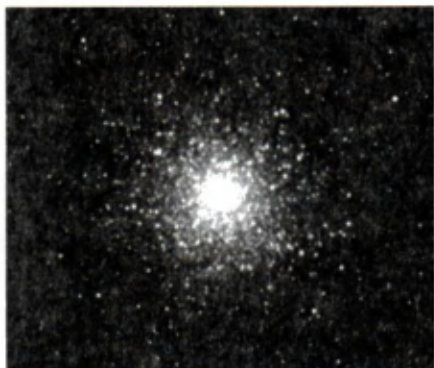
Tashqi ko'rinishiga ko'ra yulduz to'dalari ikki guruhga — *sochma* va *sharsimon* to'dalarga bo'linadi. *Sochma yulduz to'dalari* bir necha o'n yulduzdan bir necha minggaacha yulduzlarni o'z ichiga olgani holda, sharsimon to'dalar o'n mingdan yuz minggaacha yulduzlarni o'z ichiga oladi.

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 (125- rasm). Boshqa bir sochma yulduz to'da — Giadlar esa bizdan salkam 40 pk li masofada yotadi.

*Sharsimon yulduz to'dalari* sochma yulduz to'dalaridan kimyoviy tarkibi bilan farqlanadi. Xususan, sochma yulduz to'dalarining spektrida og'ir elementlarning miqdori 1–4 protsentni tashkil qilgani holda, sharsimon to'dalarda atigi 0,1–0,01 protsentni tashkil qiladi. Bunday hol ma'lum galaktikada sharsimon va sochma yulduz to'dalarining paydo bo'lishida turlicha sharoit mavjud bo'lganidan dalolat beradi. Shuningdek, bu sharsimon to'dalar hali og'ir elementlarga boyib ulgurmagani sferik shakldagi protogalaktik gaz tumanligidan paydo bo'lgan degan ilmiy gipotezaning tug'ilishiga sabab bo'lgan.



125- rasm. Hulkar deb nomlangan yulduzlarning sochma to'dasi.



**126- rasm.** 20000 dan ortiq yulduzni qamragan M-13 yulduzlarning sharsimon to'dasi.

Sharsimon to'dalar, yulduzlarining ko'pligi va aniq sferik shakliga ko'ra, sochma yulduz to'dalariga nisbatan yulduzlar fonida yaqqol ajralib ko'rinadi. Sharsimon to'dalarning o'rtacha diametri 40 pk atrofida bo'lib, Galaktikamizda bunday to'dalardan 100 ga yaqini topilgan. Sharsimon to'dalar, sochmalaridan farq qilib, Galaktikamizning markaziga tomon ularning konsentratsiyasi keskin ortib boradi. Sharsimon to'dalarning

tipik vakili Gerkules yulduz turkumida joylashgan M-13 deb nomlangan to'da bo'lib, u 20 mingga yaqin yulduzni o'z ichiga oladi, bizdan uzoqligi 24 ming yorug'lik yiliga teng (126- rasm).



1. Yulduz to'dalari necha xil bo'ladi?
2. Sharsimon yulduz to'dalarining o'lchamlari va tarkibi haqida nimalar bilasiz?
3. Sochma yulduz to'dalari sharsimonlaridan qanday farq qiladi?
4. Sochma yulduz to'dalari o'lchamlari va tarkibi haqida gapirib bering.
5. Sharsimon va sochma yulduz to'dalarining vakillari sifatida qaysi to'dalarini bilasiz?

### 3- §. Yulduzlararo chang va gaz

Yulduzlar osmoni tushirilgan fotorasmlarda ular bir tekis taqsimlanmaganini sezish mumkin. Buning asosiy sababi, ayrim – yulduzlar kam kuzatiladigan sohalarda nurlanishni kuchli yutadigan yirik *chang materiyani*ng borligidir. Yulduzlararo bunday nurlanishni kuchli yutuvchi materiyani ng borligini bundan yuz yildan ko'proq vaqt oldin taniqli astronom Y.V.Struve bashorat qilgan edi. 1930- yillarda yulduzlararo bunday muhitning mavjudligi uzil-kesil tasdiqlandi.





Bunday nurlanishni kuchli yutuvchi chang muhitining borligiga Janubiy Krest yulduz turkumida proyeksiyalanadigan «Ko'mir qopi» va Orion yulduz turkumida joylashgan «Ot boshi» tumanliklari yorqin misol bo'la oladi (127- rasm).



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

«Ko'mir qopi» qora tumanligi bizdan 150 pk masofada, o'lchami 8 pk ga yaqin Somon Yo'lidagi tumanlik bo'lib, uning burchak o'lchami  $3^\circ$  ni tashkil etadi. Teleskop bilan kuzatil-

ganda uning ko'rish chegarasida kuzatiladigan xira yulduzlarning soni tumanlikdan tashqarida shunday maydonda kuzatiladigan yulduzlar sonidan taxminan 3 martacha kam chiqadi. Bundan «Ko'mir qopi» undan narida joylashgan yulduzlarning nurlanishlarini yutib, ularning nurlanishlarini qariyb 3 marta kamaytiradi degan xulosa kelib chiqadi. Bunday yutilish yulduzlarning ko'rinma kattaligini

$$\Delta m = 1,2^m$$

kattalikka o'zgarishiga 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 yulduzlarning 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 quyulma qismini ko'rishni qiyinlashtiradi.

Yulduzlararo fazoda nurni yutuvchi bunday moddaning borligi, yana bir hodisa – nurning yulduzlararo qizarishi bilan tasdiqlangan. Bu hodisani miqdor jihatidan xarakterlash uchun,



yulduzning kuzatilgan rang ko'rsatkichi  $Cl_k$  bilan uning spektriga mos rang ko'rsatkichi  $Cl_s$  orasidagi farq bilan belgilanadigan rang orttirmasi CE degan tushuncha kiritiladi:  $CE = Cl_k - Cl_s$ . Aniq bir rangdagi yutilish kattaligi yulduz kattaligining o'zgarishi bilan quyidagicha ifodalanadi:

$$\Delta m = \gamma CE,$$

bu yerda  $\gamma$  – proporsionallik koeffitsiyentini ifodalab, agar yutilish fotografik yulduz kattaliklarida ifodalansa, 4 ga yaqin sonni, agar vizual yulduz kattaliklarida ifodalansa, 3 ga yaqin sonni beradi.

Yulduzning haqiqiy yulduz kattaligi  $m_0$  uning kuzatilgan yulduz kattaligi  $m_k$  orqali quyidagicha topiladi:

$$m_0 = m_k - \Delta m = m_k - \gamma CE.$$

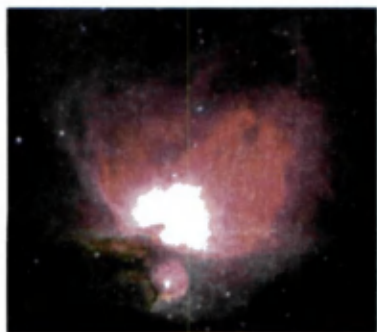
Quyosh atrofida 1000 pk li masofada joylashgan yulduzlar uchun rang orttirmasi  $0,5^m$  ga teng bo'lib, unga mos  $\Delta m$

$$\Delta m = 1,5^m,$$

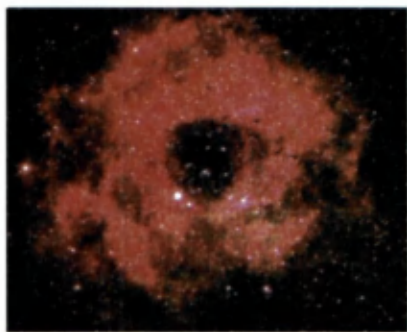
boshqacha aytganda, bu yulduzlarni ko'rinma nurlanishlari yulduzlararo yutuvchi muhit tomonidan taxminan 4 martacha susaytirilgan bo'lar ekan.

**Gazsimon tumanliklar.** Tim qorong'i osmonda yulduzlararo gaz hatto qurollanmagan ko'z bilan ham ko'rish mumkin bo'lgan eng mashhur gaz tumanlik Orion yulduz turkumida joylashgan bo'lib, uning eni 6 pk gacha cho'zilgan (128- rasm). Shuningdek, Qavs yulduz turkumida Laguna, Omega va Uchtarmoqli, Oqqush yulduz turkumida Shimoliy Amerika va Pelikan, Yakkashox yulduz turkumida Rozetka (129- rasm) kabi taniqli gaz tumanliklar mavjud. Bu xildagi jami obyektlarning soni 400 ga yaqin.

Bu tumanliklarning spektri vodorodning  $H_{\alpha}$  va  $H_{\beta}$ , ikki qayta ionlashgan kislorodning OIII chiziqlari ( $\lambda = 5007 \text{ \AA}$ ,  $\lambda = 4950 \text{ \AA}$ ), azot va boshqa elementlarning emission chiziqlaridan tashkil topib, tutash spektri juda xira fonda ko'rinadi. Aksariyat hollarda tumanlikning ichida yoki uning yon atrofida qaynoq O yoki B0 sinfiga tegishli yulduz uchraydi. Bunday yulduz quvvatli ultrabinafsha nurlanishning manbayi bo'lib, uning yaqinida joylashgan tumanlik gazining atomlari tomonidan yutilib, ularni ionlanishiga



**128- rasm.** Orion yulduz turkumidan joy olgan ulkan Orion gaz tumanligi.



**129- rasm.** Yakkashox yulduz turkumidagi «Rozetka» gaz tumanligi.

va nurlanishga majbur etadi. Bunda yulduzning quvvatli ultrabinafsha nurlanishining asosiy qismi gaz atomlarini ionlashtirishga sarf bo'lib, kam qismi, oqibatda issiqlikka aylanadigan elektronlarning kinetik energiyasini orttirishga ketadi.

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  $10^4$  K ga teng temperatura mazkur tumanlikning issiqlik radionurlanishi orqali tasdiqlanadi.

**Neytral vodorodning Galaktika bo'ylab taqsimlanishi.** Vodorodning yulduzlararo fazodan joy olgan sovuq gazlarda kuzatiladigan neytral chizig'i, bu sohalarining fizik xossalari va tabiatlarini qisman bo'lsa-da o'rganishga imkon beradi. Galaktikamizda neytral vodorodning taqsimlanishi to'g'risidagi to'la ma'lumotni vodorodning bevosita nurlanishini o'rganish asosida qo'lga kiritish mumkin. Bunga neytral vodorodning, radiodiapazonda, 21 sm li to'liqindagi nurlanishlarini o'rganish orqali erishiladi.

21 sm li to'liqin uzunligida nurlanayotgan vodorod atomining umumiy soni shu qadar ko'pki, natijada galaktika tekisligida yotgan qalinligi 1 kpk li muhit 21 sm li radionurlanishlar uchun



butunlay tiniqmas holatda bo'ladi. Shuning uchun ham Galaktika tekisligida yotgan neytral vodorod harakatsiz holda bo'lganda, uning 1 kpk li masofadan, ya'ni Galaktika radiusining 6 protsent qismidan narida ko'rishning iloji yo'q. Biroq bu hol faqat Galaktika markazi va unga qarama-qarshi yotgan yo'nalishlar uchun-gina o'rinli bo'lib (chunki bu yo'nalishlarda harakatlar qarash chizig'iga perpendikular yo'nalishda bo'lib, uning radial tashkil etuvchisi nolga teng bo'ladi), qolgan barcha yo'nalishlarda, Galaktikaning aylanishi tufayli, turli obyektlarning nuriy tezliklarining farqi masofaning ortishi bilan ortib boradi. Shuning uchun ham Galaktikaning nuriy tezligining ma'lum qiymati bilan xarakterlanadigan turli sohalar o'rganilayotgan to'lqin uzunligining dopplercha siljishi tufayli 21 sm li to'lqin uzunligidan sal uzunroq va sal qisqaroq «xususiy» to'lqin uzunligi bilan nurlanadi. Har bir to'lqin uzunligiga mos radiospektr chizig'ining profili Galaktikamiz differensial aylanish effektining kattaligiga mos masofada gaz zichligi haqida ma'lumot beradi.



1. Yulduzlararo chang muhit qanday aniqlangan?
2. Yulduzlararo chang orqali o'tgan yulduzlarning nurlanishida qanday o'zgarishlar bo'ladi?
3. Diffuz gaz tumanliklar chang tumanliklardan nimasi bilan farq qiladi?
4. Diffuz gaz tumanliklarning spektri qanday xususiyatlarga ega?
5. Diffuz tumanliklarning nurlanishiga sabab nima?
6. Yulduzlararo chang va diffuz tumanliklar ichida eng taniqlilarining nomlarini ayting.

