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

MAMADMUSA MAMADAZIMOV

UMUMIY ASTRONOMIYA

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi 5140200 – Fizika va astronomiya ixtisosligi bo'yicha tahsil olayotgan talabalar uchun darslik sifatida tavsiya etilgan

Toshkent
«Yangi asr avlodi»
2008

«Umumiy astronomiya» darsligi pedagogika universiteti va institutlarining «Fizika va astronomiya» ixtisosliklari uchun mo'ljallangan kurs bo'lib, u «Sferik astronomiya», «Osmon mexanikasi va nazariy astronomiya asoslari», «Astrofizika metodlari va kuzatish asboblari», «Quyosh sistemasi jismlarining fizik tabiati», «Yulduzlar», «Bizning Galaktikamiz tuzilishi va tarkibi», «Tashqi galaktikalar», «Kosmogoniya va kosmologiya elementlari» bo'limlarini o'z ichiga olgan. Pedagogika oliy o'quv yurlarining «Fizika», «Fizika va astronomiya» ixtisosliklari talabalari uchun «Umumiy astronomiya» kursidan o'quv materiallarini o'rganishda ham undan muhim o'quv vositasi sifatida foydalanish mumkin.

Taqrizchilat:
SH.A. EGAMBERDIYEV,
fizika-matematika fanlari doktori, professor
I.S. SATTOROV,
fizika-matematika fanlari doktori, professor

ISBN 978-9943-08-361-5
© Mamadazimov Mamadmusa «Umumiy astronomiya».
«Yangi asr avlodi», 2008-yil

SO‘ZBOSHI

Umumiy astronomiya kursi talabalarda asosan ilmiy dunyoqarashni shakllantirishni ko‘zda tutgan holda, ularga Koinotning tuzilishi va evolyutsiyasi to‘g‘risidagi ilmiy tasavvurni, osmon jismlari va ularning sistemalarining fizik tabiatlari haqida tushunchalarni shakllantirishni hamda astronomiyaning inson o‘z hayotida foydalanib kelgan va foydalanayotgan ayrim amaliy tomonlarini ko‘rsatish, tushuntirishni maqsad qiladi.

Astronomiya kursi shuningdek talabalarda, osmon jismlari, ularning sistemalarida kechadigan barcha hodisalarning fizik mohiyatini ilmiy talqin etishga va bu hodisalarning kechishida hech qanday g‘ayri-tabiiy kuchlarning o‘rni yo‘qligiga shuningdek, ular tabiatning mavjud qonunlari asosida ro‘y berayotganligi borasida to‘g‘ri ma’lumotlarni beradi.

Zamonaviy astronomiya elektromagnit to‘lqinlar shkalasining deyarli barcha diapazonlarini zabt etib, bu to‘lqinlarda Yerdan va Yer atmosferasidan tashqarida to‘la kuzatish olib boradi.

Oxirgi yillarda quvvatli teleskoplarning ishga tushirilishi, o‘nlab sun’iy yo‘ldoshlar yordamida elektromagnit to‘lqinlar shkalasining qisqa to‘lqinli diapazonlarda olib borilayotgan kuzatishlar, insonning ko‘rish chegarasini bir necha milliard yorug‘lik yiliga teng masofaga qadar cho‘zishga imkon berib, Koinot qa’rida ko‘z ko‘rib, quloq eshitmagan behisob g‘aroyib hodisalar va ko‘plab juda quvvatli obyektlarning kashf etilishiga olib keldi. Bu obyektlarda (neytron yulduzlar, kvazarlar va boshqalar) kechadigan fizik jarayonlar, ko‘p hollarda jumboqliligi bilan nazariyotchi va amaliyotchi fiziklarni hayratga solmoqda. Bu hodisalar sirlarini bilish, oqibatda insoniyatga plazma fizikasi, yadro fizikasi va energetika muammolarini hal qilishda katta yordam bera olishi ko‘zda tutilmoqda. Shu bois Koinot evolyutsiyasi va undagi fizik jarayonlar bilan XXI asr talabalarini tanishtirish, ularni global masshtabda fikrlash va tafakkur qilishni o‘rgatish astronomiya predmetining o‘z oldiga qo‘ygan muhim vazifalaridan hisoblanadi.

Bakalavriatning «fizika-astronomiya» ixtisosligiga mo‘ljallangan umumiy astronomiya kursi 210 soatga mo‘ljallangan bo‘lib, o‘quv dasturida keltirilgan materiallarni to‘liq o‘z ichiga oladi. Darslikda bayon qilingan o‘quv materiallarining ma’lum qismi, talabalar tomonidan bilimlarni chuqurlashtirish maqsadida, mustaqil o‘qish uchun tavsiya etiladi. Darslik mazmuni negizida, o‘quv dasturi bo‘yicha mo‘ljallangan astronomiyadan amaliy va laboratoriya mashg‘ulotlarini o‘rnincha qiyinchiliklarsiz to‘liq bajarish imkoni mavjud.

...amDAQI
...ot-resurs markazi

243135

KIRISH

1-§. Astronomiya fanining predmeti va uning vazifalari

«Astronomiya» yunoncha so'z bo'lib, «astron» – yulduz, «nomos» – qonun degan ma'noni bildiradi. Astronomiya osmon jismlari va ularning sistemalari harakatini, tuzilishini va rivojlanishini o'rganadigan fandir.

Astronomiya tabiat fanlari ichida eng qadimiysi hisoblanadi. Kishilar juda qadim zamonlardayoq osmon jismlari, jumladan, Quyosh, Oy va sayyoralar harakatlarini o'rganib, yil fasllari, Oy fazalari, hatto tutilishlarini ham oldindan ayta oladigan darajaga erishganlar.

Boshqa tabiat fanlari vakillaridan farqli o'laroq, astronomlar osmon jismlari bilan bevosita tajribalar o'tkazish imkoniga ega emaslar (hozircha Yer, Oy va sayyoralarini hisobga olmaganda). Shuning uchun ham astronomiya kuzatish fani deyiladi, chunki osmon jismlarining tabiatiga tegishli barcha xulosalar asosan kuzatish materiallarini o'rganish yordamida qo'lga kiritiladi.

Osmon jismlarini o'rganishda, astronomiya fani, o'z oldiga yechilishi talab etiladigan quyidagi uchta asosiy vazifani qo'yadi deb qarash mumkin:

1) osmon jismlarining fazoda ko'rinma holat va harakatlarini, so'ngra bu ma'lumotlar asosida ularning harakatlarini o'rganish, ulargacha bo'lgan masofalar, o'lchamlari, massalari va shakllarini aniqlash;

2) osmon jismlarining kimyoviy tarkibi ichki va sirtiga tegishli fizik sharoitni (temperatura, zichlik, bosim va boshqa shu kabi fizik kattaliklarni) aniqlash;

3) osmon jismlari va sistemalarining kelib chiqishi, evolyutsiyasi va kelajak taqdirini o'rganish.

Astronomiyaning birinchi vazifasiga tegishli masalalar juda qadimdan o'rganiladi. Ayniqsa, osmon mexanikasining asosiy qonunlari Kepler va Nyuton tomonidan ochilgandan so'ng bu sohada katta yutuqlarga erishildi.

Osmon jismlarining fizik tabiatlarini tadqiq etish esa nisbatan qisqa davr ichida amalga oshirildi, asosan oxirgi bir necha o'n yillar mobaynida bu sohada bir necha yangi metodlar va quvvatli jihozlarning ishga tushirilishi evaziga muhim va salmoqli natijalar qo'lga kiritildi.

Astronomiyaning uchinchi vazifasi oldingi har ikkala vazifalaridan ham murakkab bo'lib, uning yechilishi bir necha yuz yillar, hatto ming yillar davomida yig'ilgan materiallarni o'rganish, tahlil qilish bilan bog'liq. Shu bois hozircha bu sohaga tegishli bilimlarimiz farazlar, taxminlar va gipotezalar bilangina cheklanadi.

2-§. Astronomiya fanining bo'limlari

Hozirgi zamon astronomiya fani o'zaro bog'liq bir necha asosiy bo'limlardan tashkil topgan. Quyida shu bo'limlar va ularning predmeti keltirilgan:

1. Astrometriya kosmik jismlarning fazodagi ko'rinma vaziyatini va harakatini tekshiradi. Vaqtni o'lchash masalalari bilan shug'ullanadi. Astrometriya o'z navbatida: a) sferik astronomiya, b) fundamental astronomiya, d) amaliy astronomiya kabi bo'limlarga bo'linadi.

2. Nazariy astronomiya va osmon mexanikasi butun olam tortishish qonuni va Kepler qonunlari asosida osmon jismlarining haqiqiy harakatlari va orbita elementlarini o'rganadi.

3. Astrofizika, samo jismlarining tuzilishi, fizik tabiatlari va kimyoviy tarkibini o'rganadi.

4. Yulduzlar astronomiyasi yulduzlar, ularning sistemalari va yulduzlararo materiyaning fazoda taqsimlanishi va harakatlarini, ularning fizik xususiyatlarini hisobga olgan holda tadqiq etadi.

5. Kosmogoniya osmon jismlari va ular sistemalarining paydo bo'lishi va evolyutsiyasi qonuniyatlarini o'rganadi.

6. Kosmologiya esa Koinotning tuzilishi va rivojlanishining umumiy qonuniyatlarini o'rganish bilan shug'ullanadi.

3-§. Astronomiya fani shakllanishining qisqacha tarixi

Astronomiya ham boshqa barcha fanlar singari jamiyatning amaliy ehtiyojlari asosida vujudga kelgan. Astronomiya fani kurtaklari Bobil, Misr, Xitoy, Hindiston va boshqa mamlakatlarda bundan bir necha ming yil avval mavjud bo'lgan. Masalan, Misr kohinlari miloddan 3 ming yilcha avval Nil daryosi toshqinining boshlanishini astronomik kuzatishlar asosida oldindan aytib berganlar. Bunda osmon shimoliy yarim sharining eng yorug' yulduzi Siriusning sharqda, ertalabki Quyosh shafaqlari bilan birinchi ko'rinadigan vaqtda va Nil daryosi toshqinining boshlanishi orasida bog'lanish borligi aniqlangan. Ko'p yillik bunday kuzatishlar tropik yilning uzunligini aniqlash imkonini berdi.

Qadimda yunon astronomlari izchil kuzatishlar asosida, kuzatilgan astronomik hodisalarning kelib chiqish sabablarini aniqlashga va tushuntirishga ham harakat qilganlar. Xususan, Pifagor (mil.avv.VI asr) birinchilardan bo'lib Yerning sharsimon shaklda ekanligi haqida fikr berdi, Aristotel (mil.avv. IV asr) esa Olam markazida harakatsiz Yer joylashgan degan geosentrik sistemaga asos soldi. Aleksandriyalik Eratosfen (mil.avv.III asr) birinchilardan bo'lib Yer meridiani yoyini va keyinchalik, shu asosda sayyoramizning radiusini o'lchadi. Mashhur yunon olimi va faylasufi Gipparx (mil.avv. II asr) yuzlab yulduzlarning koordinatalarini o'zida aks ettirgan birinchi yulduzlar katalogini tuzdi va pretsessiya hodisasini kashf qildi. Milodning II asrida mashhur yunon astronomi Klavdiy Ptolemey «Megale sintaksis» («Buyuk tuzilish») nomli asarida yunon astronomiyasi yutuqlarini umumlashtirib, sayyoralarning 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 sayyora (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 geosentrik nazariya Olam tuzilishining haqiqiy manzarasini aks ettirmagan bo'lsa-da, biroq u salkam o'n besh asr davomida tan olib kelindi.

Umuman olganda, III-V asrlargacha astronomlar erishgan yutuqlar shulardan iborat bo'lib, keyinchalik VI-XII asrlarda Yevropada feodal tuzumning yemirilishi, o'zining qoloq agrar xo'jaligini va savdo aloqalarini

yo'lga qo'yishda, astronomiyadan amaliy bilimlarga katta ehtiyoj seza boshladi. Bu davrda mavjud barcha dinlar uchun Yer Olam markazida joylashgan degan teologik qarash hukmron edi. Shu bois bunday qarashga shak keltiradigan har qanday boshqa qarashlarning mualliflari din vakillari tomonidan qattiq jazoga mustabid edi.

Ayni davrda sharqda vujudga kelgan yirik teokratik davlat islom xalifaligida fan va madaniyat taraqqiyoti uchun qulay sharoit vujudga keldi. Ayniqsa, IX-XV asrlarda, Yaqin va O'rta sharq hamda Markaziy Osiyo mamlakatlarida yirik astronomik rasadxonalar barpo etildi. Ularda Al-Battoniy, Al-Farg'oniy, Al-Xorazmiy, Abul-Vafo Buzjoniy, Abu Mahmud Hamid al-Xo'jandiy, Abdurahmon as-So'fiy va ibn Yunus kabi mashhur olimlar ijod qildi. Xususan, Al-Battoniy yunon astronomiyasi erishgan yutuqlarni umumlashtirib, Oy harakatiga doir ba'zi ma'lumotlarlarni aniqladi. Buyuk vatandoshimiz Al-Farg'oniy yozgan «Astronomiya asoslari» nomli asar o'sha davr astronomiyasining o'ziga xos qomusiy kitobi xizmatini o'tadi. Oy va uning harakatlari to'g'risidagi kashfiyotlari, Yer meridiani uzunligini o'lchash bo'yicha ishlari bilan Abu-al-Vafo dunyoga tanildi. X-XI asrda yashab ijod etgan ulug' o'zbek allomasi Abu Rayhon Beruniyning astronomiyaga oid 40 dan ortiq asarlari bizgacha yetib kelgan. Uning «Xronologiya» asarida Yevropa va Osiyodagi deyarli barcha xalqlarning turli davrlarga tegishli taqvim tizimlari batafsil yoritilgan bo'lib, ularda bu taqvimlarning asoslari va biridan ikkinchisiga o'tish yo'llari to'liq bayon qilinadi.

Beruniyning «Geodeziya», «Qonuni Mas'udiy» va «Yulduzlar ilmi» asarlari to'laligicha astronomiyaga bag'ishlangan bo'lib, ularda Quyosh, Oy va Sayyoralarning harakatlariga doir ko'plab ma'lumotlar, Yer radiusini o'lchashning o'sha zamonda ma'lum bo'lgan bir necha usullari keltirilgan. Beruniynng izdoshi Umar Hayyom ham koinot haqida bir qator falsafiy fikrlar bildirib, nihoyatda katta aniqlikka ega bo'lgan, ayni paytdagi quyosh-hijriy taqvimining asosi bo'lgan Quyosh kalendarini ishlab chiqdi.

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

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 Galiley (1564-1642), nemis Iogann Kepler (1572-1630) va 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. Remer, E. Galley, J. Bradley, I. G. Galle, V. Ya. Struve, F. V. Bessel va boshqalarning astronomiya fanining rivojlantirishda xizmatlari katta bo'ldi.

XX asr o'rtalarida spektral analizning kashf etilishi va astronomiyada fotografiyaning qo'llanilishi natijasida astronomiyaning yangi ufqlari ochildi. Bu osmon jismlarining 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.

Ayni paytda mamlakatimizda ham yirik astronomik markazlar – O'zbekiston Respublikasi FA Astronomiya Instituti va uning Qashqadaryo viloyati Kitob tumanida Ulug'bek nomli Xalqaro kenglik stansiyasi va Qamashi tumanida Maydanak Balandtog' observatoriyalar kompleksi filiallari hozirga qadar faoliyat ko'rsatmoqda. Mazkur ilmiy dargohlarda bir qator taniqli o'zbek olimlari astronomiya va astrofizika muammolari bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlarini olib borishmoqda.

Savol va topshiriqlar

1. Astronomiya fani nimani o'rganadi?
2. Astronomiya bo'limlari va ularning predmeti haqida gapirib bering.
3. Astronomiyaning fan sifatida shakllanishida O'rta Osiyo va Yevropa olimlarining hissasi haqida gapirib bering.

1-§. Yoritgichlarning ko'rinma holatlari. Yulduz turkumlari

Kuzatuvchi Yer sirtining qaysi nuqtasidan turib qaramasin, yoritkichlar (Quyosh, Oy, sayyoralar va yulduzlar) go'yo undan bir xil masofada, ma'lum sferaning ichki qismida joy olgandek tuyuladi. Odatda bunday sfera osmon deb yuritiladi. Bulutsiz tunda osmonda yulduzlar bilan birga biz Oyni, sayyoralarni, ayrim tumanliklarni va ba'zan kometalarni ko'ramiz.

Garchi bir qarashda, yulduzlarning son-sanog'i yo'qdek tuyulsa-da, aslida oddiy ko'z bilan qaraganda ularning soni, osmonning ma'lum yarim sferasida uch mingdan ortmaydi.

Yulduzlarning o'zaro joylashishi juda sekinlik bilan o'zgaradi, maxsus o'lchashlarsiz, oddiy kuzatishlar asosida bunday o'zgarishlarni bir necha o'n, hatto yuz yillardan keyin ham sezib bo'lmaydi. Bunday hol Yer sirtida yulduzlarga qarab oriyentir (mo'ljal) olish uchun juda qo'l keladi va shu bois, juda qadim zamonlardayoq sayyohlar «yulduz kompas»lardan keng foydalanganlar.

Qadimgi sharqda oriyentir olish uchun osmonning yorug' yulduzlari alohida to'dalarga ajratilib, ularga yulduz turkumlari deb nom berilgan. Yulduz turkumlari, hayvonlar (Katta Ayiq, Oqqush, Arslon, Ajdaho, Kit va hokazo), yunon afsonalarining qahramonlari (Kassiopeya, Andromeda, Pegas va boshqalar) va ba'zan ularning yorug' yulduzlari birgalikda qaralganda eslatadigan geometrik shakl yoki predmetlarning (Uchburchak, Tarozi) nomlari bilan yuritiladi.