#### **4- §. Galaktikada yulduzlarning taqsimlanishi** (mustaqil o'qish uchun)

Yulduzlargacha masofalarni bilish ularning fazodagi taqsimotini aniqlashga, binobarin, Galaktikamizning strukturasi o'rganishga imkon beradi. Galaktikaning turli qismlarida yulduzlar sonini baholash uchun yulduzlarning zichligi tushunchasi kiritiladi. Yulduzlarning zichligi 1 kub parsek hajmdagi yulduzlarning sonini xarakterlaydi. Hisob-kitoblar, Galaktikamizning Quyosh



atrofidagi sohada yulduzlarning zichligi 0,12 ekanligini ma'lum qiladi. Bu degani,  $8 \text{ pk}^3$  dan ortiqroq hajmga bitta yulduz to'g'ri keladi degani bo'ladi.

Osmonning turli qismlarida yulduzlarning zichligini aniqlash uchun osmonning har bir kvadrat gradus yuzasiga to'g'ri kelgan yulduzlar sonini hisoblash zarur bo'ladi. Bunday hisoblashlar, yulduzlarning konsentratsiyasi, Somon Yo'li tekisligiga yaqinlashgan sayin keskin ortib borishini ko'rsatadi. Bu hol Galaktikamiz o'qi bo'yicha siqilgan ko'rinishda bo'lib, Somon Yo'li uning o'qidan eng katta radiusli qismiga to'g'ri kelishini va Quyosh (aniqrog'i, Quyosh sistemasi) aynan shu simmetriya tekisligi yaqinida yotishini ma'lum qiladi (123- rasmga qarang).

Yulduzlarni Galaktikamizda taqsimlanishi to'g'risidagi boshqa bir muhim xulosaga ko'ra, osmonning ma'lum bir sohasida barcha yulduzlarning hisobini birdaniga emas, balki har bir yulduz kattaligiga alohida-alohida, ya'ni dastlab ko'rinma yulduz kattaligi  $m \leq k$  yulduzgacha bo'lgan yulduzlar sonini, so'ngra  $m \leq k + 1$  kattalikkacha bo'lgan yulduzlar sonini va hokazo hisoblash orqali erishish mumkin.

Agar bunda yulduzlarning zichligi masofaning ortishi bilan o'zgaraydi va ularning barchasi bir xil yorqinlikka ega deb faraz qilinsa, u holda yulduzlar xiralashgan sayin (ya'ni ko'rinma yulduz kattaliklari ortgan sayin) ular sonining ortib borishi, osmonning qaralayotgan aniq yuza birligiga proyeksiyalanayotgan hajmning orta borishi tufayli oson tushuntiriladi. Osmonning ma'lum bir sohasida  $m$  yulduz kattaligiga va undan kichik ko'rinma kattalikka ega bo'lgan yulduzlar, ilgari aniqlangan  $M = m + 5 - 5 \lg r$  formulaga ko'ra ushbu radius bilan chegaralangan shar sektori ichida joylanadi:

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

Barcha yulduzlarning yorqinliklari bir xil deb olganimiz tufayli ularning barchasining absolut yulduz kattaliklari ham bir xil  $M$  bo'ladi. Unda  $m + 1$  yulduz kattaligiga teng va undan kichik yulduz kattaligiga ega bo'lgan yulduzlar esa  $r_{m+1}$  radiusli shar sektori ichida yotib, u



$$\lg r_{m+1} = 1 + 0,2[(m + 1) - M] \quad (2)$$

dan topiladi.

Bu tenglamalardan keyingisidan oldingisini ayirsak,

$$\lg r_{m+1} - \lg r_m = 0,2 \quad \text{yoki} \quad \lg \frac{r_{m+1}}{r_m} = 0,2 \quad (3)$$

ga erishamiz.

Yulduzlarning zichligi o'zgarmaganda, yulduzlarning soni ular egallagan hajmning (binobarin radiuslarining) kubiga proporsional bo'lishini e'tiborga olsak,

$$\frac{N_{m+1}}{N_m} = \left( \frac{r_{m+1}}{r_m} \right)^3 = (10^{0,2})^3 = 10^{0,6}, \quad (4)$$

bundan

$$\lg \frac{N_{m+1}}{N_m} = 0,6 \quad (5)$$

yoki

$$\frac{N_{m+1}}{N_m} = 4 \quad (6)$$

bo'ladi. Bu *Zeyetiger qonuni* (yoki teoremasi) deyiladi. Biroq, kuzatishlar,  $m$  ortishi bilan yulduzlar soni bu qadar tez ortmasligini ko'rsatadi. Xususan,  $m$  ning uncha katta bo'lmagan qiymatlari uchun  $\frac{N_{m+1}}{N_m} = 3$  ga yaqin,  $m = 17$  kattalikdagi yulduzlar uchun esa  $\frac{N_{m+1}}{N_m} > 2$  chiqadi. Agar barcha yulduzlarning yorqinliklari bir xil deb qaralsa, u holda kuzatiladigan  $\frac{N_{m+1}}{N_m}$  nisbatga ko'ra Quyoshdan uzoqlashgan sayin yulduzlarning zichligi o'zgarishini osongina payqash mumkin.  $\frac{N_{m+1}}{N_m}$  ning kuzatilgan qiymatlarini solishtirib, Quyoshdan uzoqlashayotgan barcha yo'nalishlarda yulduzlarning zichligi kamaya borishi aniqlangan. Agar tanlangan yo'nalish bo'yicha yulduzlararo bo'shliqda nurning



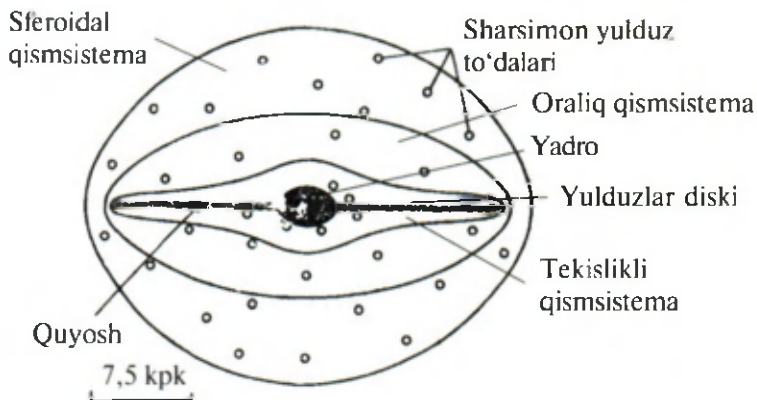
sezilarli yutilishi bo'lmasa, bundan Galaktikamizning cheklanganligi haqida xulosa kelib chiqadi.

Qilingan mulohazalar aslida yanada murakkab bir masalaning yechilishi uchun bir asos bo'ladi, xolos. Bu masala yulduzlar aslida bir xil yorqinlikka ega emasligini va kuzatish natijalariga ko'ra yulduzlararo muhit tomonidan yulduzlarning nurlanishlari sezilarli yutilishi tufayli ularni hisobga olinishi zarurligi hisobiga juda murakkab masalalardan sanaladi. Bu masalani hal qilishda, yulduzlarning yorqinliklarini baholash uchun fazoning ma'lum sohasida  $M$  dan  $M + 1$  absolut yulduz kattaligigacha bo'lgan yulduzlar umumiy yulduzlar sonining qancha qismini tashkil etishini hisobga oladigan yorqinlik funksiyasi  $f(M)$  deb ataluvchi kattalik kiritiladi. Agar yorqinlik funksiyasi ma'lum bo'lsa, u holda turli masofalarda yulduzlarning zichligini hisoblash masalasi ma'lum qiyinchiliklarga qaramay, hal qilsa bo'ladigan masalalardan hisoblanadi.

Amalda bu masala yetarlicha hal qilingan bo'lib, Galaktikamiz uning ekvator tekisligiga (Somon Yo'li tekisligiga) nisbatan simmetrik ko'rinishdagi qutblari bo'yicha siqilgan ko'rinishga ega ekanligi oshkor bo'ladi. Galaktikamiz markazi, Quyosh sistemasida qaralganda, oldin aytganimizdek, Qavs yulduz turkumida proyeksiyalanadi. Uning ekvatorial koordinatalari  $\alpha = 17^{\text{h}}40^{\text{m}}$  va  $\delta = 29^{\circ}$  ni tashkil etadi. Galaktika markaziga yaqinlashgan sayin yulduzlarning zichligi orta boradi. Shunday qilib, Galaktikamizda yulduzlarning zichligi uning ekvator tekisligi va markaziga tomon ortib borish tendensiyasiga ega.

Yulduzlar zichligini uning keskin kamayadigan masofalarida hamda Quyosh atrofi sohasida aniqlash, Galaktikamizning o'lchamlari haqida ma'lumot beradi. Aniqlanishicha, Quyosh Galaktikamiz markazidan taxminan 10 kpk masofada, Quyoshdan Galaktikamiz markazidan qarama-qarshi tomonda yotuvchi uning chegarasigacha masofa esa 5000 pk bilan xarakterlanadi. Bundan Galaktikamizning diametri 30 kpk atrofida ekanligi ma'lum bo'ladi. Quyoshning Galaktika tekisligidan uzoqligi esa (Shimoliy qutb tomonga) 25 pk ni tashkil etadi.

Galaktika tarkibining katta qismini tashkil etgan obyektlar – O va B sinfga kiruvchi yulduzlar, sefeidlar, sochma yulduz to'da-



130- rasm. Galaktikamizning asosiy tashkil etuvchilari.

lari, o'tayangi yulduzlarning bir qismi va yulduz assotsiatsiyalari Galaktikamizning ekvator tekisligida yotuvchi ingichka qalinlikdagi tekislik bilan chegaralangan fazoda joylashadi. Bu obyektlar haqida gap ketganda, ularni Galaktikamizning tekislikli qism sistemasining obyektlari deb eslanadi.

Biroq Galaktikamizning boshqa obyektlari, xususan, Liraning RR, Sumbulaning W, o'tayangilarning boshqa bir qismi, submittilar, sharsimon yulduz to'adalari egallagan hajm – diametri Galaktik tekislik bilan ifodalanadigan ellipsoid bilan chegaralanadi (130- rasm). Shuning uchun ham ular Galaktikamizning sferoidal (ba'zan sferik) qism sistemasini obyektlari degan umumiy nom bilan ataladilar. Galaktikamiz kinematikasini o'rganish, u Andromeda tumanligining strukturasi o'xshash spiral strukturaga ega ekanligini tasdiqlaydi.



1. Galaktikada yulduzlarning taqsimlanishi qanday qonunga bo'y-sunadi?
2. Bizning Galaktikamizda uning ekvator tekisligiga tomon yulduzlarning konsentratsiyasi qanday o'zgaradi?
3. Yulduzlarning zichligi unda qaysi yo'nalishda maksimumga erishadi?





## 5- §. Tashqi galaktikalar. Galaktikalarning sinflari va spektrlari

Galaktikamizdan tashqi astronomiyaning shakllanishi, yuqorida eslatilganidek, XX asrning 20- yillarida, yulduz turkumlarida proyeksiyalangan ayrim tumanliklarni, Galaktikamizdan tashqarida yotuvchi, biznikiga o'xshash tashqi galaktikalar ekanligi aniqlanishi bilan boshlandi.

Ulkan tashqi galaktikalardan biri Andromeda yulduz turkumida proyeksiyalanib ko'rinadi va shu yulduz turkumining nomi bilan Andromeda galaktikasi (ba'zan Andromeda tumanligi) deb yuritiladi (131- rasm). Andromeda tumanligi bizdan 2 million yorug'lik yiliga teng masofada yotadi. Havo tiniq bo'lgan tog'lik rayonlarda tunda uni oddiy ko'z bilan ko'rsa bo'ladi. U osmonda xira tuman dog' shaklida ko'rinadi.

Galaktikalar Koinotda keng tarqalgan bo'lib, bizga qo'shni boshqa shunday galaktika M-51 nomi bilan mashhur (132- rasm). Ungacha masofa 1,8 million yorug'lik yilini tashkil qiladi. Osmonning Janubiy yarim sharida joylashgan noto'g'ri formadagi bizga qo'shni galaktikalar Katta va Kichik Magellan bulutlari deb nom olgan.

Tashqi galaktikalar o'z o'lchamlariga ko'ra, turlicha kattaliklarda uchrab, eng yiriklari milliardlab, mittilari esa bir necha millionlab yulduzni o'z ichiga oladi. Gigant galaktikalarning o'lcham-



**131- rasm.** Andromeda yulduz turkumidan joy olgan mashhur Andromeda tumanligi (galaktikasi).



**132- rasm.** Yuguruvchi tozilar yulduz turkumidagi taniqli M-51 spiral galaktika.

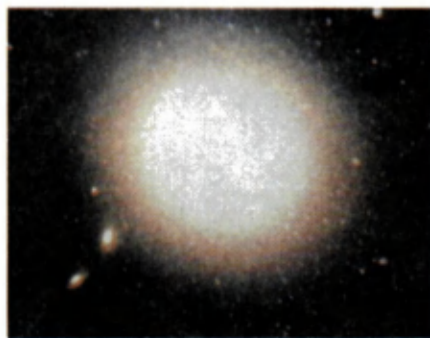


lari 50 ming parsekkacha (ya'ni diametri 150 ming yorug'lik yiligacha) borgani holda, eng kichiklari bir necha 100 parsekdan ortmaydi.

Hozirgi zamonning quvvatli teleskoplari yordamida rasimga tushirilgan galaktikalarning soni bir necha milliardni tashkil etadi. Biroq ulardan bir qismigina kataloglardan joy olib, strukturalari o'rganilgan va statistik tahlil etilgan xolos. Galaktikalar haqidagi ma'lumotlarni o'z ichiga olgan kataloglardan biri B.A.Voronsov-Velyaminov rahbarligida tuzilgan 4 tomlik «Galaktikalarning morfologik katalogi» bo'lib, u yulduz kattaligi 10.1 dan ravshan 30000 ga yaqin galaktikani o'z ichiga oladi. Galaktikalar tashqi ko'rinishga ko'ra turli-tuman bo'lsa-da, ko'pchiligini ba'zi o'xshash tomonlarini inobatga olib, bir necha tipga ajratish mumkin. Birinchi bo'lib, 1925- yilda astronom E.Xabbl galaktikalarning tashqi ko'rinishlariga ko'ra, quyidagi uchta sinfga bo'lishni taklif etdi: elliptik (E), spiral (S) va noto'g'ri (Irr) galaktikalar.

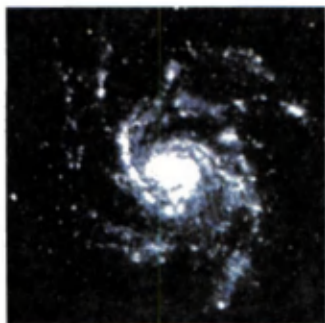
*Elliptik galaktikalar*, tashqi ko'rinishi ellips yoxud doira ko'rinishga ega bo'lgan galaktikalardir. Bunday galaktikalar uchun xarakterli xususiyatlardan biri ularning ravshanligi markazidan chetga tomon bir tekis pasayib boradi. Ularning ichida ajralgan holda biror-bir struktura elementi kuzatilmaydi (133- rasm).

*Spiral galaktikalar juda* keng tarqalgan bo'lib, kuzatiladigan galaktikalarning qariyb yarmi shu xildagi galaktikalardan hisoblanadi. Boshqa galaktikalardan farq qilib, ularning strukturasi aniq spiral yenglardan iborat bo'ladi. Andromeda va Bizning

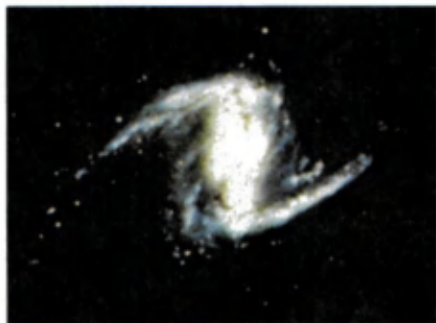


133- rasm. Elliptik galaktika.

Galaktikamiz spiral galaktikalarning tipik vakillaridan hisoblanadi. Spiral galaktikalar ham ikkiga bo'linadi. Ularning biri, bizning Galaktikamizga o'xshashlari S (yoki SA) bilan belgilanib, spiral struktura markaziy quyulma – yadrodan boshlanadi (134-a rasm). SB deb belgilanuvchi ikkinchi xilida esa spiral shoxobchalar yadro



a)



b)

**134- rasm.** Spiral galaktikalar:

a) spiral markazdan o'suvchi; b) spiral markaziy ko'prikdan o'suvchi.

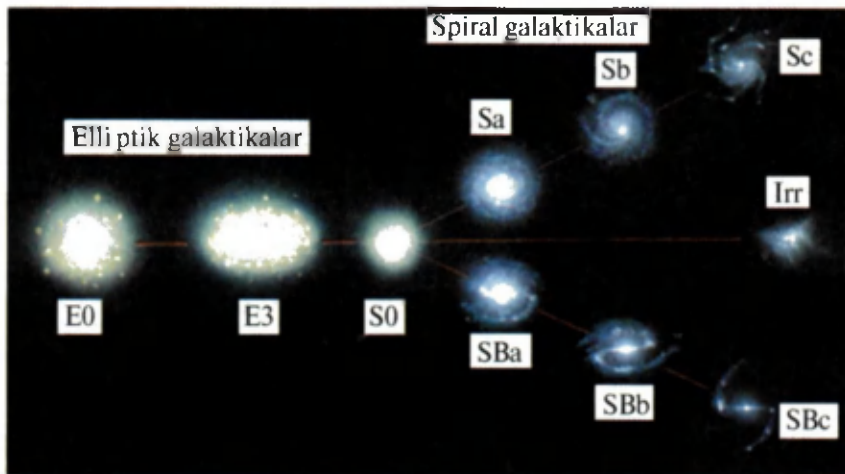
o'rnida diametr bo'ylab cho'zilgan ko'priksimon strukturaning uchlaridan boshlanadi (134-*b* rasm). Spiral galaktikalar, yenglarining rivojlanish darajasiga ko'ra, yana qo'shimcha Sa, Sb, Sc, Sd (yoki SBa, SBb, SBc, SBd) sinflarga bo'linadi.

Spiral va elliptik galaktikalar oralig'idagi (strukturaga ko'ra) galaktikalar linzasimon galaktikalar (S0) tipini tashkil qiladi.

*Noto'g'ri galaktikalarda* yadro bor-yo'qligi bilinmaydi. Shuningdek, ular aylanma simmetriyali strukturaga ega emas. Bunday galaktikalarga misol qilib Katta-Magellan Bulutini (KMB), Kichik Magellan Bulutini (KichMB) (ular Somon Yo'li atrofida kuzatiladi) keltirish mumkin. Noto'g'ri galaktikalarga, shuningdek, pekulyar galaktikalar ham kiradi. Bunday galaktikalar uchun umumiy ko'rinish strukturasi mavjud bo'lmay, ularning har biri o'zicha noyob ko'rinishga ega bo'ladi.

Galaktikaning tashqi ko'rinishi uning yoshi bilan bog'liq bo'lib, galaktika evolutsiyasining ma'lum bosqichiga mos keladi (135- rasm).

*Galaktikalarning spektri.* Galaktikamizdan tashqi tumanliklarning spektri yulduzlarning spektrini eslatib, yutilish chiziqlaridan tashkil topadi. Ular tarkibiga ko'ra, A, F va G sinflarga kiruvchi yulduzlarning spektridan faqat ayrim gaz tumanliklarining spektrlarida uchraydigan emission chiziqlari borligi bilan farq qiladi. Bundan kuzatilgan tumanliklar, yulduzlar sistemasi va diffuz materiyadan tashkil topganligi ayon bo'ladi.



135- rasm. Galaktikalarning evolutsiyasi.

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 spektrini eslatadi.

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 metodi asosida aniqlanadi.



1. Tashqi galaktikalardan birinchi kashf etilgani qaysi bir galaktika?
2. Bizga qo'shni galaktikalardan qaysilarini bilasiz?
3. Tashqi galaktikalargacha masofalarni aniqlashning qaysi usullari haqida eshitgansiz?
4. Tashqi galaktikalarning qanday sinflarini bilasiz?
5. Spiral, elliptik va noto'g'ri galaktikalar bir-birlaridan qanday xususiyatlari bilan farq qiladi?
6. Galaktikalarning spektrlari ularning sinfiga bog'liqmi? Bog'liq bo'lsa, ularning spektrlarida qanday farq bor?



## 6- §. Radiogalaktikalar

Oxirgi 40 yil ichida astronomlar 10 mingdan ortiq diskret radionurlanish manbalarini ochib, bu manbalarning ro'yxatlari (kataloglari)ni tuzdilar. Bular ichida Uchinchi Kembrij katalogi (qisqacha 3C) to'raligi bilan boshqalardan ajralib turadi. Bunday quvvatli radiomanbalardan bir qanchasi o'zimizning Galaktikamizga tegishli bo'lib, aksariyat holda ular o'tayangi yulduzlar chaqnashining qoldiqlari hisoblanadi.

Biroq, ko'p hollarda, radionurlanishning manbalari tashqi galaktikalar bo'lib, ularning radiodiapazonda nurlanish energiyasi, optik diapazondagi nurlanish energiyasining atigi  $10^{-6}$  qisminigina tashkil etadi.

Spiral va noto'g'ri tipdagi galaktikalar ham kuchsiz radionurlanish manbalaridan bo'lib chiqdi. Ularning detsimetrli diapazonda nurlanish energiyasi taxminan  $10^{32}$  W ni tashkil etadi. Shu diapazonda elliptik galaktikalarning radionurlanishi ularnikidan 100 martacha ortiq bo'lib, quvvati  $10^{36}$  W gacha boradi.

Radiodiapazonda nurlanish quvvati optik diapazondagi nurlanish quvvati bilan bir xil tartibda yoki undan ortiq bo'lgan galaktikalar *radiogalaktikalar* deb yuritiladi. Shunday katta quvvatli, bizga yaqin joylashgan radiogalaktikalardan biri «Oqqush A» deb ataladi. Spektridagi qizilga siljishga ko'ra, aniqlangan uning masofasi taxminan 330 Mpk ga teng. Eng uzoqdagi radiogalaktikalarning vakili «Sentavr A» esa Bizning Galaktikamizdan taxminan 2500 Mpk masofada yotadi. Ularning radionurlanishi noisqlik xarakter kasb etib, magnit maydonlarida relyativistik (yorug'lik tezligiga yaqin tezliklar bilan harakatlanuvchi) elektronlarning keskin tormozlanishi oqibatida vujudga kelgan nurlanishlari bilan tushuntiriladi.



1. Galaktikalar radiodiapazonda ham nurlanadimi?
2. Radiogalaktikalar deb qanday galaktikalarga aytiladi?
3. Galaktikalarning radionurlanishi ularning sinflariga bog'liqmi?
4. Qaysi sinfga kiruvchi galaktikalar radiodiapazonda kuchli nurlanadi?
5. Qanday taniqli radiogalaktikalarni bilasiz?



## 7- §. Kvazarlar

Radiodiapazonda juda katta quvvat bilan nurlanadigan Galaktikamizdan tashqi obyektlardan biri *kvazarlar* deb ataluvchi obyektlardir. Birinchi kvazar 1960- yilda Uchburchak yulduz turkumida  $16^m$  kattalikdagi yulduzga o'xshash obyekt sifatida kashf etilib, shartli ravishda 3C48 nom bilan ataldi. 1963- yilda 13- yulduz kattaligiga ega bo'lgan shunday radioobyekt Sunbula yulduz turkumida topilib, u 3- Kembrij katalogida 3C273 nom bilan qayd etildi.

Uzoq vaqtga qadar bu obyektlarning spektrlarini tahlil qilish mushkul bo'ldi. Va nihoyat, ularning spektridagi chiziqlar qaysi atomlarga tegishli ekanligi aniqlangach, ularning «qizilga siljish» kattalıkları aniqlandi. So'ngra Xabbl qonuni asosida, ularning masofalari va yorqinliklari hisoblandi. Natijada, ular Bizning Galaktikamizga daxli bo'lmagan va milliardlab yorug'lik yili bilan o'lchanadigan ulkan masofalarda yotuvchi o'ta quvvatli radio-obyektlar bo'lib chiqdi. Ayni paytda bir necha yuzlab kvazarlar kashf etilgan bo'lib, ulardan OQ172 nomlanganigacha masofa 10 milliard yorug'lik yilidan ham ko'p chiqadi.

Kvazarlarning nurlanish quvvati hayratga soladigan darajada yuqori bo'lib, yorqinliklari  $10^{40}$ – $10^{41}$  W ni tashkil etadi. Bu – kvazarlar yuz milliardlab yulduzi bo'lgan eng quvvatli galaktikalarining yorqinligidan 100, hatto 1000 marta ko'p quvvat bilan nurlanadigan osmonning noyob obyektlari degani bo'ladi. Shu xususiyatlariga ko'ra kvazarlar Koinotning eng sirli obyektlaridan hisoblanadi. 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 quyulmasi ko'rinishida ko'z oldilariga keltiradilar.



1. Kvazarlar qaysi diapazonda katta quvvat bilan nurlanuvchi obyektlar hisoblanadi?
2. Birinchi topilgan kvazarlar qanday atalgan?



3. Kvazarlar Galaktikamizga tegishli obyektlarmi?
4. Ulargacha masofa taxminan qancha parsekkacha boradi?
5. Ularning nurlanish quvvati qanday chegaralarda baholanadi?