XVII asrda har bir yulduz turkumiga kiruvchi bir necha yorug' yulduzlar yunon alifbosining harflari (α, β, γ, δ, va hokazo) bilan belgilandi. Shuningdek, 130 ga yaqin yorug' yulduzga xususiy nom berildi. Jumladan, Katta Itning α si – Sirius, Aravakashning α si – Kapella, Liraning α si – Vega, Orionning α si – Betelgeyze, Perseyning α si – Algol va hokazo nomlar bilan yuritila boshlandi. Keyinchalik xiraroq yulduzlarni tartib raqami bilan belgilash qabul qilindi va u hozirgi paytda asosan 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. Hozirgi kunda osmon sferasi 88 uchastkaga, ya'ni yulduz turkumiga bo'lingan.

Ma'lum yulduz turkumiga kiruvchi bir necha yorug' yulduzlar shu turkumiga (yoki ba'zan qo'shni yulduz turkumiga) kiruvchi xira yulduzlarni topishda yaxshi oriyentir bo'lib xizmat qiladi.

Osmonda ma'lum yulduz turkumi yoki yulduzni topish uchun dastlab yulduz xaritalari va atlaslari bilan yaxshilab tanishmoq va so'ngra ko'p marta mashq qilmoq zarur. Ayniqsa osmonning surilma xaritasidan foydalanishni o'rgangan kishi uchun osmonda ma'lum yulduz yoki yulduz turkumini topish ortiqcha qiyinchilik tug'dirmaydi.

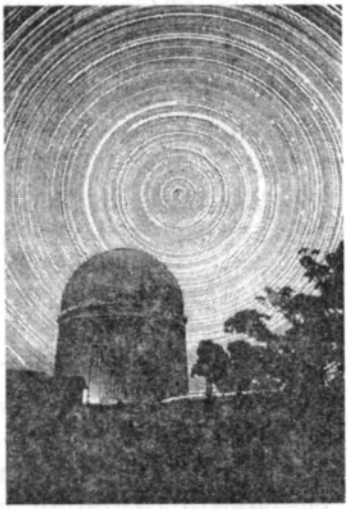
2-§. Quyosh, Oy, sayyoralar va yulduzlarning ko'rinma harakatlari

Agar tunda ma'lum bir joydan turib, bir necha soat davomida tinimsiz yulduzlar kuzatilsa, butun osmon sferasining yulduzlari kuzatuvchidan o'tuvchi faraziy o'q atrofida aylanishini ko'rish mumkin. Bunday aylanish davomida ixtiyoriy yoritgich o'z vaziyatini gorizont (ufq) tomonlariga nisbatan o'zgartiradi va ularning aylanish davri bir sutkani tashkil qiladi. Shuning uchun yoritgichlarning bunday harakati ularning sutkalik ko'rinma harakati deyiladi, boshqacha aytganda, bunday aylanish Yerning o'z o'qi atrofida aylanishi tufayli sodir bo'ladi.

Agar yoritgichlarning sutkalik harakatlari Yerning shimoliy qutbiga juda yaqin bo'lmagan – o'rta geografik kengliklardan turib kuzatilsa, 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 bir nuqtadan ko'tarilib, g'arbda esa aniq bir nuqtada botadi. Uning gorizontdan maksimal balandligi ham (janub tomon yo'nalishida) kunlar o'tishi bilan o'zgarmaydi.

Agar kuzatuvchi shimol tomonga qarasa, bir qism yulduzlar sharqdan chiqib g'arbga botayotgani holda, boshqa bir qismi ma'lum qo'zg'almas nuqta atrofida konsentrik aylanalar chizishini ko'rish mumkin (1-rasm). Bu qo'zg'almas nuqta – olamning shimoliy qutbi deb yuritiladi. Olamning shimoliy qutbi, Kichik Ayiq yulduz turkumining (Katta Ayiq – Yetti qaroqchiga qo'shni yulduz turkumi) eng yorug' yulduzi – α si yaqinidan (orasi taxminan 1′) joy olgan bo'lib, Kichik Ayiqning bu yulduzi Qutb yulduzi deb ataladi.

Quyosh va Oyning sutkalik ko'rinma harakatlari ham sharqdan g'arbga tomon kuzatilib, yulduzlardan farqli o'laroq, ularning chiqish va botish nuqtalari hamda maksimal balandliklari (janub tomonda) kun sayin o'zgarib boradi. Xususan, Quyosh Navro'zda, ya'ni 21 martda, aniq sharq nuqtasidan ko'tarilib, aniq g'arbda botgani holda bundan keyin uning chiqish va botish nuqtalari shimol tomonga siljib boradi va bu hol 22 iyungacha davom etadi. So'ngra bu nuqtalar, aksincha, gorizontning janub tomoniga siljiy boshlaydi. Shuningdek, bu davrda, Quyoshning tush paytdagi balandligi ham pasaya borib, kunduzi qisqarishga, tun esa aksincha, uzayishga boshlaydi.



1-rasm. Olam qutbi atrofida yulduzlarning sutkalik ko'rinma aylanishi

Sayyoramizning yo'ldoshi – Oy ham sutkalik ko'rinma harakatda ishtirok qilib, sharqdan g'arbga yulduzlar bilan birga siljib boradi. Biroq ko'p vaqt talab etmaydigan kuzatishlardanoq, Oyni yulduzlarga nisbatan osmonning sutkalik harakatiga qarama-qarshi yo'nalishda ham siljib borishini sezish mumkin. Bu uning haqiqiy harakati bo'lib, Oy yulduzlarni oralab g'arbdan sharqqa tomon har sutkada taxminan 13 gradusdan siljib boradi va 27,32 sutkada Yer atrofini bir marta to'liq aylanib chiqadi.

Quyoshning bir necha oy davomida sistemali kuzatilishi oqibatida, Oy kabi Quyosh ham, yulduzlarga nisbatan g'arbdan sharqqa siljib borishi ma'lum bo'ladi. Quyoshning bunday *ko'rinma harakati* tufayli sutkalik siljishi, Oynikiga nisbatan juda kichik bo'lib, atigi 1 gradusga yaqin yoyni tashkil qiladi va bir yilda bir marta to'la aylanib chiqadi.

Quyosh va Oyning osmonni bir to'la aylanib chiqadigan yo'llari bir-biriga juda yaqin bo'lib, ular kesib o'tadigan yulduz turkumlari Zodiak yulduz turkumlari (yunoncha «zoo» – hayvonlar) deyiladi. Mazkur yulduz turkumlari 12 ta bo'lib, ular Hut, Hamal, Savr, Javzo, Saraton, Asad, Sunbula, Mezon, Aqrab, Qavs, Jaddi va Dalv degan nomlar bilan ataladi. Bulardan birinchi uchtasini Quyosh bahor oylarida, navbatdagi uchtasini yozgi oylarda, qolganlarini esa, mos

ravishda, kuzgi va qishki oylarda kesib o'tadi. Shubhasiz, Quyosh o'tayotgan yulduz turkumining yulduzlari Quyoshga yaqin burchak oralig'ida joylashganidan bu davrda ular ko'rinmaydi va faqat yarim yil o'tgach yarim kechada aynan shu yulduzlar, gorizontdan janub tomonda eng katta balandlikda ko'rinadi.

Juda qadim zamonlardayoq kishilar, Zodiak yulduz turkumlari sohasida, tashqi ko'rinishi jihatidan yulduzlarga o'xshash, biroq ulardan farq qilib, nisbatan vaziyatlarini o'zgartirib boruvchi beshta yoritgichni kuzatishgan. Yulduzlardan farqlanuvchi bunday xususiyatlari evaziga, ularga planetalar ya'ni «adashgan yulduzlar» – yoki sayyoralar deb nom berilgan. Qadim Rimda bu yulduzlar rim xudolarining nomlari bilan – Merkuriy, Venera, Mars, Yupiter va Saturn deb atala boshladi.

Teleskop ixtiro qilingandan so'ng 1781-yilda yettinchi sayyora Uran va 1846-yilda sakkizinchi sayyora Neptun topildi.

Sayyoralarning ko'rinma harakatlari ham Zodiak yulduz turkumlari chegaralarida kuzatilib, harakat yo'nalishlari Quyosh va Oyniki kabi g'arbdan sharqqa bo'ladi.

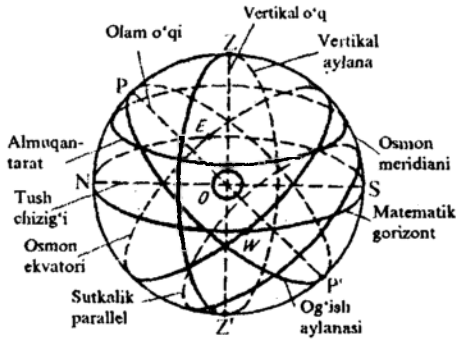
3-§. Osmon sferasi, uning asosiy nuqta, chiziq va aylanalari

Osmon jismlarining ko'rinma vaziyatlarini va harakatlarini o'rganish uchun kuzatish paytida ularning o'rinlarini aniqlash zarur. 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 osmonning asosiy nuqta, chiziq, aylanalari va ayrim tushunchalar bilan tanishish zarur.

Osmon sferasi deb, radiusi ixtiyoriy qilib olingan va markazi fazoning ixtiyoriy nuqtasida (masalan, kuzatuvchining ko'zida) yotgan shunday sferaga aytiladiki, unda osmondagi yulduzlar ma'lum bir vaqtda, fazoning tanlangan nuqtasidan qaralganda qanday ko'rinsa shundayligicha proyeksiyalangan bo'ladi.

Ta'rifdan ko'rinadiki, osmon sferasi markazida joylashgan kuzatuvchi, uning sirtida joylashgan yulduzlarni osmonda ular qanday namoyon bo'lsa, shundayligicha ko'radi. Osmon sferasida yoritgichlarning o'zaro joylashishi, ularning ko'rinma va haqiqiy harakatlarini o'rganishda aslida uning quyidagi asosiy nuqta, chiziq va aylanalariga tayaniladi.

Sferaning markazi va kuzatuvchi turgan nuqtadan o'tgan vertikal yo'nalishning osmon sferasi bilan kesishgan ikki nuqtasidan biri (kuzatuvchi bosh tomoni yo'nalishidagisi) *zenit* Z, unga diametral qarama qarshi yotgan ikkinchisi esa *nadir* Z') deb nomlanadi (2-rasm). Sferaning mazkur nuqtalarini tutashtiruvchi to'g'ri chiziq esa vertikal chiziq deyiladi.



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

Osmon sferasini, uning markazidan vertikal chiziqqa perpendikulyar qilib o'tkaziladigan tekislik bilan kesishishdan hosil bo'lgan katta aylana – *matematik gorizont* deb yuritiladi. Matematik gorizont tekisligiga parallel tekisliklar bilan sfera kesishishidan hosil bo'lgan aylanalar esa *almuqantaratlar* deyiladi. Sferaning vertikal o'q orqali o'tuvchi tekisliklar bilan kesishishidan hosil bo'lgan katta aylanalari *vertikal aylanalar* deb ataladi. Yuqorida eslatilgan nuqta va chiziqlar kuzatuvchining Yer sirtidagi o'z o'rnini o'zgartirishi bilan o'zgarib turadi. Osmon sferasining Yer shari asosiy chiziq va nuqtalariga tegishli yana shunday nuqta va chiziqlar mavjudki, ular Yerning istalgan joyidan kuzatilganda ham vaziyatlarini o'zgartirmaydi. Olam qutblari, olam o'qi, osmon ekvatori va ekliptikalar shunday nuqta va chiziqlardan hisoblanadi. Yer o'qi davomlarining osmon sferasi bilan kesishgan nuqtalari *olam qutblari* deyiladi. Yer o'qi shimoliy qutbi davomining kesishgan nuqtasi – *olamning shimoliy qutbi P*, janubiy qutb davomining kesishgan nuqtasi esa *olamning janubiy qutbi P'* deyiladi. Olam qutblarini tutashtiruvchi o'q esa *olam o'qi* deb yuritiladi.

Osmon sferasi markazidan o'tib, uni Olam o'qiga tik tekislik bilan kesishishidan hosil qilingan katta aylana *osmon ekvatori* deyiladi. Osmon

ekvatori Yer ekvatori bilan bir tekislikda yotadi. Osmon ekvatori tekisligiga parallel tekisliklar bilan sferaning kesishishidan hosil bo'lgan aylanalar – *sutkalik parallellar* deyiladi.Olam o'qi orqali o'tuvchi tekisliklar bilan sferaning kesishishidan hosil bo'lgan katta aylanalar esa *og'ish aylanalari* deb ataladi.

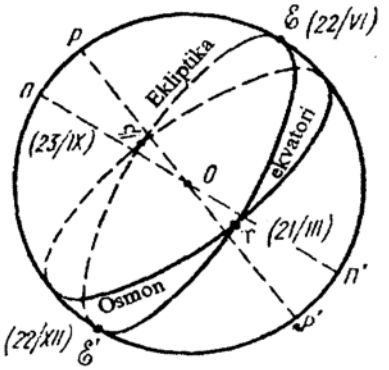
Osmon sferasining asosiy chiziqlari va aylanalari proyeksiyalangan tekislikda yotib, olam qutblari, zenit va nadir nuqtalardan o'tuvchi katta aylana – *osmon meridiani* deyiladi. Uning matematik gorizont bilan kesishgan nuqtalari esa *Shimol* (olamning shimoliy qutbiga yaqini) va *Janub* (olamning janubiy qutbiga yaqini) nuqtalari deb ataladi. Bu nuqtalardan 90^0 yoy masofada yotgan matematik gorizontning nuqtalari – *Sharq* va *G'arb nuqtalari* deyiladi. Matematik gorizont tekisligi bo'ylab yo'nalib, shimol va Janub nuqtalarini tutashtiruvchi to'g'ri chiziq *tush chizig'i* deb yuritiladi. Osmon sferasining yuqorida keltirilgan nuqta va chiziqlari o'rganilgach, ular asosida osmonning turli koordinatalari sistemalarini qabul qilish ortiqcha qiyinchilik tug'dirmaydi.

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

Quyoshning yulduzlar oralab g'arbdan sharqqa tomon siljishini, olimlarimiz juda qadim zamonlardayoq bilishgan. Bu siljish har sutkada salkam 1° bo'lib, bir yilda Quyosh osmon sferasining zodiak yulduz turkumlarini oralab bir marta to'liq aylanib chiqadi. Quyoshning bu yillik ko'rinma yo'lining katta aylanasi *ekliptika* deb yuritiladi.

Yil davomida, ma'lum bir joydan turib sistemali ravishda, tush paytida Quyoshning zenitdan uzoqligini o'lchash tufayli uning osmon ekvatoridan og'ishi $-23^026'$ dan $+23^026'$ ga qadar o'zgarishi ma'lum bo'ladi. Bundan ekliptika tekisligining osmon ekvatoriga og'maligi $23^026'$ ga tengligi aniqlanadi (3-rasm).

Ekliptikaning to'rtta asosiy nuqtasi bo'lib, bulardan ikkitasi uning osmon ekvatori bilan kesishgan nuqtasini, qolgan ikkitasi esa osmon ekvatoridan eng katta og'ishga ega bo'lgan nuqtalarini xarakterlaydi. Ekvator bilan kesishgan nuqtalaridan biri (Quyoshning janubiy yarim shardan shimoliy yarim sharga kesib o'tishida hosil bo'lgani) – *bahorgi tengkunlik nuqtasi* ♈ deyilib, Quyosh unda 21-mart kuni bo'ladi; ikkinchisi esa, *kuzgi tengkunlik nuqtasi* ♎ deyilib, Quyosh unda 23-sentyabr



3-rasm. Ekliptikaning osmon ekvatoriga nisbatan joylashishi

kuni bo'ladi. Ekliptikaning osmon shimoliy yarim sharida eng katta og'ishga (+23°26′) ega bo'lgan nuqtasi – *yozgi quyoshturishi* nuqtasi deyilib, bu nuqtada Quyosh 22-iyunda, janubiy yarim sharda eng katta og'ishga (–23°26′) ega bo'lgan nuqtasi esa *qishki quyosh turishi* nuqtasi deyilib, unda Quyosh 22-dekabrda bo'ladi.

Osmon sferasining markazidan ekliptika tekisligiga tik qilib o'tkazilgan o'q *ekliptika o'qi* PP′ deyiladi. Ekliptika o'qining sfera sirti bilan kesishgan nuqtalari ekliptikaning *shimoliy* – P (shimoliy yarim shardagi) va *janubiy* – P′ (janubiy yarim shardagi) *qutblari* deyiladi. Ekliptika qutblari orqali o'tgan katta aylanalar, yoritgichning *kenglik aylanalari* deyiladi.

Osmon sferasida Quyoshning ushbu yillik ko'rinma harakatini ham aks ettirish mumkin. Quyoshning yulduzlar fonida yillik ko'rinma harakat qilishi aslida Yerning Quyosh atrofida yillik haqiqiy harakati tufayli sodir bo'ladi. Binobarin, Quyoshning yillik ko'rinma harakati tekisligi, Yer orbita tekisligi bilan ustma-ust tushadi. Shuning uchun ham ekliptikaning osmon ekvatoriga og'maligi, Yer ekvatorining o'z orbita tekisligiga og'maligi bilan bir xil kattalikka ega bo'lib, $\varepsilon = 23°26'$ ni tashkil qiladi.

Savol va topshiriqlar

1. Osmonda yulduzlardan boshqa yana qanday obyektlarni ko'rish mumkin?
2. Yulduzlar osmoni kuzatuvchiga qanday nuqta atrofida aylanayotgandek tuyladi. U nuqta qanday nom bilan ataladi?
3. Yulduz tukumlari deb yulduzlarning qanday to'dasiga aytiladi?

4. Qanday yorug‘ yulduzlarni bilasiz?
5. Ekliptika deb qanday katta aylanaga aytiladi?
6. Ekliptikaning asosiy nuqtalari haqida ma’lumot bering va ularning bir-biridan farqlarini tushuntiring.
7. Osmon sferasining asosiy nuqta, chiziq va aylanalarini sanab o‘ting.
8. Quyosh yil davomida ko‘rinma harakatlanayotganda kesib o‘tadigan zodiak soha yulduz turkumlarini sanab bering.