## 8- §. Galaktikalarning Koinotda taqsimlanishi

Galaktikalarning fazoda taqsimlanishini o'rganish ham yulduzlarning galaktikada taqsimlanishini o'rganishdagi kabi bo'lib, osmonning ma'lum uchastkasidagi (aksariyat 1 kvadrat gradusda) galaktikalar soni  $N_m$  deganda, shu uchastkadagi yulduz kattaligi  $m$  va undan kichik kattalikdagi galaktikalarning soni anglashiladi.

Agar galaktikalar fazoda bir tekis taqsimlanadi deb faraz qilinsa, yulduzlar statistikasida aniqlanganidek (IX, 3- §),

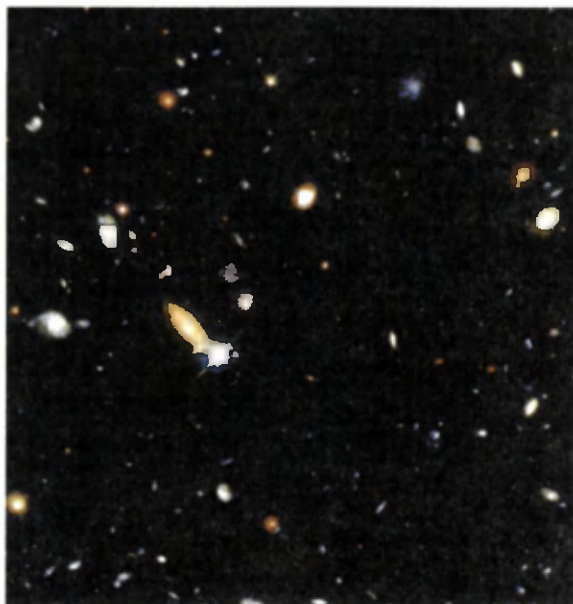
$$\frac{N_{m+1}}{N_m} \approx 4$$

bo'ladi.

Bu muammo, birinchi marta, 2,5 metrlik reflektorda 1283-uchastkada yulduz kattaliklari  $20^m$  gacha obyektlar tushirilgan forosmlarni tahlil qilish orqali, E.Xabbl tomonidan 1934- yilda bajarildi. Xabbl shu yo'l bilan 1 kvadrat gradusli maydonga  $20^m$  gacha ravshanlikdagi 131 galaktika to'g'ri kelishini aniqladi. Butun osmon sferasiga (u jami 41253 kv. gradusni tashkil qiladi) to'g'ri keladigan galaktikalar 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 aniqlandi (136- rasm).

Xabbl, shuningdek, barcha yo'nalishlar uchun Zeeliger teoremasi o'rinli ekanligini isbotlab, galaktikalarning fazoda taqsimlanishi bir jinsligina bo'lmay, balki izotrop, ya'ni barcha yo'nalishlarda bir xil ekanligini ham aniqladi.

Bu masalani sinchiklab o'rganish 40 kpk dan kichik masofada galaktikalar alohida guruh va to'daga birlashishlarini ko'rsatadi. Bizning Galaktikamiz, Andromeda (M31), Uchburchak yulduz turkumidagi galaktika (M33), Katta va Kichik Magellan bulutlari



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

va boshqa yana bir qancha yulduz sistemalari bilan birgalikda (jami 35 taga yaqin galaktika) mahalliy galaktik to'dani hosil qilishi ma'lum bo'ladi.

Ayni paytda shu xildagi 4000 ga yaqin galaktikalarning mahalliy to'dasi ma'lum. Bunday to'dalarning o'rtacha diametri 8 Mpk atrofida. Yirik galaktik to'dalardan biri Veronika Sochlari yulduz turkumida proyeksiyalanib, salkam 40000 ga yaqin galaktikani o'z ichiga oladi. U bizdan 70 Mpk masofada joylashib, diametri  $12^\circ$  gacha cho'zilgan. Bizning mahalliy to'damizga eng yaqin 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 gigant spiral galaktika kuzatiladi. Bu gigant galaktikalar bir necha mahalliy galaktikalar to'dasini (jumladan, bizning mahalliy to'damizni ham) o'z ichiga olgan *o'tagalaktika*ning quyulmasi bo'lishi ham mumkin degan taxmin bor. Bunday o'tagalaktikaning diametri 40 Mpk bilan baholanadi. Bugunga kelib astronomlar, quvvatli





teleskoplar yordamida, shunga o'xshash, har biri o'nlab mahalliy galaktik to'dani o'z ichiga olgan 50 ga yaqin o'tagalaktikani ro'yxatga olganlar.



1. Galaktikalarning Koinotda taqsimlanishi qanday qonuniyat asosida o'rganiladi?
2. I kv. gradus maydonga  $24^m$  yulduz kattaligigacha to'g'ri keladigan galaktikalarning taxminiy soni qanchaga boradi?
3. Bizning Galaktikamizni o'z ichiga olgan mahalliy galaktik to'damizda taxminan qancha galaktika bor?
4. Hozirgacha aniqlangan mahalliy galaktik to'dalarning soni taxminan qanchani tashkil qiladi?
5. Yirik galaktik to'dani o'z ichiga olgan Veronika Sochlari yulduz turkumida taxminan qancha galaktika mavjud?
6. Bir necha mahalliy galaktik to'dalarni o'z ichiga olgan to'da qanday nom bilan ataladi?

## 9- §. Kosmologiya elementlari

*(mustaqil o'qish uchun)*

Kosmologiya – Koinotni bir butun deb qarab, uning xususiyatlarini va rivojlanishini o'rganadigan fandir.

Kosmologiyaning maqsadi, Koinotning Metagalaktika deb nom olgan, radiusi 3000 Mpk bilan chegaralangan va bevosita kuzatiladigan fazo qismining nazariyasini yaratishdir.

Ma'lumki, nisbiylik nazariyasiga ko'ra, katta massali obyektlarning mavjudligi fazo va vaqtning xossalriga ta'sir etadi. Bizga tanish bo'lgan Yevklid geometriyasidagi fazoning xususiyatlari (misol uchun uchburchak ichki burchaklarining yig'indisi, parallel chiziqlarning xossalari va boshqalar) katta massali obyektlar yaqinida o'zgaradi, boshqacha aytganda, fazo «egiladi». Alohida osmon jismlari, jumladan, yulduzlar tomonidan vujudga keltirilgan fazoning bu egilishi juda kichik miqdorni tashkil etadi. Xususan yorug'lik nuri Quyosh yaqinidan o'tayotib egiladi va o'z yo'nalishini o'zgartiradi. Bu effekt Quyosh to'la tutilganda, uning yonida ko'rinadigan yulduzlardan kelayotgan nurlarning yo'nalishini o'rganish bilan tasdiqlangan. Bu o'zgarish, kutilganidek, juda kichik miqdorni tashkil etib, u o'lchash aniqligi chegarasida kuzatildi.



Biroq, barcha galaktikalar va o'tagalaktikalar ulkan massalarining ta'siri, fazoda sezilarli kattalikdagi egrilikni vujudga keltirib, fazoning xossalari, binobarin, butun Koinot evolutsiyasiga sezilarli ta'sir qiladi.

Koinot bo'ylab massaning ixtiyoriy taqsimlanishida nisbiylik nazariyasi asosida fazo va vaqtning xossalarini aniqlash masalasi juda murakkab masalalardan biri bo'lib, uning yechimini topish juda mushkul. Shuning uchun ham mazkur masalani qo'yishdan oldin Koinot tuzilishining ma'lum sxemasini qabul qilishga to'g'ri keladi. Koinotning modeli deb yuritiluvchi bunday sxemalarning eng soddasi quyidagi holatlarga asoslanadi:

- koinotda, katta masshtablarda modda bir tekis taqsimlangan;
- fazoning xossalari hamma yo'nalishlarda bir xil (izotrop).

Bunday fazo ma'lum egrilikka ega bo'lib, unga mos model Koinotning *bir jinsli izotrop modeli* deyiladi.

Koinotning bir jinsli izotrop modeli uchun yaratilgan Eynshteynning tortishish nazariyasiga oid tenglamalari yechimining ko'rsatishicha, uning ayrim bir jinsli bo'lmagan qismlari orasidagi masofa o'zgarmas saqlanib qola olmaydi. Bu degani Koinot yoki siqilishni yoki, aksincha, kengayishni boshidan kechirmog'i lozim degani bo'ladi.

Darvoqe, kuzatishlar ixtiyoriy ikki galaktikaning vaqt o'tishi bilan bir-biridan uzoqlashishini va uzoqlashish tezligi, ular orasidagi masofaning ortishi bilan ortib borishini ma'lum qiladi, boshqacha aytganda, Koinot kengayayotganidan darak beradi. Nisbatan kichik masofalarda bu bog'lanish chiziqli bo'lib, unda proporsionallik koeffitsiyenti rolini Xabbl doimiysi (H) o'ynaydi. Aytilganlardan ma'lum bo'lishicha, ixtiyoriy ikki ulkan massali osmon jismlari orasidagi masofa vaqtning funksiyasidir. Bunday funktsiyaning ko'rinishi, fazo egriligining ishorasiga bog'liq bo'ladi. Agar egrilik manfiy bo'lsa, Koinot doimo kengayishni «boshidan kechiradi». Yevklid fazosiga mos nolinch egrilikda Koinotning kengayish tezligi nolga intiladi. Va nihoyat, musbat egrilikka ega kengayuvchi Koinot, o'zining ma'lum bosqichida siqilish bilan almashinishi mumkin. Bir jinsli izotrop modelda fazoning egriligi moddaning o'rtacha zichligining miqdoriga bog'liq bo'ladi. Ikkinchi hol (nolinch egrilik) zichlikning kritik zichlikka teng miqdorida ro'y beradi.



Moddaning kritik zichligi Xabbl doimiysi  $H$  va gravitatsion doimiylik  $G$  orqali quyidagicha topiladi:

$$\rho_{kr} = \frac{3H^2}{8\pi G},$$

bu yerda  $H = 55 \text{ km}/(\text{s} \cdot \text{Mpk})$ ,  $\rho_{kr} = 5,0 \cdot 10^{-30} \text{ g}/\text{sm}^3$ .

Galaktikada mavjud barcha obyektning massalarini inobatga olganda, Metagalaktikaning o'rtacha zichligining qiymati taxminan  $5 \cdot 10^{-31} \text{ g}/\text{sm}^3$  ni tashkil etadi.

Bu yerda galaktikalar orasidagi ko'rinmas muhitning massasi hisobga olinmaganligi tufayli zichlikning aniqlangan bu qiymati asosida real fazo egriligining ishorasi haqida aniq bir narsa deyish qiyin.

Shuningdek, Koinotning yana ham real modelini «empirik yo'l» bilan tanlash imkoniyatlari mavjud bo'lib, juda uzoqdagi (nurlari bir necha yuz million yoxud milliard yillarda yetib keladigan) obyektning spektrlarida qizilga siljishlarini, so'ngra ularga tayanib tezliklarini aniqlash va bu tezliklarni boshqa-boshqa metodlar yordamida aniqlangan ulargacha masofalar bilan solishtirish asosida amalga oshiriladi. Aynan shu usul yordamida Koinotning kengayish tezligining vaqt bo'yicha o'zgarishini kuzatishlar asosida aniqlash mumkin bo'ladi. Biroq hozirgi zamon kuzatishlari fazo egriligining ishorasi haqida ishonch bilan biror narsa deydigan darajada aniqlikka ega emas. Faqat Koinot fazosi egriligi nolga yaqinligini ishonch bilan aytish mumkin.

Bu o'rinda Xabbl doimiysining bir jinsli izotrop Koinot uchun ajoyib xususiyati borligini eslatish o'rinli. Uni anglash uchun bu doimiylikka teskari kattalik ( $1/H$ ) vaqt bilan o'lchanishiga, ya'ni  $1/H = 6 \cdot 10^{17} \text{ s}$  yoki 20 mlrd yilligiga e'tiborni qarataylik. Bu qiymat Metagalaktikaning to hozirgi holatiga qadar kengayishi uchun ketgan vaqtni ifodalashini (agar qadimda kengayish tezligi o'zgarmagan deb qaralsa) tushunish qiyin emas. Biroq, shuni ta'kidlash joizki, Koinotning kengayish tezligining, uzoq o'tmishda va hozirda o'zgarmasligi olimlar tomonidan yaxshi o'rganilmagan. Koinot haqiqatan ham bir vaqtlar alohida bir holatda (zichligi, bosimi va temperaturasi kabi fizik parametrlariga ko'ra) bo'lganligi, 1965- yilda relikt (qoldiq) nurlanish deb ataluvchi



kosmik radionurlanishning ochilishi bilan tasdiqlandi. Uning spektri issiqlik nurlanishi spektriga mos kelib, Plank egriligini beradi. Bu egrilik asosida aniqlangan uning temperaturasi esa 3 K ga mos keladi (bu nurlanishning maksimumi taxminan 1 mm li to'liq uzunligiga to'g'ri keladi). Relikt nurlarning xarakterli xususiyati shundaki, u barcha yo'nalishlar bo'yicha bir xil intensivlikka, ya'ni izotrop xossaga ega. Shu tufayli bu nurlanishni alohida bir obyekt yoki sohaning nurlanishi deb qarab bo'lmaydi.

Bunday radionurlanishni «qoldiq nurlanish» deb atalishining boisi, u Koinotning katta zichlikka ega bo'lgan (boshqacha aytganda hali o'z nurlanishlari uchun ham tiniqmas) davriga tegishli nurlanishining qoldig'i deb taxmin qilinishidir.

Hisob-kitoblar u davrda Koinotning zichligi  $\rho = 10^{-20} \text{ g/sm}^3$  bo'lganini (ya'ni har kub santimetriga ~10000 ta atom to'g'ri kelganini) ma'lum qiladi. Boshqacha aytganda zichlik, hozirgi davrdagidan milliard martadan ziyod bo'lganini ko'rsatadi. Zichlik, radiusning kubiga proporsionalligidan, qadimda ham Koinotning kengayishi hozirdagidek tezlik bilan bo'lgan deb faraz qilinsa, u davrda obyektlar orasidagi masofalar hozirgidagidan ming marta kam bo'lganligi ma'lum bo'ladi. Nurlanishning to'liq uzunligi 1 mm ham shuncha marta kam bo'lganidan, u davrda kvantlarning to'liq uzunligi 1 mikron atrofida bo'lib, unga mos temperatura 3000 K ga yaqin bo'lgan, degan xulosaga kelish mumkin.

Shunday qilib, relict nurlanishning mavjudligi qadimda Koinot faqat katta zichlikkagina emas, balki yuqori temperaturaga ham ega bo'lganidan darak beradi.

Yuqoridagi mulohazalardan ko'rinishicha, kosmologiyada hali ko'p muammolar hal qilinishi zarurligiga qaramay, u Koinotning tuzilishi va rivojlanishiga tegishli umumlashgan qonunlar haqida tasavvurlar bera oladi. Shuning uchun ham bu nazariya *qaynoq koinot nazariyasi* deyiladi.

Shuningdek, astronomiyaning bu bo'limi misolida, o'quvchilarda to'g'ri ilmiy dunyoqarashni shakllantirishda qanchalik buyuk ahamiyat kasb etishi o'z-o'zidan ko'rinib turibdi. Koinotning bu xil umumiy qonunlarini o'rganish orqali biz, materiya, fazo va vaqt xossalarini yanada chuqurroq anglaymiz. Bu muammo-



larning Koinot ko'lamida o'rganilishi faqat fizika yoki astronomiya fanlari uchungina emas, balki moddiy dunyoning qonunlarini umumlashtirish yo'lida falsafa fani uchun ham juda muhim hisoblanadi.



1. Kosmologiya nimani o'rganadi?
2. Koinotning hozirgi zamon kuzatish asboblari bilan ko'rish mumkin bo'lgan qismi qanday nom bilan ataladi?
3. Metagalaktika deganda nimani tushunasiz?
4. Koinot ayni paytda qanday jarayonni «boshidan kechirmoqda»: siqilishnimi yoki kengayishnimi?
5. Relikt nurlanish deb qanday nurlanishga aytiladi?
6. Koinotning kengayishi qanday qonuniyat asosida aniqlanadi?
7. «Qizilga siljish» deganda nimani tushunasiz?
8. «Kritik zichlik» tushunchasi haqida nima bilasiz?

# MUSTAQIL O'QISH UCHUN MAHALLIY MATERIALLAR

## 1. Ulug'bek rasadxonasi va uning bosh «teleskopi»



Toshkentda Mirzo  
Ulug'bekka o'rnatilgan  
haykal.

XV asrda qurilib, ishga tushirilgan Samarqand rasadxonasi va uning bosh «teleskopi» – sekstantning dovrug'i temuriylar mamlakati hududidan chiqib, dunyoga taraldi.

Bunga qadar ishlatilgan eng yirik astronomik kuzatish asbobi, X asrda Reyda (Eron) Sulton Faxr ad-Davla saroyida ishlagan xo'jandlik Abu Mahmud Hamid ibn Xizr al-Xo'jandiy tomonidan ishga tushirilgan radiusi 20 metr keladigan sekstant (aylananing oltidan bir qismi shunday ataladi) edi. O'sha davrda yashab ijod etgan xurosonlik mashhur astronom Abul Vafo al-Buzjoni esa radiusi 7 metr keladigan kvadrant bilan ish ko'rganini o'rta asr qo'lyozmalari ma'lum qiladi.

XIII asrda dunyoga dong'i ketgan Marog'a rasadxonasida Nasiriddin at-Tusiy tomonidan ishga tushirilgan kvadrantning radiusi ham 10 metr atrofida bo'lgan. Baxtga qarshi, Samarqand rasadxonasining qurilish vaqti va jarayoni kabi uning bosh «teleskop»iga doir aniq ma'lumotlar ham bizgacha yetib kelmagan. Rasadxona qoldiqlarining arxeolog V.L.Vyatkin tomonidan 1908-yilda o'rganilgani, shuningdek, tarixchi Abdurazzoq Samarqandiy va Zahiriddin Muhammad Boburning o'z asarlarida keltirgan ma'lumotlari ham Ulug'bek rasadxonasining tashqi ko'rinishini va asosiy kuzatish asbobini kishi ko'z o'ngida yaqqol gavdalantira olmaydi. 1908-yilda rasadxona qoldiqlarini qazish ishlarining dastlabki kunlaridayoq arxeolog V. L.Vyatkin rasadxonaga tegishli bir g'isht qalinligidagi, balandligi ikki metrcha keladigan, diametri salkam 48 metrli aylana devorning «izi»ni topdi. Ushbu devor tashqi tomondan



koshinli qoplamaga ega bo'lganligi, uning yaxshi saqlangan shimoliy qismi sinchiklab o'rganilganda oson aniqlandi. G'isht devor ustiga tekis marmar plitalar yotqizilgan bo'lib, uning ichki qismi yaqinida aylana yoyi bo'ylab, ma'lum chuqurlikka ega bo'lgan va to'rt-burchak shaklda kesilgan ariqcha mavjud edi. Aftidan, bu chuqur-cha bo'ylab gradus, minut va yoy sekundlarining shtrixlari muhr-langan mis plastinka joylashtirilgan bo'lib, u butun aylananing uzunligi bo'ylab yotqizilgan. Shuningdek, marmar plitalarning mazkur aylana yoyi bo'ylab bir xil masofalarda o'yib yozilgan o'nlik sonlarni ifodalovchi harflari bo'lgan. Shularni e'tiborga olganda, mazkur aylana yoritgichlarning azimutlarini (yoritgichdan o'tkazilgan vertikal aylana asosining gorizontning Janub nuqtasidan yoy uzoqliklarini) o'lchash uchun ishlatilganligi ma'lum bo'ladi. Aylana markaziga yaqin joyda esa uncha baland bo'lmagan ikki g'isht qalinligidagi ikkita devor bilan o'zaro ajratilgan uchta zina topilib, ular pastga qarab yo'nalgan edi. Bu zinalar tozalanib, pastga tushilganda, to'siq devorlarning ustiga ham marmar plitalar qoplanganligini va ularda ham katta gorizontaal aylananing marmar qoplamalaridagi kabi ariqchasi borligi aniqlandi. Marmar plitalarga o'yib yozilgan sonlardan ma'lum bo'ldiki, bir-biridan 51 santimetr



Ulug'bek o'rta asrlarning dunyoga mashhur astronomlari davrasida (chapdan uchinchi; Yan Gaveliyning (XVII a.) «Yulduzlar atlasidan»).



uzoqlikdagi bu to'sinlar, aslida yoritgichlarning balandliklarini o'lchash imkonini beradigan rasadxonaning bosh astronomik asbobi – sekstantning yoyi ekan. Keyingi tadqiqotlar ushbu meridian yoyining radiusi 40,2 metr bo'lganligini ma'lum qildi.

Sekstant yoyidagi ingichka o'yiqlik chiziqchalar bilan belgilangan shtrixlar orasi 70,2 santimetrdan bo'lib, u  $1^\circ$  ga to'g'ri keladi,  $1'$  ga to'g'ri kelgan sekstant yoyi uzunligi esa 11,7 millimetrdan tashkil etadi. Bosh «teleskop» yoyining uzunligi salkam 50 metrga teng bo'lib, uning janub tomonida joylashgan diopter (tuynuk)ning yer sathidan balandligi 28 metrga borardi.

Meridian yoyining saqlanib qolgan qismiga ko'ra, bu ulkan burchak o'lchagich astronomik asbob yoyining uzunligi, aylana uzunligining to'rtidan birimi yoki oltidan bir qismi bo'lganmi, boshqacha aytganda, kvadrant bo'lganmi yoki sekstantligini aniqlash juda mushkul, shu bois bu masala bir necha o'n yillar davomida tortishuvlarga sabab bo'ldi. V.L.Vyatkin qazilmalari, bu ulkan asbobning qoldig'i (qoyaga o'yilgan chuqurlikdagi qismi) janub tomonda yer sathidan 11 metr chuqurlikkacha tushganligini ma'lum qildi. Yoyning ostki chetida  $90^\circ$  li belgi bo'lib, undan yer sathigacha  $45^\circ$  li yoyni tashkil qiladi. Yer sathidan biroz pastda, yoy uzilgan joyda  $57^\circ$  li yoy belgisi topildi. Biroq shunisi qiziq ediki, topilgan marmar plitalarda abjad hisobida ko'rsatilgan yoy graduslarining belgilari  $57^\circ$  dan  $80^\circ$  ga qadar sonlar — harfiy belgilar aylanachalar ichida ko'rsatilgan bo'lib, yoy minuti va sekundi belgilarini aks ettirgan mis halqani kiygizish uchun ariqcha ham mavjud bo'lgani holda,  $80^\circ$  dan  $90^\circ$  gacha bo'lgan oxirgi 10 gradusli yoyda uning bo'laklarini ifodalovchi harfiy belgilar ham shuningdek, minut, sekund yoylari aks etilgan mis plastinkalarni joylashtirishga mo'ljallangan ariqchalar ham yo'q edi. Bu — mazkur astronomik asbob, zenitdan  $10^\circ$  li yoy masofagacha uzoqlikdan o'tuvchi yoritgichlarni kuzatishni maqsad qilmagan va uning ishchi qismi  $80^\circ$  dan boshlangan, boshqacha aytganda, balandligi eng yuqori nuqtasida  $80^\circ$  gacha boradigan yoritgichlarnigina kuzatishga mo'ljallangan deb xulosa qilishga asos beradi. Mazkur asbobning yer sathidan ustki qismidagi yoyi qanday uzunlikda bo'lgani hamon muammo bo'lib, qazilma paytida, M.Y.Massonning yozishicha, yoyning bu qismiga tegishli  $19^\circ$  va  $20^\circ$  dan  $21^\circ$  gacha harfiy belgilar





bitilgan plitalar topilgan ( $19^\circ$  bitilgan marmar taxta ancha keyin topilgan). Hozirga qadar  $22^\circ$  dan  $57^\circ$  gacha abjad harflarida sonlar bitilgan plitalar topilganicha yo'q.  $19^\circ$  dan so'ng  $0^\circ$  gacha plitalar xususida esa aytish mumkinki, aslida mazkur asbob yoyining bu qismi aniq bo'lganligini tasdiqlovchi birorta dalil hozirga qadar ham topilmagan. Gap shundaki, rasadxonaning faoliyatini aks ettirgan ko'plab tarixiy manbalar bu asbob, asosan, Quyoshni, Oyni va planetalarni kuzatishga mo'ljallangan asbob bo'lganligini tasdiqlaydi. Samarqand sharoitida osmon ekvatorining gorizontga og'maliga  $50^\circ$  atrofida (chunki Samarqandning kengligi taxminan  $40^\circ$ , binobarin,  $90^\circ - 40^\circ = 50^\circ$ ) bo'lib, Quyoshning yillik ko'rinma yo'li tekisligining (ekliptikaning) osmon ekvatoriga og'maligi  $23^\circ 26'$  bo'lganligi sababli u yerda Quyoshning balandligi yil davomida  $26^\circ,5$  dan  $73^\circ,5$  gacha o'zgaradi. Oy orbitasi tekisligining ekliptika tekisligiga, boshqacha aytganda, Yer orbitasi tekisligiga, og'maligi  $5^\circ 9'$  ligini e'tiborga olsak, Samarqandda Oyning balandligi  $21^\circ,5$  dan  $78^\circ,5$  gacha o'zgarishi ma'lum bo'ladi. Planetalar masalasiga kelsak, ular ichida ekliptika tekisligiga eng katta og'ishga ega, qurollanmagan ko'z bilan ko'rish mumkin bo'lgan planeta Merkuriy bo'lib, uning orbitasi tekisligining ekliptika tekisligiga og'maligi taxminan  $7^\circ$  ni tashkil qiladi. Binobarin, uncha murakkab bo'lmagan hisoblashlar, Samarqand osmonida uning balandligi  $19^\circ,5$  dan  $80^\circ,5$  gacha o'zgarishini ma'lum qiladi. Bu ma'lumotlarning oddiygina tahlilidan ko'rinadiki, Samarqand osmonida Quyosh, Oy va boshqa planetalarni kuzatish va ularning harakatlarini o'rganish uchun mazkur rasadxona bosh «teleskopi» yoyining  $19^\circ$  dan  $0^\circ$  gacha qismining bo'lishiga hech zaruriyat yo'q ekan. Yana shuni eslatish joizki, qadim Misrdagi, Xitoy va Bag'doddagi ming yillar ilgari qurilgan rasadxonalar ham asosan, Quyosh, Oy va beshta yorug' planetani kuzatishga mo'ljallab qurilganligi ma'lum. Chunki saroy munajjimlari u davrlarda o'z tolenomalarini tuzishda aynan shu yoritgichlarning holatlarigagina tayanar edilar.