5-§. Gorizontal koordinatalar sistemasi

Gorizontal koordinatalar sistemasida yoritgichlarning o‘rni ikki koordinata bilan xarakterlanadi. Bulardan biri yoritgichning *azimuti A*, ikkinchisi uning *balandligi h* deyiladi. Bu sistemada koordinata boshi qilib janub nuqtasi olinadi.

Yoritgichning azimuti deb, yoritgich orqali o‘tkazilgan vertikal yarim aylananing osmon meridiani bilan zenitda hosil qilingan sferik burchagiga aytiladi (4-rasm). Ko‘pincha azimut shu burchakka tiralgan va matematik gorizont bo‘ylab yo‘nalgan yoy bilan, ya’ni Janub *S* nuqtasidan vertikal yarim aylananing matematik gorizont bilan kesishgan C nuqtasigacha bo‘lgan yoy uzunligi bilan o‘lchanadi. Yoritgichning balandligi esa yoritgichdan o‘tgan vertikal yarim aylananing matematik gorizont bilan kesishgan – C nuqtasidan *M* yoritgichgacha bo‘lgan yoy uzunligi bilan o‘lchanadi.

Osmon sferasining markazidagi kuzatuvchi uchun azimut *A*, matematik gorizont bo‘ylab soat strelkasi yo‘nalishida o‘lchansa, musbat ishorali, teskari yo‘nalishda esa manfiy ishorali bo‘ladi. O‘lchash chegarasi ±180° gacha. Balandlik *h*, matematik gorizont ustida musbat ishorali, ostida esa manfiy ishoralidir.



4-rasm. Gorizontal koordinatalar sistemasi

Yoritgichning balandligi *h* o‘rniga ba’zan uning zenitdan uzoqligi *z* olinadi. $h + z = 90^\circ$ bo‘lganidan bu kattaliklardan biri berilsa, ikkinchisi oson topiladi.

Gorizontal koordinatalar sistemasi kattaliklari *A* va *h* (yoki *z*) lar yoy gradusi, minuti va sekundlarida o‘lchanadi. Bu koordinatalar sistemasining kamchiligi

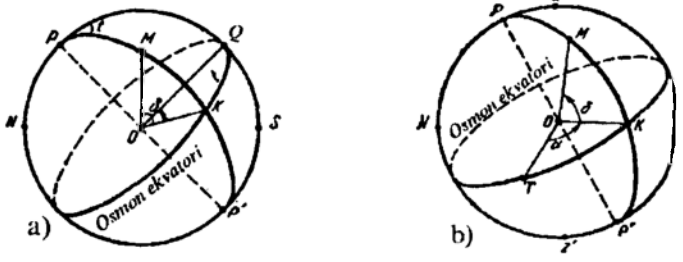
shundaki, kuzatuvchi Yer sharida o'z o'rnini o'zgartirishi bilan yoritgichning gorizontal koordinatalari ham o'zgaradi. Bu sistema bilan faqat ma'lum observatoriya yoki kuzatish punktlaridagina ish olib borish mumkin.

6-§. Ekvatorial koordinatalar sistemasi

1-ekvatorial koordinatalar sistemasi. Bu sistemada yoritgichlarning o'rni *soat burchagi t* va *og'ish burchagi yoki og'ish* δ deyiluvchi koordinatalarda o'lchanadi. Koordinata boshi sifatida osmon meridianining (*P, Q, S, P'* yoy) janubiy qismi bilan osmon ekvatorining kesishgan nuqtasi *Q* olinadi (5-a rasm).

Osmondagi istalgan yoritgichning soat burchagini topish uchun u orqali yarim og'ish aylanasi o'tkazilib, uning osmon ekvatori bilan kesishgan *K* nuqtasi topiladi. Bu nuqtaning koordinata boshidan yoy uzoqligi yoki yoritgich orqali o'tgan yarim og'ish aylanasining osmon meridiani bilan hosil qilgan olam qutbidagi sferik burchagi yoritgichning *soat burchagi* deyiladi.

Yoritgichning og'ishi esa yoritgichdan o'tgan yarim og'ish aylanasining osmon ekvatori bilan kesishgan nuqtasidan *(K)* yoritgichgacha bo'lgan yoy uzunligi bilan o'lchanadi. Yoritgichning soat burchagi sferaning markazida turgan kuzatuvchi uchun soatlarda *(h)*, minutlarda *(m)* va sekundlarda *(s)* soat strelkasi yo'nalishi bo'ylab yoki boshqacha aytganda, osmon sferasining aylanishi yo'nalishi bo'ylab 0° dan 360° gacha (yoy hisobida) yoxud 24^h gacha (vaqt hisobida) o'lchanadi. Ba'zan bu yo'nalish musbat yo'nalish deb qabul qilinib, to 180° gacha



5-rasm. Birinchi va ikkinchi ekvatorial koordinatalar sistemasi

SamDAQI
axborot-resurs markazi

243135

(yoy hisobida) yoki $+12^h$ gacha hisoblanadi, u holda teskari yo'nalish bo'ylab t ning ishorasi manfiy hisoblanib, -12^h gacha o'lchanadi.

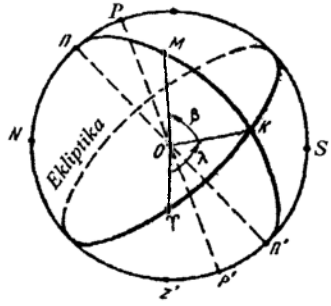
Yoritgichning og'ish burchagi, osmonning shimoliy yarim sharida musbat ishorali, janubiy yarim sharida esa manfiy ishoralidir. Og'ish burchagi yoy graduslarida, minutlarida va sekundlarida o'lchanadi. Ba'zan yoritgichning og'ish burchagi δ o'rniga uning qutbdan uzoqligi p ishlatiladi. Yoritgichning qutbdan uzoqligi p, og'ish burchagini 90° ga to'ldiruvchi burchak bo'lganidan (ya'ni $\delta + p = 90^\circ$) bu burchaklardan birining berilishi kifoya.

Aniq bir yarim og'ish aylanasi ustida yotgan barcha yulduzlarning soat burchaklari bir xil bo'ladi.

2-ekvatorial koordinatalar sistemasi. Bu ekvatorial sistemada koordinata boshi sifatida, ekliptika va osmon ekvatorining kesishgan nuqtalaridan biri – *bahorgi tengkunlik nuqtasi* Υ olinadi. Yoritgichlarning o'rni ularning *to'g'ri chiqishi* α va *og'ishi* δ deyiluvchi koordinatalar orqali tafsiflanadi.

Yoritgichning to'g'ri chiqishi α, u orqali o'tgan yarim og'ish aylanasining osmon ekvatori bilan kesishgan K nuqtasining Υ dan uzoqligi bilan yoki ΥOK tekis burchak bilan o'lchanadi (5-b rasm). α ham, soat burchagi t kabi, soatlarda, minutlarda va sekundlarda o'lchanadi. Yoritgichning to'g'ri chiqishi α, Υ – nuqtasidan osmon sferasining ko'rinma aylanishiga teskari yo'nalishda 0^h dan 24^h gacha o'lchanadi.

Yoritgichning og'ishi 1-ekvatorial sistemada keltirilganidek o'lchanadi. Yoritgichlarning 2-ekvatorial koordinatalar sistemasida aniqlangan koordinatalari Yer sharining hamma nuqtalarida bir xil bo'ladi, biroq gorizontal koordinatalar *(A, h, z)* va 1-ekvatorial koordinatalar sistemasining soat burchagi t, yoritgichlarning sutkalik ko'rinma harakatlari tufayli, sutka davomida o'zgaradi. Ekvator bo'ylab joylashgan barcha yoritgichlarning og'ishi 0° ga teng bo'lib, ma'lum yarim og'ish aylanasi bo'ylab joylashgan barcha yoritgichlar bir xil to'g'ri chiqishga ega bo'ladi.



6-rasm. Ekliptikal koordinatalar sistemasi

Ekliptika asosiy nuqtalarning bu sistemada koordinatalari quyidagicha bo'ladi: bahorgi va kuzgi tengkunlik nuqtalari mos ravishda, $\Upsilon(0;\ 0)$, $\Omega(12^h;\ 0)$, yozgi va qishki quyosh turishi nuqtalari esa mos ravishda, $\xi(6^h;\ +\ 23°26')$ va $\xi'(18^h;-\ 23°26')$.

7-§. Ekliptikal koordinatalar sistemasi

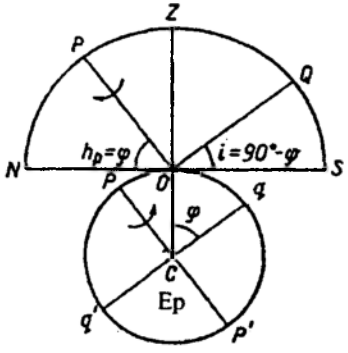
Bu sistemada yoritgichlarning o'rni *astronomik kenglama* β va *astronomik uzunlama* λ (ba'zan, mos ravishda, *eklitikal kenglama* va *ekliptikal uzunlama*) deyiluvchi koordinatalar bilan tavsiflanadi. Koordinata boshi sifatida bu sistemada ham bahorgi tengkunlik nuqtasi Υ olinadi.

Yoritgichlarning astronomik kenglamasi β, ekliptikadan M yoritgichdan o'tgan kenglik aylanasi bo'ylab to yoritgichgacha bo'lgan yoy bilan (yoki MOK tekis burchak orqali) o'lchanadi (6-rasm). Kengiik aylanasi deb yoritgich va ekliptika qutblari orqali o'tgan aylanaga aytiladi. Yoritgichning astronomik uzunlamasi λ esa, bahorgi tengkunlik nuqtasidan Υ yoritgich orqali o'tgan kenglik yarim aylanasining ekliptika bilan kesishgan nuqtasigacha bo'lgan yoy uzoqligi (ekliptika bo'ylab) bilan (yoki ΥOK tekis burchak bilan o'lchanadi. Uni o'lchash osmon sferasining sutkalik ko'rinma aylanishiga teskari yo'nalishda bajariladi. Astronomik uzunlama yoy gradusi, minuti va sekundlarida; uzunlamasi esa vaqt soati, minuti va sekundlarida o'lchanadi.

8-§. Olam qutbining balandligi va joyning geografik kenglamasi orasidagi bog'lanish

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

7-rasmda berilganidek, osmon meridiani bo'ylab zenitdan ekvator tekisligigacha bo'lgan yoy uzunligi ZQ, Yer sharida kuzatuvchi turgan O nuqta geografik kenglamasining yoyi qO bilan bir xil markaziy burchakni (QOZ) tashkil qiladi. Bu burchak tomonlari olam qutbining balandligini xarakterlovchi NP yoyga tiralgan NOP tekis burchakning mos tomonlari bilan o'zaro perpendikulyar ekanligini tushunish qiyin emas, ya'ni



7-rasm. Olam qutbining balandligi va joyning kenglamasi orasidagi bog'lanish

$ON \perp OZ$ va $OP \perp OQ$

Binobarin, mos tomonlari o'zaro perpendikulyar bo'lgan burchaklarning tengligidan $\angle NOP = \angle QOZ$ hosil bo'ladi. Ma'lumki, bu burchaklar mos ravishda, h_p va φ larga teng, ya'ni

$$\angle NOP = h_p \text{ va } \angle QOZ = \varphi.$$

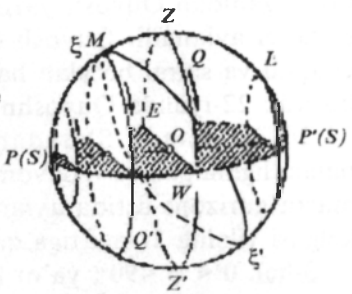
Shunga ko'ra teoremada aytilganidek $h_p=\varphi$ bo'ladi.

9-§. Turli geografik kenglamalarda osmon sferasining sutkalik ko'rinma aylanishi

Osmon sferasining sutkalik ko'rinma aylanishi Yerning o'z o'qi atrofida aylanishining natijasi bo'lganidan, turli geografik kenglamalarda osmon yoritgichlarining ko'rinma aylanishi turlicha bo'lishini tushunish qiyin emas. Tanlab olingan uch xil geografik kenglamada osmon sferasi aylanishini o'rganish bu hodisani turli kenglamalarda qanday kechishi haqida yetarlicha to'la ma'lumot bera oladi.

1-hol. Kuzatuvchi $\varphi=0°$ geografik kenglamada, ya'ni ekvatorda bo'lsin. U holda Olam qutbining balandligi haqidagi teoremaga muvofiq, olam qutblari matematik gorizont bilan ustma-ust tushadi, chunki $h_p=\varphi = 0$. Olam o'qi esa tush chizig'i bo'ylab yo'naladi. Osmon ekvatori aylanasi tekisligi, olam o'qiga tik bo'lganidan zenit va nadir nuqtalari orqali o'tadi. Yoritgichlarning sutkalik yo'llari ekvatorga parallel bo'lgan sutkalik parallel aylanalar bo'ylab kechganidan ular ham matematik gorizontga tik va u bilan teng ikkiga bo'linadi (8-rasm). Bundan ko'rinadiki, ekvatorda osmonning shimoliy va janubiy yarim sharidagi barcha yoritgichlarning gorizontning ustida va ostida bo'lish vaqtlari o'zaro tengdir. Ularning meridiandagi balandliklari $h = 90° - |\delta|$ ga teng bo'ladi. Ekvatordagi kuzatuvchi uchun barcha yoritgichlar chiqadi va botadi. Agar yoritgich ekvator bo'ylab sutkalik ko'rinma harakat qilsa, u zenit orqali o'tadi.

Bu joyda Quyoshning ma'lum kun uchun sutkalik ko'rinma harakatini topish uchun dastlab $\mathcal{E}\mathcal{E}'$ ekliptikada, berilgan kun uchun Quyoshning o'rni topiladi. So'ngra topilgan nuqtadan osmon ekvatori tekisligiga parallel tekislikda yotuvchi aylana – sutkalik parallel aylanasi o'tkaziladi. Quyoshning berilgan kundagi ko'rinma harakati shu aylana bo'ylab kuzatiladi.



8-rasm. Ekvatordagi kuzatuvchi uchun yulduzlar osmonining sutkalik ko'rinma aylanishi

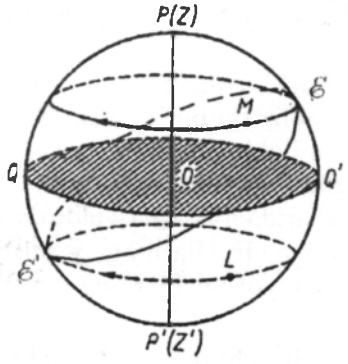
Ayrim xarakterli kunlar uchun xos bo'lgan Quyoshning gorizontga nisbatan sutkalik ko'rinma harakatini ko'raylik. 22-dekabr kuni qishki quyosh turishi nuqtasi orqali o'tkazilgan sutkalik paralleldan (rasmga qarang) ko'rinadiki, u kuni Quyosh osmonning janubiy yarim sharida sharqdan 23°26′ li yoy masofada matematik gorizontdan ko'tariladi. Quyoshning 21-mart va 23-sentyabr kunlaridagi ko'rinma sutkalik yo'li osmon ekvatori bo'ylab kuzatiladi. Bu kunlari tush paytda Quyosh zenitdan o'tadi. 22-iyunda esa, Quyoshning sutkalik yo'li osmonning shimoliy yarim shari qismida ekvatordan 23°26′ li yoy masofadan o'tuvchi sutkalik parallel bo'ylab joylashadi. Tush paytida Quyosh, 22-dekabrdagi kabi gorizontdan 66°34′ balandda bo'ladi. Shunday qilib, ekvatorda bizga tanish to'rt faslning ma'nosi yo'qolib, o'rniga asosan ikki fasl – kuz va bahor paytlari eng issiq davr (1-fasl) va yoz hamda qish paytlarida birdek salqin davr (2-fasl) kuzatiladi.

2-hol. $\varphi=\pm 90°$, ya'ni kuzatuvchi Yer qutblarida bo'lsin. Agar kuzatuvchi shimoliy qutbda bo'lsa, olam shimoliy qutbining balandligi $h_p = 90°$, ya'ni zenit bilan ustma-ust tushadi, u holda olam o'qi vertikal o'q bilan, olam ekvatori esa matematik gorizont bilan ustma-ust tushadi (9-rasm). Bunda osmonning shimoliy yarim sharidagi barcha yulduzlari matematik gorizontga parallel aylanadi va botmaydi. Ularning aylanish balandliklari yil davomida o'zgarmas bo'lib, shu yoritgichlarning og'ish burchaklariga teng bo'ladi, yani $h=\delta$.

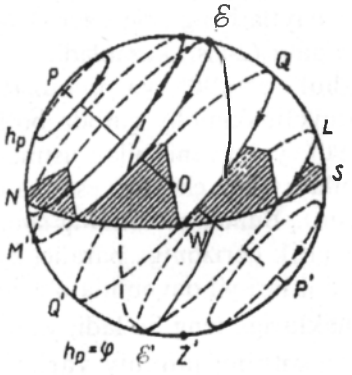
Osmonning janubiy yarim sharidagi yoritgichlar esa aksincha, chiqmaydi va gorizont ostida unga parallel harakatlanadi. Quyoshning sutkalik harakati olam qutbida xarakterli bo'lib, har sutkada chiqib botmaydi. Ekliptika ($\mathcal{E}\mathcal{E}'$) bu joyda matematik gorizont bilan teng ikkiga

bo‘linganidan Quyosh yarim yil gorizontdan yuqorida, unga deyarli parallel aylanadi. Quyosh qutbdagi kuzatuvchi uchun 21-mart kuni chiqadi va spiral bo‘ylab har kuni qariyb chorak gradusdan ko‘tarilib boradi. 22-iyunda Quyoshning balandligi maksimumga erishib, $\delta = +23°26'$ ga yetadi. Shundan so‘ng yana uch oy davomida Quyosh balandligining tushuvi davom etadi. 23-sentyabr kuni Quyosh eng so‘nggi marta gorizont ustida aylanadi va so‘ngra botadi. Shundan keyin to kelgusi yilning 21-martiga qadar Quyosh chiqmaydi.