Ulug'bek rasadxonasi bosh «teleskopi» yoyining darajalangan, ya'ni  $19^\circ$  dan  $80^\circ$  gacha bo'lgan ishchi qismi aylana uzunligining taxminan oltidan bir qismi ekanligini e'tiborga olib, uni hech ikkilanmay sekstant bo'lgan deyish mumkin. Biroq shunga qaramay, olimlar orasida bu asbobning sekstant bo'lganmi yoki



kvadrantligi haqidagi tortishuvlar uzoq yillar davom etdi. Va, nihoyat, taniqli o'zbek olimi, arabshunos va astronom G'. Jalolov 1941- yilning may—iyun oylarida taniqli matematik Qori-Niyoziy va V.Shcheglovlar bilan rasadxona qoldiqlarini o'rganish bo'yicha tashkil etilgan ilmiy ekspeditsiyada ishtirok qildi. Ekspeditsiyadan qaytgach, G'.Jalolov Koshiyning astronomik asboblarga sharhi bilan tanishib, unda keltirilgan beshinchi asbob «Sudus al-Faxriy» («Faxriy sekstanti») ga e'tibor qildi va uni o'rgandi. 1944- yilda Toshkent Astronomik observatoriyasining ilmiy Kengashida olim bu haqda ma'ruza qilib, «Sudus al-Faxriy»ni o'rganish natijalarini Samarqand rasadxonasi bosh asbobi qoldiqlari bilan taqqosladi va Ulug'bek rasadxonasining bosh «teleskopi» sekstant bo'lganligining foydasiga bir talay dalillar keltirdi. Bu ma'ruza natijasi tan olinib, 1947- yili u sobiq Ittifoq Fanlar akademiyasiga qarashli «Астрономический журнал» deb ataladigan ilmiy jurnalning iyul sonida chop etildi. Unda G'. Jalolov Ulug'bek rasadxonasining bosh «teleskopi»ning sekstantligini tasdiqlovchi quyidagi ilmiy dalillarni keltiradi.

1. Samarqand rasadxonasining sekstanti Jamshid Koshiyning rasadxona uchun zarur bo'lgan astronomik asboblarning bayoni yozilgan «Nuzxat-al-xadaiq» risolasida keltirilgan «Sudus al-Faxriy»ning o'lchamlari bilan to'la mos keladi.

2. Alisher Navoiyning zamondoshi taniqli alloma Abdal Ali Birjandiy o'zining «Sharhi «Zij-Ko'ragoniy» asarida ekliptikaning osmon ekvatoriga og'maligi haqida shunday yozadi: «Bu og'maligining turli qiymatlarda chiqishining sababi, uni o'lchami, qurilishi va aniqligi bilan farqlanuvchi turli asboblarda amalga oshirilishi bilan tushuntiriladi. Qadim zamonlarda bu og'malik, Ptolemeining «Almajistiy»sida bayon qilingan tosh kvadrant yordamida o'lchangan. Biroq Faxr ad-Davla zamonida o'tgan Mahmud Xo'jandiy hatto yoy sekundlarini ham o'lchashga imkon beradigan va «Sudus al-Faxriy» nomi bilan yuritilgan boshqa bir asbobni o'ylab topdi. Samarqand rasadxonasida ham bu og'malikni «Sudus al-Faxriy» asbobi bo'yicha aniqlashgan.

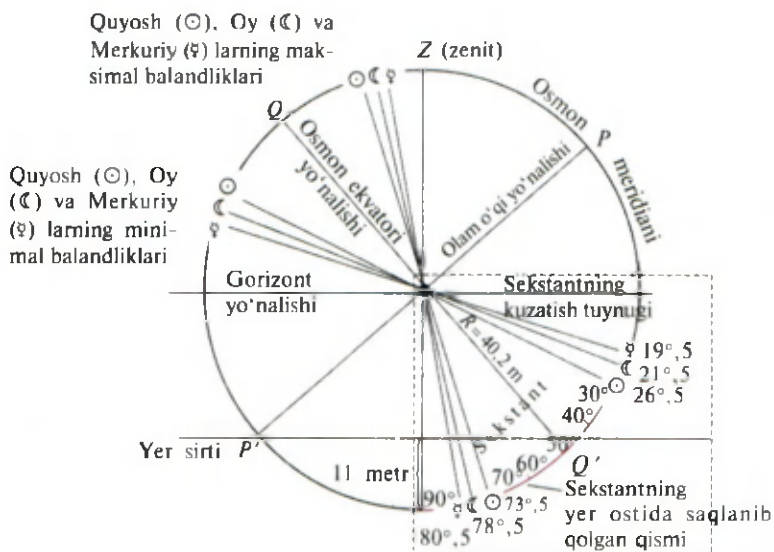
3. Sharqda so'nggi qurilgan observatoriyalardan biri bo'lgan Jaypur rasadxonasining astronomi Savoy Jay Singx (1686—1743) Hindiston podshohi Muhammadshohga bag'ishlangan «Muham-



madshoh ziji»ning so'zboshisida shunday yozadi: «Musulmon dunyosining maktablariga hurmat yuzasidan, Samarqand observatoriyasida qurilgan astronomik asboblardan diametri 8 gazli halqa asbob – Faxriy sekstanti bizning rasadxonamizda ham qurilgan».

Shularga qaramay, rasadxonaning bosh «teleskopi», aslida qanaqa bo'lganligi hozirgacha ham tortishuvlarga sabab bo'lib kelayotgan bo'lsa-da, uning ishchi qismi sekstant bo'lganiga hech qanday shubha yo'q. Chunki, eslatilganidek, Samarqand shahrining kengligida Quyosh, Oy va oddiy ko'z bilan ko'rinadigan barcha planetalarning «izi» bu asbobda «aks qilganda», ularning balandligi, asbob yoyining  $20^\circ$  dan  $80^\circ$  gacha bo'lgan qismi  $60^\circ$  li yoyga teng bo'lib, aylana yoyining oltidan bir qismini, ya'ni sekstantni tashkil qiladi.

Shunga e'tiboran, astronom G'. Jalolovning Ulug'bek rasadxonasining bosh asbobi sekstantligi foydasiga keltirgan yuqoridagi dalillari, ayrimlar olimning haligacha mazkur astronomik asbobni, asossiz ravishda, kvadrant deb ishlatishlariga hech o'rin qoldirmaydi.



Ulug'bek sekstantida Quyosh, Oy va planetalar harakatining «aks etishi».



## 2. O'zbekiston Respublikasi FA astronomiya instituti va uning filiallari



O'zbekiston Respublikasi FA astronomiya institutining ma'muriy binosi.

va Xovyu yulduz soati o'rnatildi. 1890- yilda observatoriyaga mudir etib taniqli geodezist, olim, professor Sh.I.Pomeransev tayinlandi.

O'rta Osiyo va Qozog'istonda astronomik va geodezik ishlarni jonlantirish maqsadida 1927- yili observatoriya qoshida vaqt bo'limi ochilib, o'sha yili passaj instrument, astronomik soatlar va xronograf kabi asboblarga buyurtma berildi. 1928- yildan vaqt bo'limi astronomik, geodezik, gravimetrik, seysmometrik va boshqa aniq vaqt xizmatlarini amalga oshirish maqsadida ritmik signallar uzatishni yo'lga qo'ydi.

Vaqt bo'limida aniq va geografik uzunliklarni aniqlash masalalari bilan uzoq yillar observatoriyaning sobiq direktori V.P.Shcheglov rahbarligida P.P.Loginov, B.V.Yasevich, O.S.Tursunov, E.Sanaqulov va E.Inog'omov kabi iqtidorli olimlar shug'ullandilar.

1919- yili O'rta Osiyo hududida  $39^{\circ}08'$  kenglikda joylashgan beshinchi Xalqaro Chorjo'y kenglik stansiyasi o'z faoliyatini yakunlagach, shu kenglikda joylashgan Yukayya va Geytersberg (AQSH), Mitsuzava (Yaponiya) va Karloforte (Italiya) Xalqaro kenglik stansiyalari xizmatini yaxshilash maqsadida, O'rta Osiyo hududida yangi joy tanlash masalasi qo'yildi. Bunday joy Qashqadaryo viloyatidagi Kitob shahri yaqinidan topildi. Ulug'bek

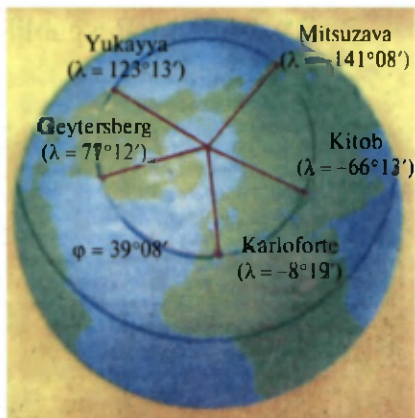


nomi bilan atalgan Kitob Xalqaro kenglik stansiyasi, 1920- yillarning oxirida, kenglik xizmatini o'tash uchun Germaniyaning mashhur Bamberg firmasida tayyorlangan zenit-teleskop ( $d = 110$  mm,  $f = 1290$  mm), Vanshaf zenit-teleskopi ( $d = 68$  mm,  $f = 870$  mm) va passaj instrumentlarini ishga tushirdi.

Uzoq yillardan buyon Kitob filialida A.M.Kalmikov rahbarligida S.Eshonqulov, D.Fozilova kabi bir guruh olimlar Xalqaro kenglik xizmatini amalga oshirish bo'yicha samarali mehnat qilib kelmoqdalar.

1932- yili Quyoshni tadqiq qilish bo'yicha Toshkent observatoriyasi qoshida Quyosh aktivligini o'rganish laboratoriyasi tashkil etildi. Mazkur laboratoriyada Quyoshdagi aktiv jarayonlarning fizik tabiatini va Quyosh aktivligi faoliyatini uzoq yillar o'rganishda Y.M.Slonim, I.Sattorov, Z.B.Korobova va K.F.Kuleshova kabi taniqli astronomlarning xizmati katta bo'ldi.

Toshkent observatoriyasida o'zgaruvchan yulduzlarni o'rganish, mashhur pulkovolik (Sankt-Peterburg) astrofiziklar F.A.Bredixin va A.A.Belopolskiylarning tavsiyasi bilan 1893- yilda Toshkent observatoriyasiga jo'natilgan, o'sha zamonning eng yirik va yuqori sifatli teleskopi – normal astrografning ishga tushirilishi (1895- y.) bilan boshlandi. O'zgaruvchan yulduzlar laboratoriyasida bunday yulduzlarning turli xillari taniqli astronomlardan V.V.Stratonov, B.V.Kukarkin, N.F.Florya, I.M.Ishchenko, V.S.Shevchenko, M.M.Zokirov va K.Grankinlar tomonidan o'rganilib, ulardan bir necha o'n mingga yaqini haqidagi ma'lumotlar maxsus kataloglarda yoritildi. Ayni paytda mayda planetalar harakatini o'rganish bo'yicha tuzilgan salmoqli ilmiy dastur asosida ularni E.Mirmahmudov rahbarligidagi guruh amalga oshirmoqda.



Kitob Xalqaro kenglik stansiyasi kengligida ( $39^{\circ}08'$ ) joylashgan dunyoning boshqa xalqaro stansiyalari.



Toshkent astronomiya observatoriyasida 1895-yilda ishga tushirilgan normal astrograf deb ataluvchi teleskop (o'ngda) va Quyosh seysmologiyasini o'rganishga mo'ljallangan maxsus teleskop (chapda).

1941- yildan 1945- yilgacha bo'lgan urush davrida Toshkent observatoriyasida sobiq Ittifoq FA Bosh astronomik observatoriyasining S.I.Belyavskiy rahbarligidagi bir guruh xodimlari, Ulug'bek nomidagi Kitob Xalqaro kenglik stansiyasida esa Semeiz (Qrim) astronomik observatoriyasining professori G.N.Neuymn boshliq xodimlari boshpana topib, har ikkala guruh xodimlari ham o'zbek astronomlari bilan hamkorlikdagi ish rejalari asosida tadqiqot ishlarini bajardilar.