3-hol. $0° < \varphi < 90°$, ya’ni kuzatuvchi ekvatordan va qutbdan boshqa o‘rta geografik kenglamalarga tegishli nuqtalarda bo‘lsin. Bu joylarda sutkalik parallel aylanalari matematik gorizont bilan kesishganda teng ikkiga bo‘linmaydi (olam ekvatori bundan mustasno). Shimoliy yarim shardagi sutkalik parallel aylanalarning gorizont ustidagi qismi gorizont ostidagi qismidan katta bo‘ladi va bu farq yoritgichlarning og‘ish burchagiga (δ) bog‘liq, u qancha katta bo‘lsa, shuncha ko‘p bo‘ladi (10-rasm). Janubiy yarim shardagi yoritgichlarning sutkalik aylanalari uchun esa, aksincha gorizont ostidagi qismlari ustidagisidan ko‘p, ya’ni yoritgichlar gorizont ostida ustidagiga qaraganda ko‘proq vaqt bo‘ladi. Shuningdek, osmonning shimoliy va janubiy yarim sharlarida matematik gorizont bilan kesishmaydigan sutkalik parallellar ham mavjud, ular bo‘yicha harakatlanadigan yoritgichlar *botmaydigan* yoki *chiqmaydigan* yoritgichlardir. Ularning osmonning qutbga yaqin kichik maydonini



9-rasm. Yerning shimoliy qutbdagi kuzatuvchi uchun osmonning sutkalik ko‘rinma aylanishi



10-rasm. O‘rta geografik kenglamalarda yulduzlar sutkalik ko‘rinma aylanishlarining ko‘rinishi

egallashlari joyning geografik kengligiga bog'liq. Rasmdan ko'rinadiki, chiqmaydigan va botmaydigan yoritgichlarning og'ishi uchun quyidagi munosabatni aniqlash mumkin: botmaydigan yoritgichlar uchun $\delta \geq 90^\circ - \varphi$, chiqmaydigan yoritgichlar uchun esa $\delta < (90^\circ - |\varphi|)$.

Bunday tengliklardan Quyoshning sutkalik yo'li, y shimoliy yarim sharda bo'lganda (ya'ni 21-martdan to 23-sentyabrga qadar) kunduzning kechadan uzunroq, janubiy yarim sharda bo'lganda esa (ya'ni 23-sentyabrdan to kelgusi yilning 21-martiga qadar), kunduzning kechadan kaltaroq ekanligi ko'rinadi. Agar joyning geografik kenglamasi qutb aylanasidan shimolda (ya'ni $\varphi > 66^\circ 33'$) bo'lsa, bunday joylarda 22-iyunga yaqin bir necha kunlar yoki oylar davomida Quyosh botmasligini, 22-dekabr atrofidagi kunlarda esa aksincha, uning chiqmasligini kuzatish mumkin.

Eslatma:

Yoritgichlarning osmon meridianini kesib o'tish hodisasi ularning kulminatsiyalari deyilib, zenitga yaqini yuqori, undan uzoqdagisi esa quyi kulminatsiya deyiladi. Yoritgichlarning kulminatsiya paytidagi balandligi h, uning og'ishi δ va kuzatish joyining kenglamasiga bog'liq bo'lib, uning yuqori kulminatsiyadagi balandligi $h = 90^\circ - \varphi + \delta$ ga, quyi kulminatsiyadagisi esa $h = \delta + h - 90^\circ$ ga teng bo'ladi.

Savol va topshiriqlar

1. Gorizontal koordinatalar sistemasi qanday atalishi va o'lchanishlarini tushuntiring.
2. Ekvatorial koordinatalar sistemasining koordinatalari qanday nomlar bilan ataladi va o'lchanadi?
3. Ekliptikal (astronomik) koordinatalarning nomlari va ularni o'lchash haqida ma'lumot bering.
4. Olam qutbining balandligi va kuzatish joyining kenglamasi orasida qanday bog'lanish mavjud?
5. Olam qutbida $\varphi = 90^\circ$, ekvatorda $\varphi = 0^\circ$ va o'rta kenglamalarda $0^\circ < \varphi < 90^\circ$ osmonning sutkalik ko'rinma aylanishlarini tushuntiring.
6. Yoritgichlarning kulminatsiyasi deb qanday hodisaga aytiladi?
7. Yuqori va quyi kulminatsiyalarda yoritgichning balandligi qanday topiladi?
8. Turli fasllarda ma'lum kenglamada tush paytida va yarim kechada quyoshning balandligi qanday topiladi?

10-§. Vaqtni o'lchash asoslari

Vaqtni o'lchash astronomiyaning asosiy masalalaridan biridir. Astronomiyada vaqt birligi qilib, *Yerning o'z o'qi atrofida bir marta to'la aylanib chiqish davri* olinadi. Yerning o'z o'qi atrofida aylanish davri osmonni sutkalik ko'rinma aylanishi davrida o'z aksini topganidan, vaqt birligi – sutka sifatida, osmon sferasining bir marta to'la aylanib chiqish vaqti olinadi. Vaqtning qaysi osmon jismiga nisbatan aniqlanishiga ko'ra, u yulduz yoki Quyosh vaqtiga bo'linadi.

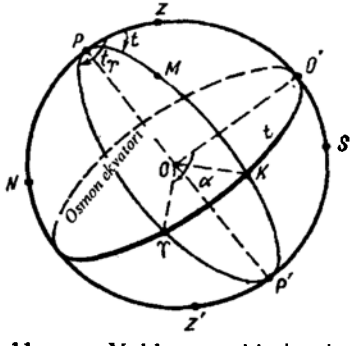
Yulduz vaqti. *Yulduz vaqti s* deb, bahorgi tengkunlik nuqtasining (Υ) yuqori kulminatsiyasidan ketib, osmonning ma'lum bir nuqtasiga borguncha ketgan vaqtning yulduz sutkasi ulushlarida ifodalanishiga aytiladi.

Yulduz sutkasi deb, bahorgi tengkunlik nuqtasininig ikki marta ketma-ket yuqori (yoki quyi) kulminatsiya nuqtasidan o'tishi uchun ketgan vaqtga aytiladi. Yuqoridagi ta'rifdan ko'rinadiki, yulduz vaqti bahorgi tengkunlik nuqtasining soat burchagiga teng bo'ladi (11-rasm), ya'ni $s = t_{\Upsilon}$.

Yulduz vaqti yulduz soatlari orqali aniqlanadi. Bu soatlar qo'llaniladigan Quyosh soatlaridan farq qilib, sutkasining uzunligi $23^h56^m4^s$ ga, ya'ni Yerning o'z o'qi atrofida to'la aylanish vaqtiga teng bo'ladi.

Osmonda bahorgi tengkunlik nuqtasi birorta yulduz bilan ustma-ust tushmaganligi tufayli uni osonlikcha topib bo'lmaydi. Demak, uning soat burchagini ham oddiy usullarda o'lchashning imkoni bo'lmaydi. Shu bois yulduz vaqtini topishda yulduzlarning bahorgi tengkunlik nuqtasi bilan bog'lanishini (α – to'g'ri chiqishi orqali) e'tiborga olib ish ko'riladi. Υ – nuqtasining soat burchagi (yulduz vaqti) istalgan yulduzning soat burchagi (t_*) bilan uning to'g'ri chiqishining (α) yig'indisidan iborat

$$s = t_{\Upsilon} = \alpha_* + t_*$$



11-rasm. Yulduz vaqti ixtiyoriy yoritgich koordinatalari (t, α) bilan bog'liq

Agar bu ifoda orqali yulduz vaqti aniqlanmoqchi bo'lgan yoritgich yuqori

kulminatsiyasida bo'lsa ($t_\odot = 0$), u holda $s = \alpha_\odot$, u quyi kulminatsiya nuqtasida bo'lganda esa, yulduz vaqti $s = \alpha_\odot + 12^h$.

Yulduz vaqti asosan astronomik kuzatishlar uchun ishlatilib, yoritgichlarning aniq o'rinlarini topishda, ayniqsa ularni to'g'ri chiqishlarini aniqlashda muhim o'rin tutadi.

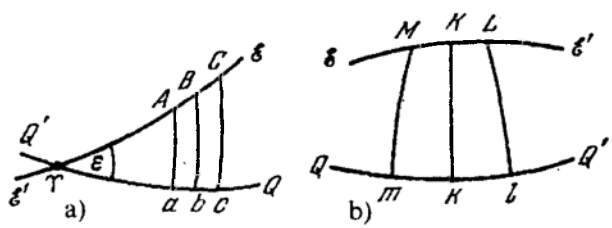
Turmushda esa yulduz vaqtini ishlatish noqulaylik tug'diradi, chunki yulduz sutkasi Quyosh sutkasi uzunligidan kichik bo'lganidan yulduz sutkasining boshi kunlar o'tishi bilan siljib kunduz va kechaning turli vaqtlariga to'g'ri kelaveradi. Shunga ko'ra, turmushda Quyosh sutkasidan foydalaniladi. Quyosh, yulduzlar qatori, sutkalik ko'rinma harakatida ishtirok qilishi bilan birga, yulduzlar fonida ekliptika bo'ylab yillik ko'rinma harakatda ham ishtirok qilganligi tufayli uning vaqtini aniqlash ma'lum qiyinchilik bilan kechadi.

11-§. Quyosh vaqtlari

1. Haqiqiy quyosh vaqti. *Haqiqiy quyosh vaqti deb,* Quyosh markazining quyi kulminatsiyasidan ketib, osmonning ma'lum bir nuqtasiga borguncha ketgan vaqtni, uning haqiqiy quyosh sutkalari ulushlarida ifodalanganiga aytiladi. *Haqiqiy quyosh sutkasi* deb Quyosh markazining ketma-ket ikki marta yuqori (yoki quyi) meridiandan o'tishi uchun ketgan vaqtga aytiladi. Haqiqiy quyosh vaqti ma'lum Yer meridiani uchun ushbu

$$T_\odot = t_\odot + 12^h$$

ifodadan topiladi, bu o'rinda $t_\odot$ – Quyoshning soat burchagi. Quyoshning ekliptika bo'ylab yillik siljishi uning sutkalik ko'rinma harakatiga qarama-qarshi yo'nalganligi tufayli, Quyosh sutkasining



12-rasm. Quyoshning ekliptika bo'ylab sutkalik siljishlarining osmon ekvatoridagi proyeksiyalari

uzunligi yulduz sutkasidan, bir sutka davomida ekliptika bo'ylab quyoshning Δs siljish kattaliklarining (*AB,BS* yoki *MK, KL*) osmon ekvatoriga Δt proyeksiyalari (*ab , bc* yoki *mk, kl*) qadar ortiq bo'ladi (12-rasm).

Quyoshning ekliptika bo'ylab ko'rinma harakati bir tekis bo'lmaganligi tufayli (bunga sabab – Yerning Quyosh atrofidagi haqiqiy harakatining bir tekis emasligidadir), Δs ning kattaligi yilning turli fasllarida turlichadir, binobarin, uning ekvatorga proyeksiyasi Δt ham o'zgarmas bo'lmagan kattalikdir. Natijada, ma'lum bo'ladiki, Quyosh sutkasining uzunligi ham o'zgaruvchan kattalikdir. Shuningdek, ekliptikaning osmon ekvatoriga og'maligi tufayli agar Quyosh, bahorgi yoki kuzgi tengkunlik nuqtalari yaqinidan o'tayotgan bo'lsa (12 *a*-rasm), $\Delta t < \Delta s$ bo'ladi. Agar Quyosh, eslatilgan nuqtalardan 90° narida yotgan nuqtalar (qishki va yozgi quyosh turishi nuqtalari) yaqinidan o'tayotgan bo'lsa (12 *b*-rasm), u holda $\Delta t > \Delta s$ bo'ladi. Demak, bundan ko'rinadiki, garchi Quyosh ekliptika bo'ylab tekis harakatlanganida ham Δt ning kattaligi baribir yarim yillik davr bilan o'zgarar ekan. Binobarin, *quyosh sutkasining uzunligi* yuqorida keltirilgan ikki sababga ko'ra yil davomida *o'zgaruvchan* kattalik bo'lar ekan. Shuning uchun turmushda haqiqiy quyosh vaqtidan foydalanib bo'lmaydi. Demak, sutkasining uzunligi doimo bir xil bo'ladigan o'rtacha quyosh vaqtidan foydalaniladi.

2. O'rtacha quyosh vaqti. Turmushda aniq Quyosh vaqti bilan ish ko'rish uchun astronomiyada harakati, haqiqiy Quyosh harakati bilan bog'liq va sutkasining uzunligi yil davomida o'zgarmas bo'lgan faraziy Quyosh qabul qilingan. Bunday Quyosh yil davomida osmon ekvatori bo'ylab bir tekis ko'rinma harakat qilib, *o'rtacha ekvatorial Quyosh* deb yuritiladi. O'rtacha ekvatorial Quyosh tezligi o'zgarmas deb qabul qilingan o'rtacha ekliptikal (ekliptika bo'ylab harakatlanuvchi) faraziy Quyosh tezligida harakatlanib, istalgan paytda, ularga mos to'g'ri chiqish va ekliptikal uzunlama bir-biriga teng bo'ladi. O'rtacha ekvatorial Quyoshning sutkalik to'g'ri chiqishi orttirmasi $\Delta\alpha$ o'zgarmas bo'lib,

$$\Delta\alpha = \frac{24^h}{365^d,2422} = 3^m56^s,58$$

teng bo'ladi.

O'rtacha quyosh vaqti deb, o'rtacha ekvatorial Quyoshning quyi kulminatsiya nuqtasidan ketib, osmonning ma'lum bir nuqtasiga

borguncha ketgan vaqtni o'rtacha quyosh sutkalari ulushlarida ifodalanganiga aytiladi. O'rtacha quyosh sutkasi deb o'rtacha ekvatorial Quyoshning bir xil nomlangan kulminatsiyadan (yuqori yoki quyi) ikki marta ketma-ket o'tishi uchun ketgan vaqt oralig'iga aytiladi. O'rtacha quyosh vaqti ma'lum Yer meridiani uchun ushbu ifodadan topiladi:

$$T_m = t_m + 12^h$$

Bu o'rinda t_m – o'rtacha Quyoshning soat burchagi.

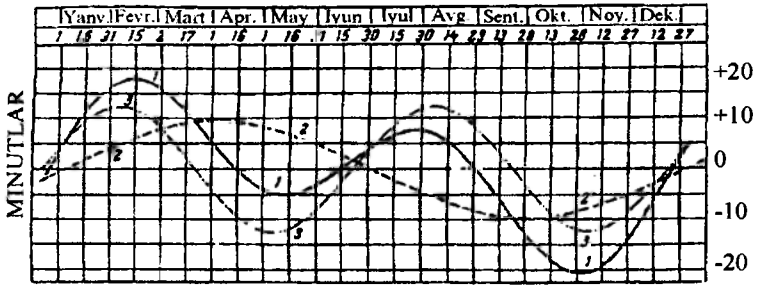
12-§. Vaqt tenglamasi

Ma'lum bir vaqt uchun o'rtacha va haqiqiy quyosh vaqtlari orasidagi farq η – vaqt tenglamasi deb yuritiladi, ya'ni

$$T_m - T_\odot = \eta \quad \text{yoki} \quad t_m - t_\odot = \eta.$$

Istalgan paytda o'rtacha quyosh vaqti, haqiqiy quyosh vaqtiga vaqt tenglamasining qo'shilganiga teng bo'ladi. Demak, istalgan vaqtda haqiqiy Quyoshning soat burchagini o'lchab va vaqt tenglamasidan foydalanib, o'rtacha quyosh vaqtini topish mumkin.

Vaqt tenglamasining (η) yil davomida o'zgarishi 13-rasmdagi grafikda keltirilgan (qalin chiziq). Bu chiziq ikki sinusoidal grafikning algebraik yig'indisidan iborat bo'lib, ulardan biri (shtrix) yillik davr bilan, ikkinchisi (shtrix – punktir) yarim yillik davr bilan o'zgaradi. Yarim yillik davr bilan o'zgaruvchi egrilik, haqiqiy va o'rtacha quyosh vaqtlari orasidagi



13-rasm. Vaqt tenglamasining yillik o'zgarish grafigi (*1-to'q chiziq*)

ekliptikaning ekvatorga og'maligi tufayli vujudga keladigan farqni, yillik davr bilan o'zgaruvchi egrilik esa Quyoshning ekliptika bo'ylab harakatining bir tekis emasligidan kelib chiqadigan farqni ifodalaydi. Vaqt tenglamasini yilning istalgan kuni uchun hisoblab chiqarish mumkin. Astronomik kalendarlarda uning qiymatlari Grinvich meridianining har yarim kechasi uchun jadval ko'rinishida beriladi.

13-§. Vaqt hisobi tizimlari

1. Mahalliy vaqt. Yer sharidagi ma'lum bir punkt uchun yuqoridagi ta'riflar bo'yicha aniqlangan vaqt (yulduz, haqiqiy yoki o'rtacha quyosh vaqti) shu joy uchun mahalliy vaqtni beradi. ♈ bahorgi tengkunlik nuqtasining yoki Quyosh markazining soat burchagi ma'lum bir Yer meridianining barcha nuqtalari uchun bir xil bo'lganidan, mahalliy vaqt mazkur meridian bo'ylab bir xil bo'ladi. Agar Yer sharidagi ikki nuqtaning uzunlamalari λ_1 va λ_2 bo'lib, ularning farqi $\Delta\lambda$ ni bersa, u holda bu ikki punktdan sharqdagisining mahalliy vaqti ham g'arbdagisinikidan $\Delta\lambda$ ga ortiq bo'ladi, ya'ni

Yulduz vaqti uchun: $s_2 - s_1 = \lambda_2 - \lambda_1$

Haqiqiy quyosh vaqti uchun: $T_{\odot 2} - T_{\odot 1} = \lambda_2 - \lambda_1$

O'rtacha quyosh vaqti uchun: $T_2 - T_1 = \lambda_2 - \lambda_1$

Yerdagi ma'lum meridian uchun mahalliy vaqt shu meridianning istalgan nuqtasidan qarab bevosita kuzatish orqali aniqlanadi.



14-rasm. Vaqt hisobi Grinvich meridiani vaqtidan boshlanib, u dunyo vaqti deyiladi

2. Dunyo vaqti. Nolinchi (Grinvich orqali o'tgan) meridianning o'rtacha quyosh vaqti dunyo vaqti (T_0) deb yuritiladi (14-rasm.). Yer sharidagi istalgan punktning mahalliy o'rtacha quyosh vaqti dunyo vaqti bilan quyidagicha bog'lanishda bo'ladi:

$$T_m = T_0 + \lambda$$

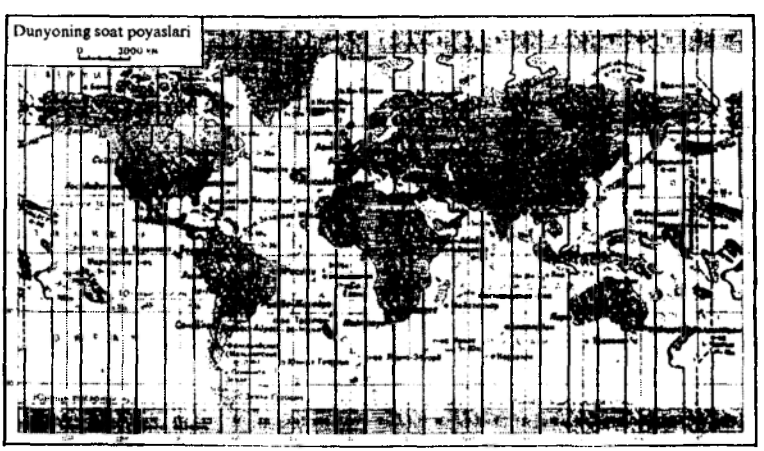
bu yerda λ – mahalliy vaqti topilayotgan joyning uzunlamasi.

Dunyo vaqti ko'pgina astronomik hodisalarning momentlarini belgilashda keng qo'llaniladi.

3. Poyas vaqti. Kundalik hayotda joyning o'z mahalliy vaqtidan foydalanish o'ng'aysizlik tug'diradi, chunki Yer shari bo'ylab cheksiz ko'p meridian aylanasi o'tkazish mumkin bo'lib, oqibatda cheksiz ko'p mahalliy vaqt bilan ish ko'rishga to'g'ri kelardi. Bunda vaqtlar meridianlarning bir-biridan qanchalik uzoqliklariga ko'ra, bir-biridan minutlarga, sekundlarga va sekundning ulushlariga farq qilishi mumkin bo'ladi. Shuning uchun 1884-yili vaqtni hisoblashning poyas sistemasi qabul qilindi.

Buning uchun Yer shari *24 ta poyasga bo'linib, ular 0 dan 23 gacha* raqamlarga bo'lindi. Bu poyaslar chegara chiziqlari okean va dengizlar hamda aholi yashamaydigan joylarda aniq meridian bo'ylab, qolgan joylarda esa davlat ma'muriy-xo'jalik va geografik chegaralar bo'ylab yo'naladi (15-rasm). Shuningdek, shartli ravishda, cheksiz ko'p meridianlardan 24 tasi ajratib olinib, ular *asosiy meridianlar* deb yuritiladi. Asosiy meridianlarning geografik uzunlamalari, mos ravishda 0^h, 1^h, 2^h, 3^h, ..., 23^h ga tengdir. Boshqacha aytganda, har bir poyasga bittadan asosiy meridian to'g'ri kelib, uzunlamasi 0^h bo'lgan asosiy meridian nolinchi poyasning taxminan o'rtasidan, uzunlamasi 1^h bo'lgani 1-poyasning o'rtasidan o'tadi va hokazo.

Ixtiyoriy poyasning poyas vaqti (T_p) sifatida, mazkur poyasning o'rtasidan o'tgan asosiy meridianning mahalliy vaqti olinadi. Ma'lum poyasda joylashgan va uzunlamasi λ bo'lgan punktning mahalliy vaqti



15-rasm. Yer shari sirti poyaslari

T_m quyidagi mahalliy va poyas vaqtlarni bog'lovchi formuladan foydalanib topiladi:

$$T_m - T_p = \lambda_m - N^h,$$

bu yerda λ_m – joyning sharqiy uzunlamasini, N – esa poyas nomerini ifodalaydi. Poyas chegarasida yotgan ixtiyoriy punkt mahalliy vaqtining mazkur poyas vaqtidan farqi ± 30^m gacha bo'ladi. Poyas vaqti dunyo vaqti bilan quyidagicha bog'lanadi:

$$T_п = T_0 + N^h$$

bu o'rinda ham N – poyas nomeri. Sobiq Ittifoqda poyas vaqti 1919-yilning 1-iyunidan qabul qilingan edi.

4. Dekret vaqti. Yoz oylarida kunduz yorug'ligidan to'la foydalanish, shuningdek, elektr energiyasidan uy-joylar va korxonalarni yoritishda oqilona foydalanish hisobiga uni tejash maqsadida ko'p mamlakatlar dekret vaqti bilan ish ko'radi. Korxonalarning ish grafigini o'zgartirmagan holda ish vaqtini odatdagidan bir soat oldin boshlash (ya'ni dekret vaqtiga o'tish) maqsadida, 1920-yilda sobiq Ittifoq xalq komissarlari sovetining dekreti bilan bir necha marta soat strelkalarining mili har yili yozda 1 soat ilgariga, qishda esa, aksincha, 1 soat orqaga surilgan. Oxirgi marta 1930-yilning 16-iyunida shunday dekret bilan soat strelkalarining mili 1 soat ilgari surildi va 1931-yilning 9-fevralida dekret bilan qabul qilingan vaqt maxsus yangi dekret bilan bekor qilingunga qadar o'z kuchini saqlab qoladi deb qo'shimcha qilindi. Shundan buyon bunday vaqt dekret vaqti deb nom oldi. Dekret vaqti (T_d), poyas, dunyo va mahalliy vaqtlari bilan, mos ravishda, quyidagicha bog'lanishda bo'ladi:

$$T_d = T_p + 1^h; \quad T_d = T_o + (N+1)^h; \quad T_d = T_m - \lambda_m + (N+1)^h$$

Dunyoda dekret vaqti bilan yuradigan mamlakatlar ko'p, masalan, Buyuk Britaniya unga 1967-yilning oktyabridan o'tdi.

14-§. Kalendarlar

Uzoq muddat oraliqlarini vaqt birliklari – yillar, oylar, haftalar va kunlar bo'yicha sistemaga solish kalendar deb yuritiladi.

Vaqtni o'lchash kabi kalendarlarni tuzish ham osmon jismlarining davriy harakatiga asoslanadi. Kalendarni tuzishning qiyinligi shundaki, osmon jismlaridan birortasining davri ikkinchisining davri bilan aniq (ya'ni qoldiqsiz) o'lchana olmaydi. Masalan: Yerning Quyosh atrofidagi aylanish davri – bir yilni sutkalarda ifodalasak, u taxminan 365,25 sutka chiqadi, ya'ni qoldiq – yuzdan yigirma besh sutkaga (taxminan olti soatga) teng bo'ladi. Oy davri bilan hisoblaganda esa, bir yilning ichida 12 oy, yana o'rtacha o'n bir sutka qoldiq qoladi. Oy davri uzunligi sutkalarda ifodalansa, 29 sutka, yana yarim kun, ya'ni 12 soatdan ko'proq vaqt ortib qolada va hokazo.

Shu bois kalendarlar, qaysi osmon jismining davri asos qilib olinishiga ko'ra, turlicha bo'ladi. Agar asos sifatida Oyning Yer atrofida aylanish sinodik davri – 29,53 sutka olinsa, Oy kalendari, agar Quyoshning Yer atrofidagi yillik ko'rinma harakati davri (bu harakat Yerning Quyosh atrofidagi haqiqiy harakati tufayli sodir bo'ladi) asos qilib olingan bo'lsa, bunday kalendar Quyosh kalendari deb yuritiladi. Ba'zi kalendarlarda har ikkala osmon jismining davrlari birgalikda asos qilib olinadi, bunday kalendar quyosh-oy kalendari deb yuritiladi.

1. Oy – hijriy kalendari. Milodning 631-yilida islom dinining asoschisi Muhammad payg'ambar, ungacha qo'llanilib kelingan va yilining uzunligi 12, ba'zan 13 oylik yahudiylarning quyosh-oy kalendari o'rniga musulmonlar uchun yilining uzunligi 12 sinodik oydan iborat bo'lgan oy kalendarini joriy qiladi. Mazkur kalendar yilining uzunligi 354 yoki 355 kundan (12×29,53) iborat bo'lib, Quyosh kalendari yilining uzunligidan o'rtacha o'n bir sutkaga kamlik qiladi.

Musulmonlar kalendarining erasi hijriy era («hijrat» arabcha ko'chib o'tmoq demakdir) deb yuritilib, Muhammad payg'ambarning Makkadan Madinaga ko'chib o'tgan yil boshidan hisoblanadi. Bu kun grigorian kalendari bo'yicha 622 yilning 16 iyul, juma, «yangioy» ko'ringan kuniga to'g'ri keladi. Hijriy kalendarda yilning oylari quyidagicha nomlanadi:

Muharram	30	Rajab	30
Safar	29	Sha'bon	29

Rabi al-avval	30	Ramazon	30
Rabi as- soni	29	Shavval	29
Jumada al-avval	30	Zul-qa'da	30
Jumada al-oxira	29	Zulhijja	29(30)

Hijriy yil uzunligiga ko'ra biz ishlatayotgan kalendarga mos kelmaydi. Oy – hijriy kalendari bo'yicha yangi 1429-yil 2008-yilning 10-yanvar payshanba kuni kirdi.

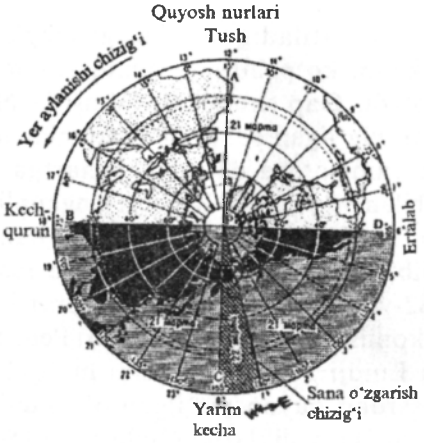
2. Quyosh kalendari. Endi kundalik foydalanilayotgan milodiy kalendar tarixi haqida to'xtaylik. Bundan qariyb ikki ming yil oldin misrlik astronom Sozigen, tropik yil uzunligini (365,25 sutkani) butun sutkalarda ifodalash maqsadida, ketma-ket kelayotgan uch yilning 0,25 sutkalik qoldig'ini tashlab yuborib, uzunligini 365 kundan, to'rtinchi yilni esa qoldiqlarni e'tiborga olgan holda 366 = 365+(4 x 0,25) kundan qilib hisoblashni taklif etdi.

Bu taklif o'sha davrda kalendarni isloh qilish ilinjida yurgan Rim imperatori Yuliy Sezarga ma'qul tushdi va miloddan avvalgi 45-yilda Sozigen taklif qilgan kalendarni joriy qilish to'g'risida qaror chiqardi. Mazkur kalendar Yuliy Sezar sharafiga *Yulian kalendari* deb nom oldi. Islohotga ko'ra, tartib nomeri 4 ga qoldiqsiz bo'linadigan yillar kabisa yillar deyilib, 366 kundan, qolgan yillar esa oddiy hisoblanib, 365 sutkadan qilib olindi. Bu islohot qabul qilingunga qadar qadimgi Rim aholisi dastlab yilning uzunligi 304 kunlik (10 oylik), keyinroq borib, yil boshi mart oyining boshiga to'g'ri keladigan va uzunligi 365 kunli quyosh-oy kalendari bilan ish ko'rar edi. Miloddan oldingi 45-yilga kelib yil boshi birinchi martdan, Rimda yangi saylangan konsullar boshqaruvga o'tiradigan kun – 1 yanvarga ko'chirildi. O'rta asrlarda astronomik kuzatishlar yilning uzunligi, ya'ni Yerning Quyosh atrofidagi aylanish davrini aniq o'lchash imkonini berdi. Aniqlashicha, bu davr 365 sutka-yu 6 soat emas, balki 365 sutka-yu 5 soat-u 48 minut, 46 sekund ekanligi ma'lum bo'ldi. Boshqacha aytganda, yil uzunligi Yulian kalendarida qabul qilinganidan 11 minut-u 14 sekundga qisqa bo'lib chiqdi. Binobarin, Yulian kalendari bo'yicha eski yil tugagach, kishilar yangi yilni qabul qilavermasdan yana qo'shimcha 11 minut-u 14 sekund kutib turganlar. Yillik bu xatolik juda katta bo'lmay, yig'ilib kelinsa 128 yilda bir sutkaga yetgan, yuz yillar ichida esa xatolik bir necha sutkani tashkil etgan. XVI asrga kelib Yulian kalendarining xatoligi 10 sutkadan oshib ketdi.

Natijada 21-martda kuzatiladigan bahorgi tengkunlik, bu davrda 11-martga to'g'ri kelib, ko'pchilikni, ayniqsa, cherkov ahlini katta tashvishga solib qo'ydi. Gap shundaki, IV asrda Nikeyda (Turkiya) imperator tomonidan yig'ilgan soborda xristianlar uchun eng qutlug' sanalgan pasxa bayrami o'sha davrda 21-martga to'g'ri keladigan bahorgi tengkunlik bilan bog'liq edi. Bahorgi tengkunlikning 21-martdan siljib ketishi, vaqt o'tishi bilan pasxa bayramini ham bahordan yozga tomon siljishiga olib kelardi. Bundan xavotirga tushgan Rim papasi Grigoriy XIII 1582-yilda astronomlardan iborat komissiya tuzishga qaror qildi. Ushbu komissiya uzoq ishlab, oxiri Perudji universitetining o'qituvchisi, tabib Luidji Lillio loyihasini ma'qul topdi. Lillioning yangi loyihasi IV asrdan buyon yig'ilgan o'n kunlik xatoni tashlab yuborishni va keyingi 100 yilliklarda (1600,1700,1800 va h.k.) 400 ga qoldiqsiz bo'linmaydigan yuz yilliklarni oddiy yillar deb hisoblashni taklif etdi. Mazkur loyihani Rim papasi Grigoriy XIII 1582-yilning 24-fevralida maxsus qaror bilan qabul qildi. Papa Grigoriy XIII islohotining birinchi moddasida: «1582-yil 4-oktyabrning ertasi kuni 5-oktyabr o'rniga 15-oktyabr deb hisoblansin» deyilib, uning ikkinchi moddasida yuz yilliklar ichida faqat 400 ga qoldiqsiz bo'linadigan yillargina kabisa deb, qolganlari oddiy yillar hisoblansin deyildi. Shundan so'ng ko'p o'tmay 1600-yili kabisa yili deb qabul qilinib, 1700, 1800 va 1900 yillar esa oddiy yillar (aslida bu yillar Yulian kalendari bo'yicha kabisa yillar edi) hisoblanadigan bo'ldi. Shunday qilib, Yulian kalendari bo'yicha 400 yil ichida yig'iladigan taxminan 3 kunlik xatolik, bu davr ichida keladigan 4 ta yuz yilliklarning 3 tasini oddiy yillarga aylantirish yo'li bilan yo'qotildi. Bu kalendar keyinchalik islohchi papa Grigoriy XIII sharafiga uning nomi bilan grigorian kalendari deb ataladigan bo'ldi.

Grigorian kalendari sobiq Ittifoqda 1918-yili xalq komissarlari sovetining dekreti bilan qabul qilindi va 1918-yil 31-yanvarning ertasi kuni 1-fevral o'rniga 14 fevral deb yuritildi, chunki XX asrga kelib yulian kalendarining xatoligi 13 kunga yetgan edi. Grigorian kalendari ham xatolikka ega bo'lib, bu xato yig'ilib-yig'ilib 3300 yilda 1 sutkaga yetadi.

Datani o'zgartirish chizig'i. Ixtiyoriy yangi data dastlab Yerning qaysi meridiandan boshlab kirishi, xalqaro kelishuv bilan shartli ravishda qabul qilingan. Bu kelishuvga muvofiq, datani o'zgarish chizig'i (demarkatsion chiziq) sifatida, 0 – meridiandan 180° li yoy masofadan o'tuvchi ($\lambda=12^h$) meridian qabul qilingan (16-rasm). Mazkur meridian yarim kechadan



16-rasm. Datani o'zgartirish chizig'i

o'tishi bilan sayyoramizga yangi datani olib kiradi. Bu degan so'z, sayyoramizda yangi data (jumladan yangi yil ham)dastlab 12-poyasda, keyin 11-poyasda, so'ngra 10-poyasda va hokazo tartib bilan kirib keladi.Binobarin yangi data eng so'ngida 13-poyasda kiradi. Bu chiziqdan g'arb tomonda ma'lum oy chislosi, har doim sharq tomondagidan bir kunga oldin yuradi (rasmga qarang). Shuning uchun agar sayyoh bu chiziqni g'arbdan sharqqa, faraz qilaylik, 15 may kuni kesib o'tsa, shu kuni yarim kechadan so'ng yana 15 may deb hisoblashga majbur. Agar sayyoh mazkur demarkatsion chiziqni sharqdan g'arbga, aytaylik, 1 iyun kuni kesib o'tsa, unda shu kuni yarim kechadan datani 2 iyun o'rniga 3 iyun deb hisoblashi lozim bo'ladi.

15-§. Umar Hayyom kalendari

XI asrda Nishopurda (Xuroson) yashab matematika, astronomiya sohasida ijod etgan taniqli shoir Umar Hayyom (1048-1131-yillar) saljuq sultoni Malikshoh va uning vaziri Nizomul-mulk tomonidan saroyga taklif etiladi. Uning iltimosiga ko'ra shoh, Hayyom va uning shogirdlari uchun 1076-yili Isfaxonda rasadxona qurib beradi. Malikshoh vafotiga (1092-y.) qadar ishlagan bu rasadxonadagi astronomik kuzatishlar natijasida yuzdan ortiq yorug' yulduzlarning koordinatalari hamda Oy, Quyosh va sayoralarning harakatlarini aks ettirgan jadvallarni o'z ichiga

olgan «zij» tuzildi. Bu astronomik risola keyinchalik «Malikshoh ziji» degan nom bilan astronomiya tarixidan joy oldi.