Professor Neuymn Kitobda ishlab yurib topgan o'nlab mayda planetalaridan biriga, O'zbekistonda ishlab yurgan yillardan esdalik sifatida, «O'zbekistoniya» deb nom berdi. Vatanimiz nomi bilan ataladigan bu mayda planeta xalqaro katalogdan 1351 tartib raqami bilan joy oldi.

1957- yili Toshkent astronomik observatoriyasining filiali – Kitob Xalqaro kenglik stansiyasining Xalqaro geofizik yil dasturida ishtirok etishi munosabati bilan Toshkent observatoriyasining vaqt bo'limida ikkinchi passaj instrumenti, sutkasiga 0,0003 sekund aniqlik bilan yuradigan kvarts soati, 3TL-180 rusumli zenit-teleskop va Quyosh fizikasi laboratoriyasida, xromosfera-fotosfera teleskopi ishga tushirildi. Mazkur teleskop yordamida Quyoshning xromosfera qatlamida ro'y beradigan aktiv hodisalar muntazam tadqiq qilina boshladi.

Birinchi Yer sun'iy yo'ldoshi uchirilishi munosabati bilan observatoriya qoshida «Fotografik astrometriya» laboratoriyasi



ishga tushirildi. Laboratoriyaga mudir etib A.A.Latipov tayinlandi. Qator yillar mobaynida bu bo'limda A.Rahimov, X.Ishmu-hamedov, Sh.Pirimqulov, Y.M.Ivanov va A.Qodirovlar tarqoq yulduz to'dalaridagi yulduzlarning xususiy harakatlarini, mayda planetalarning aniq koordinatalari, YSY larning harakatlarini o'rganib, ularning orbita elementlari aks etgan jadvalarini tuzdilar.

Astronomiya tarixiga oid talay ishlar (birinchi navbatda Sharq astronomiyasi tarixiga oid ishlar) G'.Jalolov va V.P.Shcheglov tomonidan amalga oshirildi. Ayniqsa, sharqshunos G'.Jalolovning Abu Rayhon Beruniyning astronomik merosi, Ulug'bek observatoriyasining qurilishi tarixi, Ulug'bek astronomiya maktabining faoliyati va ilmiy merosiga oid ishlari, ajdod buyuk astronomlarimizning astronomiya fani rivojiga qo'shgan hissasi va merosi bilan dunyoga tanitishi olimning salmoqli xizmatlaridan hisoblanadi. Bir necha yil davomida, sobiq Ittifoq FA qoshidagi Astronomik Kengashning astronomiya tarixi bo'yicha komissiya a'zosi sifatida faoliyat ko'rsatgan G'.Jalolov o'rta asr Sharq astronomlari hayoti va ijodiga tegishli o'nlab maqola va tezislari sobiq Ittifoq hamda chet el ilmiy jurnallarida e'lon qildi.

1966- yili Toshkent astronomik observatoriyasi Respublika Fanlar akademiyasining astronomiya institutiga aylantirildi. Institutning qoshida beshta bo'lim (aniq vaqt xizmati, meridian astrometriya, fundamental astrometriya, Quyosh fizikasi va o'zgaruvchi yulduzlar) va Kitob Xalqaro kenglik stansiyasi filiali tasdiqlandi. 1963- yili observatoriyaning yangi ma'muriy va laboratoriyalar korpusi foydalanishga topshirildi. 1966- yili institutda katta Quyosh teleskopi (ASU-5) ASP-20 deb nomlanuvchi quvvatli spektrografi bilan ishga tushirildi.

O'tgan asrning 60- yillarida O'rta Osiyo va Qozog'iston hududlarida astronomik iqlimini (atmosferaning sokinligi, ochiq tunlarining ko'pligi, uning tiniqlik darajasi va h.k.) o'rganish bo'yicha ekspeditsiya ish olib bordi. Natijada ko'p yillik izlanishlar muvaffaqiyatli yakunlanib, dunyoda eng yuqori astroiqlim sharoitiga ega bo'lgan joylardan biri – Qashqadaryo viloyatidagi Kitob shahridan 100 kilometrcha chamasi narida joylashgan Maydanak tog'laridan topildi va u yerda institut filialini tashkil etish maqsadida astronomik kuzatish asboblari o'rnatish



Institutning eng qadimiy astronomik kuzatuv asboblari bilan jihozlangan muzeyi.

boshlandi (61- rasmga qarang). Ayni paytda mazkur Baland tog' observatoriyasida tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

1990- yili Astronomiya instituti qoshida Galaktikalar astronomiyasi bo'limi tashkil etilib, unga prof. S.N.Nuritdinov rahbar etib tayinlandi. Qisqa vaqt ichida bu bo'lim taniqli yosh tadqiqotchilar ijodiy guruhiga aylandi. Ayni paytda bu guruhda kvazarlar va galaktikalar fizikasi, yulduzlarning sharsimon hamda tarqoq to'dalari dinamikasi va fizikasi bilan M.Ibragimov, M.Mo'minov, E.Rahmatov, K.Mirtojyeva kabi yosh olimlar samarali tadqiqot ishlarini amalga oshirmoqdalar.

1990- yilda Astronomiya institutiga rahbarlik qilish yosh, iqtidorli va tashkilotchi olim f.m.f.d. Sh.A.Egamberdiyev zimmasiga yuklatildi. Qisqa vaqt ichida u boshqargan iqtidorli olimlar – S.P.Ilyosov, Sh.Xoliqov va boshqalardan iborat guruh Quyosh fizikasining yangi yo'nalishi – Quyosh seysmologiyasi (geliioseysmologiya) bo'yicha Xalqaro IRIS va TON programmalari bo'yicha tadqiqot ishlarida faol ishtirok etib, katta yutuqlarni qo'lga kiritdilar. Geliioseysmologiya bo'yicha Fransiya va Tayvan olimlari bilan hamkorlikda tadqiqot ishlarini Astronomiya instituti hududida, Qumbel tog'ida (Chimyon) va, ayni paytda, Parkentda o'rnatilgan maxsus teleskoplar yordamida samarali olib bormoqdalar.





Institut qoshida o'rta asrlar teleskoplari, soatlari va noyob kuzatish asboblari tashkil topgan muzey va astronomiya sohasida yuz yildan ortiq vaqt mobaynida yig'ilgan adabiyotlarga boy kutubxona mavjud. Kutubxonada jahonning turli mamlakatlarida va turli tillarida nashr etilgan 50 mingdan ortiq kitoblar saqlanmoqda. Ular ichida talay noyob qadimiy asarlar ham mavjud. Shulardan biri XVII asrda yashab ijod etgan taniqli polyak astronomi Yan Gaveliyning «Astronomiya darakchisi» asaridir. Mazkur asar 1690- yilda Polshaning Gdansk shahrida chop etilgan bo'lib, hozir eng nodir nusxalardan biri hisoblanadi. Uning biz uchun qimmatli joyi yana shundaki, bu asar sahifalarida buyuk vatandosh allomamiz Ulug'bekning Samarqand rasadxonasida tuzgan yulduzlar jadvali (ziji), shuningdek, jahon tasviriy san'atida noyob hisoblangan Ulug'bekning tasviri ham bor.

Kutubxonada kosmonavtikaning «otasi» K.E.Siolkovskiyning hayotlik paytida nashr etilgan va shaxsan o'zi Toshkent observatoriyasiga yo'llagan kitoblari ham saqlanmoqda. Ularning birida mashhur olim o'z qo'li bilan bitgan quyidagi so'zlarni o'qiyimiz: «Minnatdor muallifdan. K.Siolkovskiy, 1928- y., 10- aprel».

Yerning ekvatorial radiusi .....	6378,16 km
Yerning qutbiy radiusi .....	6356,78 km
Yer hajmiga teng shar radiusi .....	6371,03 km
Yulduz sutkasining uzunligi .....	$23^{\text{h}} 56^{\text{m}} 4,091$ o'rtacha quyosh vaqti
O'rtacha quyosh sutkasining uzunligi .....	$24^{\text{h}} 03^{\text{m}} 56^{\text{s}}$ , 555 yulduz vaqti
Yilning uzunligi (o'rtacha 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 (o'rtacha vaqt bilan):	
sinodik oy	$29^{\text{h}} 5306 = 29^{\text{d}} 12^{\text{h}} 44^{\text{m}} 3^{\text{s}}$
yulduz oyi	$27^{\text{d}} 3217 = 27^{\text{d}} 7^{\text{h}} 43^{\text{m}} 12^{\text{s}}$
ajdaho oyi	$27^{\text{d}} 2122 = 27^{\text{d}} 5^{\text{h}} 5^{\text{m}} 36^{\text{s}}$

### Quyosh haqida ma'lumotlar

Quyosh parallaksi .....	$8'',8$
Quyoshgacha bo'lgan o'rtacha masofa .....	149600000 km
Diametri .....	$D_{\odot} = 109,12$ $D_{\oplus} = 1392000$ km
Yuzi .....	$S_{\odot} = 11930$ $S_{\oplus} = 608,7 \cdot 10^{10}$ km <sup>2</sup>
Hajmi .....	$V_{\odot} = 1303800$ $V_{\oplus} = 1,412 \cdot 10^{33} \cdot \text{sm}^3 = 1,4 \cdot 10^{18}$ km <sup>3</sup>
Massasi .....	$M_{\odot} = 332958$ $m_{\oplus} = 1,99 \cdot 10^3$ kg
O'rtacha zichligi .....	$\rho_{\odot} = 0,255$ $\rho_{\oplus} = 1,410$ g/sm <sup>3</sup>
Quyosh sirtida erkin tushish tezlanishi .....	$G_{\odot} = 2,738 \cdot 10^4$ sm/s <sup>2</sup>
Quyosh sirtida parabolik (kritik) tezlik .....	$v_{\text{par}} = 617,7$ km/s
Quyosh ekvatoridagi nuqtaning sinodik aylanish davri .....	$27^{\text{d}},275$
Quyosh ekvatorining ekliptikaga og'maligi .....	$7^{\circ} 15'00''$
Quyosh doimiysining o'rtacha qiymati .....	$1,388 \cdot 10^6$ erg/s · sm <sup>2</sup>
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 .....	200 mln yil

### Yer haqida ma'lumotlar

Massasi .....	$M_{\oplus} = 5,98 \cdot 10^{27}$ g
Ekvatorial radiusi .....	6378,160 km
Yer aylanishining burchak tezligi .....	$15'',041$ s <sup>-1</sup>
Ekvatoridagi nuqtaning chiziqli tezligi .....	465,119 m/s
$\varphi$ geografik kenglamaga ega bo'lgan yer sirtidagi nuqtaning chiziqli tezligi .....	$465,119 \cos \varphi$ 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 sm/s <sup>2</sup>
Yerda erkin tushish tezlanishi .....	980,665 sm/s <sup>2</sup>
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 .....	0,63 E

## Oy haqida ma'lumotlar

Oyning o'rtacha sutkalik parallaksi .....	57'2",61
Yerdan o'rtacha uzoqligi .....	384400 km
Ko'rinma eng katta burchak diametri .....	33'32"
Ko'rinma eng kichik burchak diametri .....	29'20"
Diametri .....	3476 km = 0,27234 $d_{\text{tiky}}$
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 .....	$7,35 \cdot 10^{25} \text{ g} = 0,012300 m_{\oplus}$
O'rtacha zichligi .....	$3,350 \text{ g/sm}^3 = 0,607 \bar{\rho}_{\oplus}$
Oy sirtida erkin tushish tezlanishi .....	1,623 m/s <sup>2</sup>
Kritik tezlik .....	2,38 km/s
Oy orbitasi tekisligining ekliptikaga og'maligi .....	5°8' 43",4
Oy ekvatori tekisligining ekliptika tekisligiga o'rtacha 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 sm/s <sup>2</sup>
Oyning aylanish davriga teng siderik davri .....	27 <sup>d</sup> 7 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> ,47
Sinodik davri (Quyoshga nisbatan to'la aylanish davri) .....	29 <sup>d</sup> 12 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 2,78 <sup>s</sup>
Oyda tush paytida temperatura .....	+120 °C
Oyda yarim kechada temperatura .....	-150 °C