Beruniy o'zining «O'tgan avlodlar haqida esdaliklar» asarida qadim Eronda (jumladan, Xurosonda ham) kalendar yilining uzunligi 365 kun bo'lib, 12 ta oyning birinchi 11 tasi 30 kundan, 12-si esa 35 kundan bo'lganini ma'lum qiladi. Taqvimning yil boshisi esa doimo bahorgi tengkunlik bilan ustma-ust tushishi zarur edi.

Tropik yilning uzunligi, aslida 365 kun bo'lmay, undan taxminan 6 soatga uzunligi tufayli yillar o'tishi bilan yil boshini tengkunlikdan siljib ketishiga (har to'rt yilda taxminan 1 kun) sabab bo'lgan.

Kalendarni bunday kamchilikdan xoli qilish uchun Malikshoh astronom va matematiklardan iborat komissiya tuzib, unga rahbarlik qilishni Umar Hayyomga topshirdi.

Komissiyaning bosh vazifasi yil boshisi («Navro'z») bahorgi tengkunlikdan siljimaydigan qilib taqvim tuzishdan iborat edi. Buning uchun komissiya 366 kunlik kabisa yilini joriy qilib, uning kelish tartibini rimliklar Yulian kalendarida joriy qilgan tartibdan boshqacharoq shaklda qurishni taklif etdi.

Keyinchalik Umar Hayyom kalendari deb nom olgan bu taqvimda kabisa yili 33 yilda 8 marta kelib (rimliklar taqvimida 32 yilda), dastlabki 7 tasi har to'rtinchi yilda, oxirgi 8-si esa 5-yili keladigan qilib qabul qilindi. Boshqacha aytganda, 33 yillik davrning 4-,8-,12-,16-,20-, 24-,28- va 33-yillari kabisa yillari sanalib, 366 kundan qilindi.

U.Hayyom taqvimida yilning o'rtacha uzunligi $365\frac{8}{33} = 365{,}24242$ kunga teng bo'lib, tropik yil 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 etardi!

Biz ishlatayotgan grigorian kalendarining xatosi bir kunga yetishi uchun esa, 3300 yil (ya'ni Hayyom kalendaridagidan 1200 yil kam vaqt) kerak.

Umar Hayyomning bu taqvimi, ayni paytda Eronda ishlatiladigan Jaloliy (Malishshohning taxallusi) kalendari asosini tashkil etadi.

Mazkur kalendar erasining boshi ham, keyinchalik, musulmonlarning oy kalendari erasidagi kabi, 622-yilning 16-iyuliga ko'chirilib, quyosh hijriy kalendari degan nom bilan ataladigan bo'ldi.

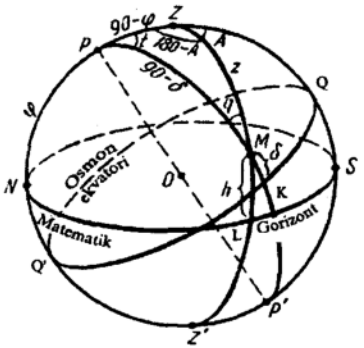
Bu taqvimda oylar Quyoshning yillik ko'rinma harakati davomida kesib o'tadigan yulduz turkumlarining nomlari bilan Hamal, Savr, Javzo, Saraton, Asad, Sunbula, Mezon, Aqrab, Qavs, Jaddi, Dalv va Hut deb yuritiladi.

Quyosh hijriy kalendari bo'yicha yangi – 1387-yil 2008-yilning 21-martida kirdi.

16-§. Parallaktik uchburchak va koordinatalarni almashtirish

Parallaktik uchburchak deb uchlari zenit, olam qutbi va yoritgichda yotgan sferik uchburchakka aytiladi. Ta'rifdan ko'rinadiki, parallaktik uchburchakning tomonlari – osmon meridiani, yoritgichdan o'tgan og'ish va vertikal yarim aylanalari yoylaridan iborat bo'ladi (17-rasm). Sferik uchburchak formulalarini tatbiq etib, koordinatalarning almashtirish formulalarini keltirib chiqarish uchun parallaktik uchburchak tomonlari va burchaklarini yoritgichning ekvatorial *(t, δ)*, gorizontal koordinatalar kattaliklari *(A, z)* va joyning geografik kenglamasi *(φ)* orqali belgilaymiz. Shaklda NP yoy $h_p=\varphi$ bo'lganidan parallaktik uchburchakning *PZ* tomoni *90* – φ ga, $KM=\delta^*$ bo'lganidan *MP* yoy uzunligi *90* – δ ga va uchinchi *MZ* tomoni yoritgichning zenit masofasi *z* ga teng bo'ladi. Shuningdek, *SZL* sferik burchak yoritgichning *A* azimutini berganidan parallaktik uchburchakning *NZL* sferik burchagi *(180°-A)* ni, *QPK* sferik burchak esa yoritgichning soat burchagi *t* ni beradi.

1. Gorizontal koordinatalar sistemasidan ekvatorial sistemasiga o'tish. Sferik uchburchakning kosinuslar formulalariga ko'ra



17-rasm. Parallaktik uchburchak va koordinatalarni almashtirish

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

keltirish formulalaridan foydalansak, u holda

$$\sin\delta = \sin\varphi\cdot\cos z + \cos\varphi\cdot\sin z(-\cos A) = \sin\varphi\cdot\cos z - \cos\varphi\cdot\sin z\cdot\cos A \tag{1}$$

sferik uchburchakning besh elementli formulasiga ko'ra:

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

yoki

$$\cos\delta\cdot\cos t = \cos\varphi\cdot\cos z + \sin z\cdot\sin\varphi\cdot\cos A \tag{2}$$

Sinuslar formulasiga ko'ra:

$$\frac{\sin t}{\sin z} = \frac{\sin(180^\circ - A)}{\sin(90^\circ - \delta)}$$

yoki

$$\sin t\cdot\cos\delta = \sin z\cdot\sin A \tag{3}$$

(1), (2) va (3) formulalari yoritgichlarning gorizontal koordinatalaridan ekvatorial koordinatalariga o'tishga imkon beradi.

2. Ekvatorial koordinatalardan gorizontal koordinatalarga o'tish esa quyida chiqariladigan formulalar yordamida bo'ladi.

Sferik uchburchakning kosinuslar formulasiga ko'ra

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

ixchamlasak:

$$\cos z = \sin\delta\cdot\sin\varphi + \cos\delta\cdot\cos\varphi\cdot\cos t \tag{4}$$

Sferik uchburchakning besh elementli formulasiga ko'ra:

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

Keltirilgan formulalariga ko'ra:

$$-sinz \cdot cosA = cos\varphi \cdot sin\delta - cos\delta \cdot cos\varphi \cdot cost$$
$$sinz \cdot cosA = -cos\varphi \cdot sin\delta + cos\delta \cdot cos\varphi \cdot cost \qquad (5)$$

Sinuslar teoremasiga ko'ra:

$$\frac{\sin t}{\sin z} = \frac{\sin(180^\circ - A)}{\sin(90^\circ - \delta)}$$

yoki $sinA \cdot sinz = sint \cdot cos\delta$.

Xususiy holda, yoritgichning chiqayotgan yoki botayotgan paytida uning azimuti $z=90^\circ$ bo'lganidan quyidagicha topiladi:

$$sinA = sint \cdot cos\delta, \qquad (6)$$

ya'ni $A = \pm arcsin(sint \cdot cos\delta)$

Bu yerda plyus yoritgichning chiqish momentiga, minus esa botish momentiga tegishli. A – yoritgichning azimutini xarakterlaydi.

Savol va topshiriqlar

1. Yulduz vaqti deb qanday vaqtga aytiladi? U qanday hisoblanadi?
2. Haqiqiy va o'rtacha quyosh vaqtlarini tushuntiring. Ular qanday hisoblanadi?
3. Vaqt tenglamasining mohiyatini tushuntiring. Formulasini yozing.
4. Mahalliy, poyas va dunyo vaqtlarini ta'riflang.
5. Oy va quyosh kalendarlari haqida ma'lumot bering.
6. O'rtacha quyosh vaqti va yulduz vaqti orasida qanday bog'lanish mavjud?
7. Gorizontal koordinatalardan ekvatorial koordinatalarga va aksincha qanday formulalar yordamida o'tiladi?

17-§. Astronomik refraksiya

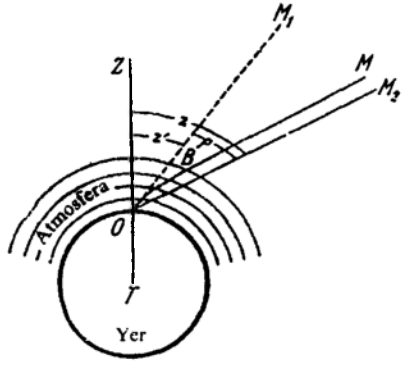
Zenitda bo'lmagan ixtiyoriy yoritgich kuzatuvchiga haqiqiy o'rnidan zenitga tomon siljigan holda ko'rinadi. Buning sababi M yoritgichdan kelayotgan nur ko'zga tushishdan oldin Yer atmosferasining qatlamlaridan o'tayotganda egiladi (18-rasm). Agar atmosfera qatlamlari zichliklari turlicha bo'lgan $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3 > \rho_4 > \rho_5 > ...$ alohida qatlamlardan iborat deb qaralsa, u holda yoritgichdan kelayotgan nur bu qatlamlarning chegaralaridan o'tayotib, mos ravishda, turli $i_1 > i_2 > i_3 > i_4 > i_5 > ...$ burchaklar ostida sinadi. Natijada kuzatuvchi M yoritgichni OM yo'nalish bo'yicha (ya'ni OM_2 yo'nalishda) emas, balki uni vertikal aylana bo'ylab zenitga siljigan OM_1 yo'nalishda ko'radi.

Yoritgichdan kelayotgan nurning Yer atmosferasidan o'tayotganda, bu xilda sinish hodisasi astronomik refraksiya deyiladi. M_1OM_2 burchak-refraksiya burchagi ρ yoki refraksiya deyiladi. $\angle ZOM_1$ – yoritgichning ko'rinma zenit uzoqligi z', $\angle ZOM_2$ esa, uning haqiqiy zenitdan uzoqligi z deyiladi. U holda refraksiya kattaligi $\rho = z - z'$, yoki refraksiya kattaligi ρ ma'lum bo'lsa, yoritgichning ko'rinma zenitdan uzoqligi z' orqali haqiqiy uzoqligi z:

$$z = \rho + z'$$

ifodadan topiladi.

Ma'lum qatlamlar chegarasiga tushayotgan va sinayotgan nurlar bir tekislikda yotgani sababli refraksiya yoritgichning ko'rinma gorizontal



18-rasm. Astronomik refraksiya hodisasi

diametrini o'zgartirmaydi, ya'ni sinish vertikal aylana bo'ylab kuzatiladi. Refraksiya tufayli yoritgichning har ikkala ekvatorial koordinatalari – to'g'ri chiqishi va og'ishi ham o'zgaradi. Faqat yoritgich kulminatsiyasida bo'lgan taqdirdagina vertikal aylana yoritgichning og'ish aylanasi bilan ustma-ust tushganida, uning og'ishi zenit masofasining o'zgarish kattaligigacha o'zgarib, to'g'ri chiqishi o'zgarmaydi. Yoritgich zenitda bo'lganda refraksiya nolga teng bo'lib, gorizontda maksimumga erishadi (35′).

Refraksiya kattaligini hisoblashning murakkab nazariyasi mavjud bo'lib, maxsus kurslarda qaraladi. Refraksiya kattaligini taxminiy hisoblash, normal sharoitda ($R=760$ *mm.sim.ust.*, $t=0^{o}$ *C*) quyidagi formula asosida bajariladi:

$$\rho = 60{,}25'' tgz' \qquad (1)$$

Agar bosim P mm.sim.ust., temperatura t^{o} C bo'lsa, refraksiya

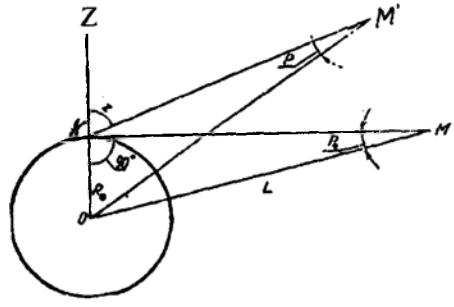
$$\rho = 60'',25 \cdot \frac{P}{760} \cdot \frac{273}{273^{o}+t} \cdot tgz' \qquad (2)$$

ko'rinishdagi ifoda orqali hisoblanadi. Bu formulalar, refraksiya kattaligini yoritgichlarning ko'rinma zenitdagi uzoqligi 70° gacha bo'lgandagina hisoblashga imkon beradi. $z' > 70^{o}$ bo'lgan yoritgichlar uchun refraksiya kattaligi kuzatishlarga tayangan maxsus yo'l bilan hisoblanadi. Yoritgich gorizontda bo'lganda refraksiya kattaligi normal sharoitda 35′ ni tashkil etadi. Binobarin, yoritgichlarning (jumladan Oy va Quyoshning) chiqishi refraksiya tufayli hisoblangan vaqtdan ancha oldin sodir bo'ladi, botish esa, aksincha, kech bo'ladi.

18-§. Sutkalik parallaks

Yer sirtining biror nuqtasidan turib qaralganda yoritgichlarning ko'ringan o'rinlari topotsentrik holatlari deyilib, Yer markaziga nisbatan holatlari esa geosentrik o'rinlari deyiladi. Asosan hisoblashlar yoritgichlarning geosentrik o'rinlariga, ya'ni koordinatalariga nisbatan olib boriladi.

Yoritgichning *sutkalik parallaksi* deb yoritgichga Yer sirtining kuzatuvchi turgan nuqtasidan va Yer markazidan tortilgan chiziqlar orasida yoritgichda hosil bo'lgan p burchakka aytiladi (19-rasm).



19-rasm. Yoritgichlarning sutkalik va sutkalik-gorizontal parallakslari

Yer sirtidagi biror nuqtada K kuzatuvchining o'rni tanlansa, u holda yoritgichning zenitdan uzoqligining o'zgarishiga ko'ra, uning sutkalik parallaksining kattaligi ham o'zgarib boradi. Masalan, yoritgich zenitda bo'lsa, uning parallaksi nolga teng bo'lib, gorizontda bo'lganda maksimumga erishadi. Yoritgich gorizontda bo'lganda uning sutkalik parallaksi p_0 *sutkalik gorizontal parallaks* deyiladi.

Boshqacha aytganda, yoritgichning sutkalik parallaksi p – yoritgichdan qaralganda, kuzatuvchidan o'tgan Yer radiusining ko'rinish burchagini, sutkalik gorizontal parallaks p_0 esa yoritgichdan qaralganda, qarash chizig'iga tik bo'lgan Yer radiusining ko'rinish burchagini xarakterlaydi. KOM' uchburchakdan (19-rasm):

$$\frac{R_\oplus}{L} = \frac{\sin p}{\sin(180'' - z)} = \frac{\sin p}{\sin z}$$

to'g'ri burchakli uchburchak KOM dan esa: $\frac{R_\oplus}{L} = \sin p_o$

Bu ifodalarning chap tomonlari tengligidan: $\frac{\sin p}{\sin z} = \sin p_o$

yoki $sinp = sinp_0\, sinz$ deb yoza olamiz.

Quyosh sistemasidagi osmon jismlari uchun p_0 va p lar juda kichikligidan (sayyoralar uchun 1'' dan kichik, Oy uchun p_0= 57', Quyosh uchun p_0= 8'',8):

$$p' = p_0 sinz$$

deb yozish mumkin.

Sutkalik parallaks tufayli yoritgichlarning gorizontdan balandligi Yerning markazidan qaralgandagiga nisbatan kichik bo'ladi. Maxsus ma'lumotnomalarda ma'lum yoritgichlarning sutkalik gorizontal parallakslarining kattaliklari beriladi.

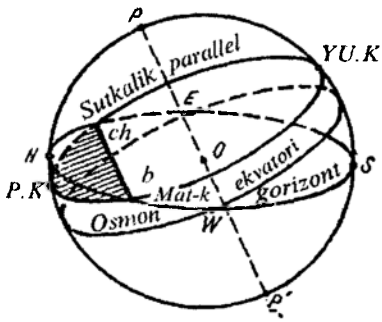
19-§. Yoritgichlarning chiqish va botish momentlarini hisoblash

Ma'lumki, yoritgichning osmon sferasidagi ma'lum holatida vaqtni $s = t + a$ ifodadan topiladi. Binobarin, yoritgichning chiqayotgan va botayotgan momentlarida yulduz vaqtlari, uning bu momentlardagi soat burchaklari (t_{chiq} va t_{bot}) kattaliklar orqali quyidagicha topiladi:

$$\left.\begin{aligned} s_{chiq} &= t_{chiq} + \alpha \\ s_{bot} &= t_{bot} + \alpha \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

Ixtiyoriy momentda yoritgichning soat burchagi uning zenitdan uzoqligi, og'ishi va joyning kenglamasi bilan quyidagicha bog'lanishda bo'ladi (parallaktik uchburchak formulalariga ko'ra):

$$\cos t = \frac{coz - \sin\delta \sin\varphi}{\cos\delta \cos\varphi} \qquad (2)$$



20-rasm. Yoritgichning chiqish va botish vaqtidagi soat burchaklari

Ma'lum yoritgichning chiqayotgan va botayotgan momentlarida soat burchaklarining kattaliklari o'zaro teng bo'lib, faqat ishoralari bilan farq qilganliklaridan (20-rasm)

$$t_{chiq} = -t; \quad t_{bot} = +t \qquad (3)$$

bo'ladi. Binobarin,

$$\left.\begin{aligned} s_{chiq} &= -t + \alpha \\ s_{bot} &= +t + \alpha \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

bo'ladi. Bu ifodalarda t ning qiymati (2) formuladan topiladi. t ni hisoblashda juda katta aniqlik talab etilmasa, yoritgich chiqayotganda va botayotganda gorizontda bo'ladi deb qarab ($z' = 90^\circ$) $\cos z' = 0$ deb olish mumkin, u holda

$$\cos t = \frac{-\sin\delta \cdot \sin\varphi}{\cos\delta \cdot \cos\varphi} = -tg\delta \cdot tg\varphi \tag{5}$$

bilan hisoblanadi.