### Quyosh tutilishlari

Tutilish kuni	Tutilish turi	Maksimumga erishish vaqti	Tutilish eng yaxshi kuzatiladigan joy
3- oktabr 2005- y.	Halqasimon	9° 32 <sup>m</sup>	Soya tasmasi: Atlantika okeani, Afrika, Ispaniya, Hind okeani
29- mart 2006- y.	To'liq	9° 07 <sup>m</sup>	Soya tasmasi: Atlantika okeani, Afrika, Yevropa, Osiyo
22- sentabr 2006- y.	Halqasimon	12° 09 <sup>m</sup>	Soya tasmasi: Atlantika okeanining janubiy qismi
19- mart 2007- y.	Qisman	-	Yevropaning shimoliy sharqi, Osiyo
11- sentabr 2007- y.	Qisman	-	Janubiy Amerika, Antarktida, Tinch okeani janubiy qismi
7- fevral 2008- y.	Halqasimon	7° 12 <sup>m</sup>	Soya tasmasi: Antarktida, Tinch okeani janubiy qismi
1- avgust 2008- y.	To'liq	7° 27 <sup>m</sup>	Soya tasmasi: Grenlandiya, Arktika, G'arbiy Sibir, Xitoy
26- yanvar 2009- y.	Halqasimon	12° 56 <sup>m</sup>	Soya tasmasi: Hind okeani, Indoneziya
22- iyul 2009- y.	To'liq	11° 40 <sup>m</sup>	Soya tasmasi: Osiyoning janubiy-sharqi, Tinch okeani
15- yanvar 2010- y.	Halqasimon	16° 11 <sup>m</sup>	Afrika, Hind okeani, Osiyoning janubiy-sharqi

## Planetalarğa oid ma'lumotlar

I-jadval

Plane- talar	Ekvato- rial radiusi (km)	Quyoshdan o'rta uzoqligi (mln km)	Massasi		O'rta zichligi		Hajmi (Yer hajmi biri- gida)	O'z o'qi atrofida aylanish davri	Orbitasining ekliptikaga og'maligi	Ekssentri- siteti	Erkin tushish tezlanishi, $g_{\oplus} = 1$	Planeta sirtida kritik tezlik (km/s)	Quyosh atrofida aylanish davri	Orbital tez- ligi (km/s)
			$m_{\oplus}$	$10^{27}$ g	$\rho_{\oplus}$	$g/cm^2$								
Merkuriy	2437	57,91	0,055	0,330	0,99	5,45	0,56	$58^{\circ}65'$	$7^{\circ}0'$	0,2056	0,38	4,3	$87^{\circ}97'$	48,0
Venera	6050	108,21	0,816	4,872	0,95	5,25	0,86	$243^{\circ}16'$	$3^{\circ}23'$	0,0068	0,90	10,4	$224^{\circ}7'$	35,0
Yer	6378	149,60	1,000	5,978	1,00	5,52	1,00	$23^{\circ}56'04''$	$0^{\circ}00'$	0,0167	1,00	11,2	$365^{\circ}26'$	30,0
Mars	3394	227,94	0,107	0,642	0,71	3,94	0,15	$24^{\circ}37'23''$	$1^{\circ}51'$	0,0933	0,38	5,0	$686^{\circ}98'$	24,1
Yupiter	71400	778,3	317,84	1900	0,24	1,34	1310	$9^{\circ}50''$	$1^{\circ}18'$	0,0484	2,66	60,4	$4332^{\circ}59'$	13,1
Saturn	60400	1429,3	95,17	568	0,13	0,70	750	$10^{\circ}14''$	$2^{\circ}29'$	0,0558	1,15	36,2	$10759^{\circ}21'$	9,6
Uran	24800	2875,03	14,59	87	0,26	1,41	57	$10^{\circ}42''$	$0^{\circ}46'$	0,0471	0,98	21,8	$30685^{\circ}$	6,8
Neptun	25050	4504,4	17,25	103	0,29	1,58	60	$15^{\circ}48''$	$1^{\circ}47'$	0,0085	1,12	23,5	$60188^{\circ}$	5,4

# MUNDARIJA

So'zboshi.....	3
----------------	---



## I. KIRISH

1- §. Astronomiya fani va uning kelib chiqishi .....	6
2- §. Qisqacha tarixiy ocherk .....	7
2.1. Qadimgi Yunonistonda olam tuzilishi haqidagi tasavvurlar .....	7
2.2. Sharq olimlarining astronomiya sohasidagi meroslari .....	8
2.3. Yevropada astronomiyaning rivoji. ....	10
2.4. Zamonaviy astronomiya va kosmosni o'zlashtirishning ahamiyati .....	10
3- §. Yoritgichlarning ko'rinma holatlari. Yulduz turkumlari .....	14
4- §. Quyosh, Oy, planetalar va yulduzlarning ko'rinma harakatlari... 16	
5- §. Yerning o'z o'qi atrofida aylanishiga dalillar .....	18



## II. AMALIY ASTRONOMIYA ASOSLARI

1- §. Osmon sferasi, uning asosiy nuqta, aylana va chiziqlari .....	20
2- §. Quyoshning yillik ko'rinma harakati. Ekliptika .....	22
3- §. Osmon koordinatalari .....	24
4- §. Yulduzlarning xaritalari .....	26
5- §. Olam qutbining balandligi va joyning geografik kengligi orasidagi bog'lanish .....	27
6- §. Turli geografik kengliklarda osmon sferasining sutkalik ko'rinma aylanishi .....	28
7- §. Astronomik kuzatishlar asosida joyning geografik kengligini taxminiy aniqlash .....	31
8- §. Yoritgichlarning kulminatsiyasi va kulminatsiya balandliklari ....	32
9- §. Vaqtni o'lchashning asoslari .....	33
10- §. Kalendarlar (taqvimlar) .....	37
11- §. Umar Xayyom kalendari .....	39



## III. OLAM TUZILISHI HAQIDAGI TASAVVURLAR. OSMON MEXANIKASINING ELEMENTLARI

1- §. Quyosh sistemasining tuzilishi .....	42
2- §. Quyosh sistemasining a'zolari va o'lchamlari .....	45
3- §. Planetalarning konfiguratsiyalari va ko'rinish shartlari .....	47
4- §. Planetalarning Quyosh atrofida harakatlari. Ularning davrlari ...	49
5- §. Kepler qonunlari .....	50
6- §. Quyosh sistemasi jismlarigacha masofalarni aniqlash .....	52
7- §. Astronomiyada uzunlik birliklari .....	54
8- §. Quyosh sistemasi jismlarining o'lchamlarini aniqlash .....	55

9- §. Butun olam tortishish qonuni .....	57
10- §. Osmon jismlarining massalarini hisoblash .....	57
11- §. Oyning harakati va fazalari .....	59
12- §. Quyosh va Oy tutilishlari .....	60



#### IV. KOSMONAVTIKA ELEMENTLARI

1- §. Kosmonavtika va uning boshqa fanlar bilan aloqasi .....	64
2- §. Uchish paytida kosmik apparatga (KA) ta'sir etuvchi kuchlar ....	68
3- §. Vaznsizlik .....	69
4- §. Tortishishning markaziy maydoni .....	70
5- §. Tortishishning markaziy maydonida jismning harakati .....	72
6- §. Ta'sir sferasi va KA trayektoriyalarini taxminiy hisoblash .....	77
7- §. Yer sun'iy yo'ldoshlarining orbita elementlari .....	79
8- §. Yer atmosferasida SY orbitasining evolutsiyasi .....	80
9- §. Sun'iy yo'ldosh harakatiga Oy va Quyoshning ta'siri .....	81
10- §. SY larning Yer sirtiga nisbatan harakati .....	82
11- §. Orbital manyovrlar .....	83
12- §. Oyga uchish trayektoriyalari .....	87
13- §. Oy sirtiga qo'nish .....	90
14- §. Planetalarga uchish trayektoriyalari .....	92
15- §. Planetalarga uchishda Yer va mo'ljallangan planetaning tortish kuchini hisobga olish .....	94



#### V. ASTROFIZIK METODLAR VA ASBOBLAR

1- §. Teleskoplar. Optik teleskoplar .....	98
2- §. Radioteleskoplar .....	102
3- §. Ulug'bek rasadxonasi .....	104
4- §. O'zbekistonda astronomiya .....	106



#### VI. QUYOSH – ENG YAQIN YULDUZ

1- §. Quyosh haqida umumiy ma'lumotlar .....	108
2- §. Quyosh fotosferasi: donadorlik va mash'allar .....	111
3- §. Quyosh dog'lari – magnit orollari .....	113
4- §. Protuberaneslar – alanga «til»lari .....	114
5- §. Quyosh chaqnashlari .....	116
6- §. Quyosh «toji» .....	118
7- §. Quyosh energiyasining manbai .....	119
8- §. Quyosh aktivligi va uning Yerga ta'siri .....	121



#### VII. PLANETALAR VA ULARNING YO'LDOSHLARI

1- §. Merkuriy (Utorud) .....	126
2- §. Venera (Zuhra) .....	129

3- §. Yer — planeta .....	134
4- §. Oy .....	137
5- §. Mars (Mirrix) .....	144
6- §. Yupiter (Mushtariy) .....	151
7- §. Saturn (Halqali Zuhul) .....	159
8- §. Uran .....	163
9- §. Neptun (qalam uchida topilgan planeta) .....	165
10- §. Mitti planetalar va mayda osmon jismlari .....	168
11- §. Mayda planetalar (asteroidlar) .....	170
12- §. Kometalar («dumli yulduzlar») .....	174
13- §. Meteorlar («uchar yulduzlar») va meteor «yomg'irlari» .....	180
14- §. Meteoritlar .....	183



## VIII. YULDUZLAR

1- §. Ko'rinma yulduz kattaligi .....	190
2- §. Absolut yulduz kattaligi .....	192
3- §. Yulduzlarning rangi va temperaturasi .....	193
4- §. Yulduzlar yorqinligi .....	195
5- §. Yulduzlarning spektri va spektral sinflari .....	197
6- §. Spektr-yorqinlik diagrammasi .....	199
7- §. Yillik parallaks va yulduzlargacha masofani aniqlash .....	203
8- §. Yulduzlarning o'lchamlarini hisoblash .....	205
9- §. Yulduzlarning massalarini hisoblash .....	207
10- §. Qo'shaloq yulduzlar .....	208
11- §. Fizik o'zgaruvchan yulduzlar .....	212
12- §. Eruptiv o'zgaruvchan yulduzlar .....	215



## IX. KOINOTNING TUZILISHI VA EVOLUTSIYASI

1- §. Galaktikalarning ochilishi. Bizning Galaktika .....	219
2- §. Yulduzlarning sharsimon va sochma to'dalari .....	223
3- §. Yulduzlararo chang va gaz .....	224
4- §. Galaktikada yulduzlarning taqsimlanishi .....	228
5- §. Tashqi galaktikalar. Galaktikalarning sinflari va spektrlari .....	233
6- §. Radiogalaktikalar .....	237
7- §. Kvazarlar .....	238
8- §. Galaktikalarning Koinotda taqsimlanishi .....	239
9- §. Kosmologiya elementlari .....	241

## MUSTAQIL O'QISH UCHUN MATERIALLAR

1. Ulug'bek rasadxonasi va uning bosh «teleskopi» .....	246
2. O'zbekiston Respublikasi FA astronomiya instituti va uning filiallari .....	252

ILOVA .....	258
-------------	-----

**Mamadazimov M.**  
22.6 **Astronomiya:** Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari  
M23 uchun darslik / M. Mamadazimov; O'zbekiston  
Respublikasi oliy va o'rta-maxsus ta'lim vazirligi, O'rta  
maxsus, kasb-hunar ta'limi markazi. — 11- nashri — T.:  
«O'qituvchi» NMIU, 2013. — 264 b.  
ISBN 978-9943-02-683-4

UO'K: 372.852(075)  
KBK 22.6я722

MAMADMUSO MAMADAZIMOV

## ASTRONOMIYA

*Akademik litsey va kasb-hunar  
kollejlari uchun darslik*

11- nashri

*«O'qituvchi» nashriyot-matbaa ijodiy uyi  
Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi  
Toshkent — 2013*

Muharrirlar: *N. G'oi'pov*  
Muqova rassomi va bezovchi *M. Kudryashova*  
Tex. muharrir *T. Greshnikova*  
Musahhihlar: *Z. Sodiqova, M. Ibrohimova*  
Kompyuterda sahifalovchi *N. Ahmedova*

Nashriyot litsenziyasi AI № 161 14.08.2009. Original maketdan bosishga ruxsat etildi 2013-yil 11-sentabrda ruxsat etildi. Bichimi 60×90<sup>1/16</sup>. Kegli 11 shponli. TimesTAD gam. Ofset bosma usulida bosildi. Shartli bosma tabog'i 16,5. Nashr tabog'i 14,8. Adadi 4430 nusxa. Buyurtma №276-13.

O'zbekiston Matbuot va axborot agentligining Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi. 100129, Toshkent, Navoiy ko'chasi, 30.  
Telefon: (371) 244-10-45. Faks (371) 244-58-55.

O'zbekiston Matbuot va axborot agentligining „O'qituvchi“ nashriyot-matbaa ijodiy uyida original-maket tayyorlandi va chop etildi. Toshkent 100129, Navoiy ko'chasi, 30-uy. // Toshkent, Yunusobod dahasi, Yangishahar ko'chasi, 1-uy. Shartnoma № 07-96-13.