Aslida esa yoritgich gorizontdaligida uning zenitdan ko'rinma uzoqligi $z' = 90^\circ$ bo'lib, refraksiya tufayli uning zenitdan haqiqiy uzoqligi $z = z' + \rho_{90}$, bu o'rinda $\rho_{90} = 35'$. Agar yoritgichning sutkalik gorizontal parallaksi e'tiborga olinsa:

$$z = z' + \rho_{90} - p_0 \tag{6}$$

bo'ladi va u holda yoritgichning soat burchagi:

$$\cos t = \frac{\cos(z' + \rho_{90} - p_0) - \sin\delta \cdot \sin\varphi}{\cos\delta \cdot \cos\varphi} \tag{7}$$

formuladan topiladi, so'ngra t ning qiymatlarini (4) ga quyib, tanlangan yoritgichning chiqish va botish momentiga tegishli yulduz vaqtlari aniqlanadi.

2. Agar Quyoshning chiqish va botish momentlarini hisoblash zarur bo'lsa, u holda mahalliy haqiqiy Quyosh vaqti bilan uning soat burchagi orasidagi ushbu $T_\odot = t_\odot + 12^h$ bog'lanishdan foydalanib, uning chiqish va botish vaqtlari uchun quyidagi ifodalar ishlatiladi:

$$\left.\begin{aligned} T_{\odot chiq} &= -t_\odot + 12^h \\ T_{\odot bot} &= +t_\odot + 12^h \end{aligned}\right\} \tag{8}$$

Agar Quyoshning chiqish va botish vaqtlari mahalliy o'rtacha quyosh vaqtida (T_m) talab etilsa, $T_m - T_\odot = \eta$ vaqt tenglamasiga ko'ra, quyidagi ifodalar yordamida topiladi:

$$\left.\begin{aligned} T_{mchiq} &= -t_{\Theta} + 12^h + \eta \\ T_{mbot} &= +t_{\Theta} + 12^h + \eta \end{aligned}\right\} \tag{9}$$

Faqat Quyosh yulduzlardan farq qilib, uning ko'rinma radiusi $r_{\odot}$ ga teng bo'lganidan, shuningdek Quyoshning chiqish (yoki botish) momenti sifatida, uning diskining tepa nuqtasi qabul qilinganidan

$$z = z' + \rho_{90} - p_0 + r_{\odot} \tag{10}$$

olinadi. Binobarin, $t_{\odot}$:

$$t_{\Theta} = \frac{\cos(z' + \rho_{90} - p_0 + r_{\Theta}) - \sin\delta_{\Theta}\sin\varphi}{\cos\delta_{\Theta}\cos\varphi} \tag{11}$$

ifodadan topilib, qiymati (9) ga qo'yiladi. Natijada Quyoshning mahalliy o'rtacha vaqt bilan hisoblangan chiqish va botish momentlari aniqlanadi.

Quyoshning dekret vaqti bilan hisoblangan chiqish va botish momentlari esa quyidagi formulalar bilan topiladi:

$$\begin{aligned} T_{g\cdot chiq} &= (N+13)^h - t_{\odot} - \eta - \lambda \\ T_{g\cdot bot} &= (N+13)^h + t_{\odot} - \eta - \lambda \end{aligned} \tag{12}$$

Bu o'rinda N – kuzatish joyining poyas raqami, λ – joyning geografik uzunlamasi, η – vaqt tenglamasini ifodalaydi.

Yoritgichlar chiqish va botish nuqtalarining azimutlarini parallaktik uchburchakning $\sin\delta = \sin\varphi \cdot \cos z - \cos\varphi \cdot \sin z \cdot \cos A$ formulasidan refraksiya, parallaks va ko'rinma radiuslarini hisobga olmay turib, ya'ni $\cos z = 0$ deb quyidagicha topish mumkin:

$$\cos A = -\frac{\sin\delta}{\cos\varphi} \tag{13}$$

(13) ifoda azimutning $A_1=A$ va $A_2=360^o - A$ qiymatlarini beradi.

Bulardan birinchisi yoritgichning botish nuqtasiga, ikkinchisi esa chiqish nuqtasining tegishli azimutni beradi.

Savol va topshiriqlar

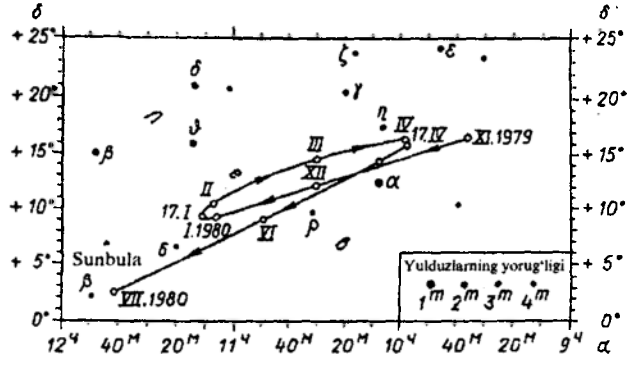
1. Parallaktik uchburchak deb qanday uchburchakka aytiladi?
2. Parallaktik uchburchakning tomonlari yoritgichning qanday koordinatalari orqali ifodalanadi?
3. Koordinatalarni almashtirish formulalarini yozing.
4. Refraksiya deb qanday hodisaga aytiladi? U qanday hisoblanadi?
5. Yoritgichlarning chiqish va botiq momentlari yulduz vaqti bilan qanday hisoblanadi?
6. Quyoshning chiqish va botish momentlari mahalliy o'rtacha quyosh va poyas vaqti bilan qanday momentlalar yordamida topiladi?

II BOB. SAYYORALARNING KO'RINMA VA HAQIQIY HARAKATLARI, OSMON MEXANIKASINING ASOSLARI

1-§. Sayyoralarning yulduzlar fonidagi harakati

Sayyoralarning ko'rinma harakatlari, zodiak yulduz turkumlari (Quyoshning yillik ko'rinma harakati kuzatiladigan soha) chegarasida ro'y berib, murakkab xarakter kasb etadi. Dastlab ular yulduzlar oralab, g'arbdan sharqqa tomon harakatlanadilar, keyin sekinlashib to'xtaydilar, so'ng orqaga sharqdan g'arbga harakat qiladilar. Bunday harakat tufayli sayyoralar davriy ravishda Quyosh yaqinidan o'tib turadi va bu davrda ular Quyosh shafag'iga «ko'milib», bizga ko'rinmay qoladi. Quyosh oldidan ancha o'tgach, undan g'arb tomonda qayta ko'rinadi. Bu harakat uzoqqa cho'zilmay, ular to'xtab, keyin yana oldinga – g'arbdan sharqqa tomon harakat qiladilar (21-rasm). Sayyoralarning bunday harakati sirtmoq ko'rinish olganidan sirtmoqsimon harakat deb ataladi. Sayyoralarning Quyoshdan uzoqliklariga ko'ra, ular sirtmoqlarining o'lchami ham har xil bo'ladi. Yerdan uzoqdagi sayyoralarning sirtmoqlari kichik, yaqinlariniki esa katta burchak o'lchamiga ega. Merkuriy sirtmog'ining yoyi 13°, Veneraniki taxminan 40°, Marsniki 15° atrofida, Yupiterniki 10° dan ortiqroq, Saturnniki 7° ga yaqin.

Sayyoralarning sirtmoqsimon harakatlari, zodiak sohaga tegishli turli yulduz turkumlarida ro'y berib, bu sohani o'tish uchun ularga turlicha vaqt kerak bo'ladi. Masalan, Mars bu sohani 687 kunda, Yupiter salkam



21-rasm. Sayyoraning yulduzlar fonidagi sirtmoqsimon harakati

12 yilda, Saturn esa, 29,5 yilda aylanib chiqadi. Merkuriy va Venera o'z harakatlari davomida Quyoshdan ko'p uzoqqa ketmaydi. Xususan, Merkuriy Quyoshdan sharq va g'arb tomonga 28^0 gacha, Venera esa 48^0 gacha uzoqlashib, zodiak sohani u bilan birga bir yilda aylanib chiqadi. Ularning sirtmoqsimon harakatlari ham Quyosh yaqinida kuzatiladi. Bu ikki sayyora, boshqalaridan farq qilib, erta tongda gorizontning sharq tomonida Quyosh chiqishidan oldin yoki kechqurun, gorizontning g'arb tomonida Quyosh botgandan so'ng ko'rinadi.

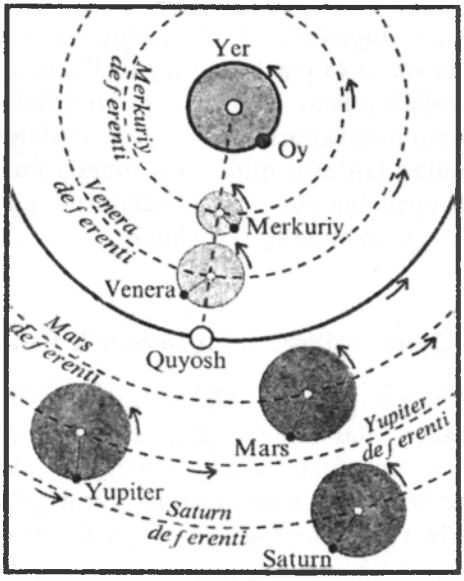
2-§. Olam tuzilishining geosentrik tizimi

Olam tuzilishi haqidagi dastlabki tasavvurlarni qadim yunon mutafakkirlari bergan. Ular olamning geometrik modelini tuzishda, yulduzlar osmonining, sayyoralar va Quyoshning ko'rinma harakatlarini haqiqiy harakat deb bilib, Olam markaziga Yerni qo'ydilar. Ularning bu modeli tarixda olam tuzilishining geosentrik tizimi degan nom bilan tanildi.

U davrda Quyosh, Oyning oddiy va sayyoralarning sirtmoqsimon harakatlari turli o'lchamdagi bu yoritgichlar yotgan geometrik sferalarning murakkab harakatlari bilan tushuntirildi. Xususan, Evdoks (mil. av. IV asr) sayyoralarning sirtmoqsimon harakatlarini 26 ta geometrik sferaning kombinatsiyalari bilan tushuntirdi. Taniqli faylasuf Aristotel (mil. av. IV asr) bu sferalar sonini 56 taga yetkazib, ularni oynadek shaffof sferalar deb tushuntirdi. Olam tuzilishining geosentrik modeli ham birinchi marta Aristotel tomonidan taklif etildi.

Miloddan avvalgi III asrda samoslik mashhur olim Aristarx Oyning birinchi chorak fazasida Quyosh, Yer va Oyning vaziyatlari to'g'ri burchakli uchburchak hosil qilishini anglab, shu asosda Quyoshgacha bo'lgan masofani Oygacha masofa birliklarida aniqlashga harakat qildi. Garchi olim bu o'lchashlarda kattagina xatoga yo'l qo'ygan bo'lsa-da, biroq shunga qaramay u Quyosh Oy va Yerdan hajmiga ko'ra 300 marta kattaligini aniqladi. Natijada u, Quyosh Yerning atrofida emas, balki Yer Quyoshning atrofida aylanadi degan g'oyani ilgari surdi. Biroq u davrda bu g'oyani qo'llovchilar topilmay, mazkur g'oyaning umri qisqa bo'ldi.

Miloddan avvalgi II asrda mashhur aleksandriyalik astronom Gipparx sayyoralarning sirtmoqsimon harakatlarini tushuntirishga harakat qilib,



22-rasm. Ptolemeyning Olam tuzilishi geosentrik modeli

ular Yer atrofida *deferent* deb ataluvchi katta aylanalar bo'ylab harakatlanish bilan birga *epitsikl* deyiluvchi mahalliy kichik aylanalar bo'yicha ham harakatlanadilar deb uqtiradi. Undan uch yarim asr keyin o'tgan uning yurtdoshi – aleksandriyalik K. Ptolemey olam tuzilishining geosentrik modelini yaratishda Gipparxning *epitsikllar nazariyasini* asos qilib oldi. Ptolemeyning Olam tuzilishi to'g'risidagi geosentrik modeli, uning «Megale sintaksis» (Buyuk tuzilish) asarida to'la bayon qilindi. Ptolemey ishlab chiqqan bu model juda murakkab bo'lib, uning soddalashtirilgan ko'rinishi 22-rasmda keltirilgan.

Ptolemey yulduzlar fonida Quyosh, Oy va sayyoralarning kuzatiladigan harakat tezliklariga ko'ra, Yer atrofida ularni quyidagi tartibda joylashtiradi: *Oy, Merkuriy, Venera, Quyosh, Mars, Yupiter, Saturn* va nihoyat so'nggi sferada *qo'zg'almas yulduzlar* osmoni.

Ptolemey taklif etgan modelda yoritgichlarning chiqishi va botishi, planetalar va yulduzli osmon sferasining Yer atrofida aylanishi bilan tushuntiriladi. Quyosh va Oy g'arbdan sharqqa tomon bir tekis (uzoqliklariga ko'ra turli tezliklarda) deferent bo'ylab siljib boradi.

Sayyoralarning sirtmoqsimon harakati qayd etilganidek, ularning epitsikl va deferent bo'ylab harakatlarining qo'shilishidan vujudga keladi.

Merkuriy va Veneraning harakatlarini tushuntirish uchun ular epitsikllarining markazi Quyosh va Yer markazlaridan o'tuvchi to'g'ri chiziqda yotadi deb qabul qildi. Sayyoralarning deferent bo'ylab aylanish davrlari esa, Quyoshning Yer atrofida aylanish davriga, ya'ni bir yilga teng bo'ldi. Orbitalari Quyoshning deferentidan (orbitasidan) tashqarida yotuvchi sayyoralarning davrlari turlicha bo'lib, ularning qaytma harakatlari har doim ular o'z epitsikllarining Yerga yaqin qismida harakatlangandagina ro'y berib, bu davrda epitsikl, albatta Quyoshga qarama-qarshi tomonda bo'lishi zarur edi.

Shunday qilib, Ptolemey sistemasida barcha sayyoralar Yer atrofida aylansa-da, biroq ularning harakati Yerga emas, balki Quyoshning holatiga bog'liq bo'lib chiqdi. Bu muhim faktlar u davr astronomlarining e'tiboridan chetda qoldi.

Dengiz qatnovi va quruqlik karvonlari qatnovi u davrda geosentrik ta'limot asosida tuzilgan astronomik jadvallar asosida olib borilardi. Zamonlar o'tishi bilan bu jadvallarning kamchiliklari ochila bordi. XII asrga kelib, Olam tuzilishining geosentrik tizimi ilmiy asossiz ekanligi to'la ma'lum bo'ldi.

Geosentrik modelga ko'ra, har bir sayyoraning hisoblab topilgan harakat troyektoriyasi uning bevosita Yerdan kuzatiladigan sirtmoqsimon harakatiga mos kelishi uchun Ptolemey mazkur sayyora epitsiklining radiusi, epitsikl va deferent bo'ylab harakat tezliklarini o'z ixtiyoriga ko'ra tanladi.

Oqibatda Ptolemey sistemasi sayyoralarning ko'rinma harakatlarini tushuntirish bilan cheklanib qolmay, balki kelgusidagi holatlarini ham ma'lum aniqlikda belgilashga imkon berdi. Bu sistema bo'yicha, nazariy va amaliy kuzatish natijalari orasida vujudga kelgan farq geosentrik modelni yanada takomillashtirishni taqozo qildi. Shu sababli keyinchalik sayyora birinchi epitsikl markazi atrofidan markazi birinchi epitsikl bo'ylab harakatlanuvchi ikkinchi epitsiklga ko'chirildi. Agar kuzatishdan olingan natijalarni bu ham qanoatlantirmasa, u markazi ikkinchi epitsikl bo'ylab harakatlanuvchi uchinchi epitsiklga ko'chirildi va hokazo.

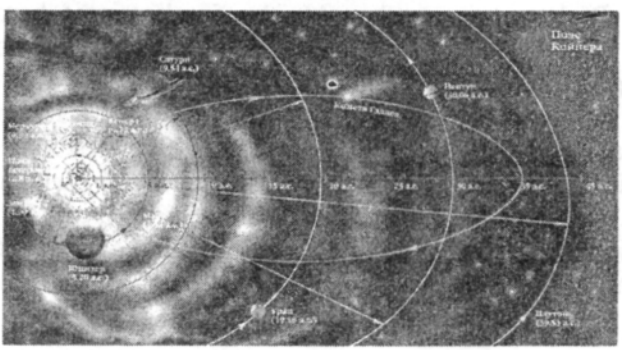
3-§. Olam tuzilishining geliosentrik sistemasi. Sayyoralarning sirtmoqsimon harakatini tushuntirish

Uzoq yillar Quyosh, Oy va sayyoralar harakatini o'rganib, sayyoralar, jumladan Yer Quyosh atrofida aylanishiga ishonch hosil qilgan taniqli polyak astronomi N. Kopernik (1473-1543) o'limi oldidan o'zining mashhur «Osmon sferalarining aylanishi» degan asarini yozib tugalladi. Bu asarda olim Yerning Quyosh atrofida aylanishi g'oyasini matematik jihatdan to'liq asoslab berib, tabiatshunoslikda katta burilish yasadi.

Kopernik asos solgan Olam tuzilishi geliosentrik sistemasining mohiyati quyidagi hollarda o'z ifodasini topdi:

1. Yer olam markazi bo'lmay, boshqa sayyoralardan hech farqi yo'q.
2. Olam markazida Quyosh turib, uning atrofida barcha sayyoralar, jumladan Yer ham aylanma orbita bo'ylab bir tekis aylanadi.
3. Quyoshning ekliptika bo'ylab yillik ko'rinma harakati Yerning Quyosh atrofida haqiqiy yillik harakatining aks etishi xolos.
4. Yer o'z orbita tekisligiga og'ma joylashgan o'qi atrofida g'arbdan-sharqqa tomon aylanadi.
5. Yer atrofida faqat uning yo'ldoshi – Oy aylanadi.
6). Sayyoralarning sirtmoqsimon harakatlari haqiqiy harakat bo'lmay, tuyulma harakatdir. Ko'rinma sirtmoqsimon harakatlar sayyoralar va Yerning to'g'ri (g'arbdan sharqqa tomon) harakatlarining qo'shilishi tufayli sodir bo'ladi.

Sayyoralar Quyoshga nisbatan joylashish holatlarining davriy ravishda qaytarilishi va sirtmoqsimon harakatlarida, sirtmoqlarining o'lchamlariga



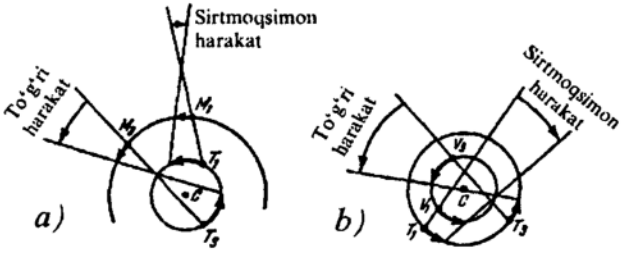
23-rasm. Geliosentrik sistemada sayyoralarning Quyoshga nisbatan joylashishi

ko'ra, Kopernik sayyoralarning Quyoshdan uzoqliklarini hisobladi. Bunda u Yerdan Quyoshgacha bo'lgan masofani bir birlik deb olib, sayyoralar uzoqligini shu birlikda ifodaladi. Uning aniqlashicha, Quyoshdan: Merkuriy – 0,38; Venera – 0,72; Yer – 1,0; Mars – 1,52; Yupiter – 5,22; Saturn esa – 9,18 birlik masofa chiqdi. Bu masofalar hozirgi zamon ma'lumotlaridan juda katta farq qilmaydi (23-rasm.).

Kopernik astronomiya tarixida birinchi bo'lib, Quyosh sistemasi tuzilishining to'g'ri modelini yaratdi. Osmonning sutkalik ko'rinma aylanishi sababi Yerning o'z o'qi atrofida aylanishi ekanligini ham u to'g'ri ko'rsatdi.

Endi Kopernik kashf etgan sayyoralarning ko'rinma sirtmoqsimon harakatlari va Yerning Quyosh atrofidagi harakatlari tufayli Yerdagi kuzatuvchi uchun qanday sodir bo'lishi bilan tanishaylik.

24-rasmda Yer va tashqi sayyoraning harakatlari paytida,Yerdan qaraganda,sayyoraning sirtmoqsimon ko'rinishdagi harakatining qanday sodir bo'lishi ko'rsatilgan. *T Yer* va *M* tashqi sayyoraning (masalan, Mars) C Quyosh atrofida aylanishida, Yer va sayyoraning mos paytlardagi orbital holatlari T_1, M_1 va T_3, M_3 ko'rinishda keltirilgan. Shuningdek, chizmada Yerdan qaralganda sayyoraning osmonda, qo'zg'almas yulduzlar fonidagi to'g'ri va qaytma harakatlari aks ettirilgan. Bunda sirtmoq, Yer va sayyora orbitalari ustma-ust tushmasdan, o'zaro burchak hosil qilganligi tufayli «ochilib» ko'rinadi (40-*a* rasmda alohida ko'rsatilgan). Bunda birinchi holatda Yer va sayyoraning T_1, M_1 holatlaridan boshlanadigan harakatlari natijasida uning osmonda yulduzlar fonidagi harakati – teskari (sharqdan – g'arbga) harakat bo'lib, T_3 va M_3 holatlari bilan boshlangan harakatlari natijasida esa, Mars to'g'ri harakatlanayotganligini ko'rish mumkin.



24-rasm. Sayyoralarning sirtmoqsimon harakatlari va ularni tushuntirish

So'ngra 24-b rasmda T *Yer* va V ichki sayyora Veneraning o'zaro harakatlarida, T_1 va V_1 holatlari bilan boshlanadigan harakat natijasida sayyoraning osmondagi ko'rinma harakati teskari harakat bo'lib, T_3 va V_3 lar bilan boshlanadigan Yer va sayyoraning harakatlari tufayli uning to'g'ri harakatlanayotganining guvohi bo'lamiz. Tashqi sayyoraning teskari harakatlangandek ko'rinishiga diqqat bilan qaralsa, Yer u sayyorani quvib o'tayotgan davriga to'g'ri kelishini topish qiyin emas. Binobarin, tashqi sayyoralar ko'rinma harakatida orqaga qaytish faqat Yer ularni quvib o'tayotganda sodir bo'ladi.

Ichki sayyoralar (Merkuriy va Venera) sirtmoqsimon ko'rinma harakatlarining tahlili, ularning teskari harakatlari Yerni quvib o'tayotganda sodir bo'lishini ko'rsatadi.

Shunday qilib, asrlar davomida sir bo'lib kelgan sayyoralarning ko'rinma sirtmoqsimon harakatlari Kopernik tomonidan Yerning «harakatlantirib» yuborilishi bilan «fosh» bo'ldi.

Garchi Kopernik Yerning Quyosh atrofidagi harakatining isboti uchun bevosita dalillar keltira olmagan esa-da, yulduzlar fonida sayyoralarning sirtmoqsimon harakatlarining va Quyoshning yillik harakati sabablari bilan qoyilmaqom qilib tushuntirishi uning nazariyasi to'g'riligining isboti bo'ldi.

4-§. Geliosentrik ta'limot uchun kurash

Kopernik geliosentrik ta'limotida sayyoralarning sirtmoqsimon va Quyoshning yillik harakatini sodda va ishonchli dalillarda keltirilishi qisqa vaqt ichida bu nazariyani qo'llab chiquvchi, omma orasida uni faol targ'ib qiluvchi olimlar guruhini vujudga keltirdi. Ana shunday targ'ibotchilardan biri italiyalik mashhur faylasuf astronom Jordano Bruno (1548-1600) edi. Bruno o'zining «Olamlarning ko'pligi to'g'risida» asarida geliosentrik ta'limotni targ'ib qilish bilan birga uni rivojlantirdi. Xususan u o'z asarida Olam tuzilishi haqidagi Kopernik ta'limotiga qo'shimcha qilib aytdiki, Quyosh barcha yulduzlar uchun markaz bo'lolmaydi, u faqat Quyosh sistemasi jismlari uchun markaz hisoblanadi, yulduzlar esa Quyoshga o'xshash samoning obyektlaridan bo'lib, bizdan juda uzoqda yotadi. Mazkur yulduzlarning ko'pchiligi Quyosh kabi o'z sayyoralar sistemasiga ega bo'lishi mumkinligi, ularning ayrimlari atrofida sayyoralar sistemasi ham mavjud bo'lishi mumkinligi e'tirof qilindi. Bruno o'z asarida bu

sayyoralarning ayrimlarida hayot paydo bo'lishi va hatto ba'zilarida bu hayot rivojlanib aqlli mavjudot darajasigacha yetishib chiqqan bo'lishi mumkin degan xulosa berdi. O'zining bu faol g'oyalari uchun J. Bruno sakkiz yil davomida inkvizitsiya sudi azoblarini boshidan kechirdi va oxiri 1600-yil 17-fevralda Rimda gulxanda yoqildi.

Geliosentrik ta'limotning boshqa bir targ'ibotchisi buyuk italyan olimi G. Galiley edi. U o'zining «Dialog» asarida geliosentrik g'oyalarni targ'ib qilib, inkvizitsiya qo'liga tushdi. 1609-yili u o'zi yasagan teleskopda osmon obyektlarini kuzatib, Oy tog'lari va pasttekisliklarini kashf etib, Oy Yerga o'xshash oddiy bir jism ekanligini va ular orasidagi mavjud «Yer bilan osmoncha farq» aslida yo'qligini oshkor qildi. U Somon Yo'lini kuzatib, Aristotel aytganidek, Yer atmosferasidagi halqa tumanlik bo'lmay, g'ij-g'ij yulduzlardan tashkil topganligini ma'lum qildi. Galileyning 1610-yildagi kuzatishlari, ayniqsa sermahsul bo'ldi. Olim Yupiter atrofida uning 4 ta yo'ldoshini topdi, Quyoshda dog'larni va ularning, Quyosh gardishida siljishi asosida esa Quyoshning o'z o'qi atrofida aylanishini aniqladi. Shuningdek Galiley Veneraning, Oyga o'xshab, turli fazalarda ko'rinishini kuzatib, bu hodisa sayyoraning Quyosh atrofida aylanishining yorqin dalili deb to'g'ri ta'kidladi.

Galileyning bu kashfiyotlari, Kopernik geliosentrik sistemasining uzil-kesil g'alabasi uchun keng sharoit yaratdi. Bu ilg'or g'oyalari uchun G. Galiley 1633-yili 70 yoshida qamoqqa olinib, inkvizitsiya qo'liga sud qilish uchun topshirildi. Sud Galileyni o'z g'oyalaridan voz kechib, ularni inkor etishga majbur etdi. Shunga qaramay, sud unga umrining oxirigacha yashash joyidan tashqariga chiqmaslik to'g'risida qaror qabul qildi. Shunday qilib, olim umrining oxirigacha inkvizitsiya xodimlari tomonidan ta'qib ostida bo'lib, kosmologik g'oyalarni targ'ib qilish imkonidan mahrum bo'ldi.

Iogann Kepler o'zining «Kosmografiya sirlari» (1596 y.) asarida olamning geliosentrik tizimini geometrik modelda aks ettirmoqchi bo'ldi. Garchi Keplerning bu urinishi juda muvaffaqqiyatli kechmagan bo'lsa-da, biroq mazkur asarda keltirilgan uning murakkab matematik hisoblashlari, daniyalik mashhur astronom Tixo Bragening e'tiborini o'ziga qaratdi.

1600-yilda I. Kepler Tixo Bragening taklifiga ko'ra Pragaga yangi sayyoralar jadvalini tuzish uchun keldi. Tixo Bragening salkam 20 yillik kuzatishlari hamda o'zining 1602 va 1604-yildagi kuzatishlarini qo'shib,

Kepler Marsning Quyosh atrofida qariyb 12 marta to'liq aylanishi haqidagi ma'lumotni yig'di. Bular asosida Marsning Quyosh atrofidagi orbitasini aylana ko'rinishida tasvirlash ijobiy natija bermadi. Mazkur sayyoraning hisoblashlardan topilgan osmondagi holatlari, bevosita kuzatilgan holatlar bilan mos kelmadi. Kepler Marsning aylana ko'rinishidagi orbitasidan voz kechib, uning harakatlariga mos haqiqiy orbitani izladi. Oqibatda Marsning Quyosh atrofidagi harakati ellips bo'lib chiqdi. Natijada Kepler tomonidan qabul qilingan Quyoshning Yer orbitasi markazidan «siljitilgan» holati, Yer ham Quyosh atrofida sayyoralar kabi aylanaga yaqin elliptik (ekstsentrisiteti 0,017) orbita bo'ylab harakatlanishini va bu harakat ham Marsniki kabi notekis kechishini ma'lum qildi. Sayyoralar harakatiga tegishli bu qonuniyatlar olimning 1609-yilda chop etilgan «Yangi astronomiya» kitobidan o'rin oldi.

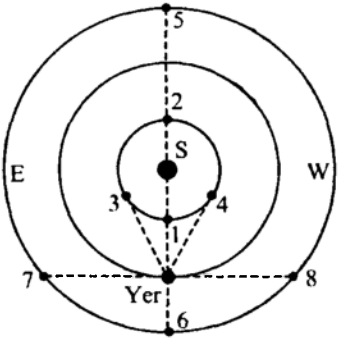
Savol va topshiriqlar:

1. Sayyoralarning yulduzlar fonidagi sirtmoqsimon harakatlarini tushuntiring.
2. Olam tuzilishining geosentrik ta'limoti asoschilari kimlar?
3. Olam tuzilishining geliosentrik nazariyasining shakllanishi tarixi va bu nazariya uchun kurash haqida ma'lumot bering. Bunda N.Kopernikning xizmati.
4. Bu borada sharq astronomlari (Xorazmiy, Beruniy) hamda Bruno, Galiley ishlari to'g'risida gapiring.
5. Olam tuzilishi haqidagi hozirgi zamon tasavvurlari haqida gapiring.

5-§. Sayyoralar konfiguratsiyalari va ularning ko'rinish shartlari

Quyosh atrofida harakatlanayotgan sayyoralarning yulduzlar fonidagi siljishlari harakatlanayotgan Yerdan kuzatilgani tufayli murakkab ko'rinish kasb etadi. Sayyoralarning Yerdan qaraganda Quyoshga nisbatan egallagan alohida vaziyatlari ularning konfiguratsiyalari deyiladi. Sayyoralardan ikkitasining konfiguratsiyasi bilan tanishaylik. 25-rasmda Quyosh atrofida Yer bilan birga aylanayotgan ikkita sayyoraning orbitasi aks ettirilgan. Ulardan birining orbitasi ichki sayyoraga (orbitasi Yer orbitasining ichida joylashgan Merkuriy yohud Veneraga), ikkinchisi esa tashqi sayyoraga (orbitasi Yer orbitasidan tashqarida yotganiga) tegishlidir.

Yerning 25-rasmdagi vaziyatida ichki sayyora egallagan 1- va 2-holatlar, sayyoraning *Quyosh bilan qo'shilish holatlari*, (1-si *quyi qo'shilish*, 2-si *yuqori qo'shilish)* deyiladi.



25-rasm. Ichki va tashqi sayyoralarning konfiguratsiya holatlari

Ichki sayyoraning Quyoshdan sharq va g'arb tomonga maksimum uzoqlashgan holda ko'rinishlari uning 3- va 4-holatlariga to'g'ri kelib, uning *elongatsiyalari* deyiladi. Sayyora 1-, 2-holatlarda Quyosh shafag'iga ko'milib ko'rinmaydi, ya'ni uning ko'rinmaydigan davri bo'ladi. Agar ichki sayyora 3-holatda bo'lsa, u Quyoshdan sharq tomonda undan eng katta burchak masofada bo'lganidan kechqurun Quyosh botganda osmonning g'arb tomonida gorizontdan biroz balandda yaxshi ko'rinadi. Aksincha 4- holatda, ya'ni Quyoshdan g'arb tomonda bo'lsa, u erta tongda Quyosh chiqishidan oldin sharq tomonda ko'rinadi.

Tashqi sayyoraga tegishli 5-holat ham *qo'shilish* (ya'ni Quyosh bilan qo's hilish), 6-holat esa, *qarama-qarshi* turish (ya'ni Quyosh bilan qarama-qarshi turish) deyiladi. Bu holatda sayyora Quyoshdan 180° li burchak masofada joylashadi. Tashqi sayyora 5-holatda Quyosh bilan *qo'shilib*, o'zining Yerdagi kuzatuvchiga ko'rinmaydigan davrini o'tayotgan bo'ladi, 6-holatda esa Quyoshga *qarama-qarshi* turganidan, Quyosh botishi bilan sayyora sharq tomonda gorizontdan ko'tariladi va butun tun davomida uni kuzatish mumkin bo'ladi. Sayyoraning 7- va 8-holatlari uning sharqiy va g'arbiy kvadraturalari deyiladi.

6-§. Sayyoralarning siderik va sinodik davrlari

Sayyoraning *siderik davri* T_{pl} deb uning Quyosh atrofida ma'lum bir yulduzga nisbatan to'liq aylanib chiqishi uchun ketgan vaqtga aytiladi. Sayyoraning *sinodik davri* S deb uning bir xil konfiguratsion vaziyatlarining (qo'shilishi, elongatsiyalari va qarama-qarshi turishlari), ixtiyoriy biridan ikki marta ketma-ket o'tishi uchun zarur bo'lgan vaqt oralig'iga aytiladi. Sayyoraning sinodik davri S Yerning harakati bilan bog'liq, Yerning siderik davri $T_{\oplus}$ va sayyoraning siderik davri T_{pl} bilan quyidagicha bog'lanishda bo'ladi:

ichki sayyoralar uchun $\frac{1}{S}=\frac{1}{T_{\oplus}}-\frac{1}{T_{pl}}$,

tashqi sayyoralar uchun esa $\frac{1}{S}=\frac{1}{T_{pl}}-\frac{1}{T_{\oplus}}$.

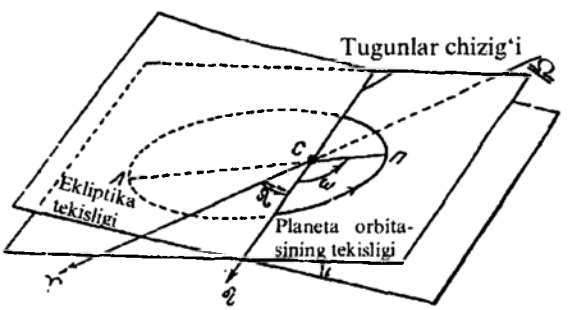
7-§. Sayyoralarning orbita elementlari. Nazariy astronomiyaning asosiy vazifalari

Sayyora harakatini ko'z oldimizga keltirish uchun uning orbitasi yotgan tekislikning bizga ma'lum tekislikka (aytaylik, osmon ekvatori yoki ekliptika tekisligiga) nisbatan joylashishi, sayyora orbitasining shakli va o'lchamlari, bu orbita bo'ylab sayyoraning aylanish davri va uning ma'lum nuqtasidan sayyoraning o'tish vaqti kabi ma'lumotlarga ega bo'lish zarur. Sayyora orbitasi haqida ma'lumot beradigan qayd etilgan kattaliklar – *orbita elementlari deyiladi.*

Sayyora orbitasini aniqlashda tayaniladigan tekislik qilib, odatda ekliptika tekisligi olinadi. Sayyora orbitasining ekliptikani kesib o'tish nuqtalari – *ko'tarilish va tushish tugunlari* deyiladi. Bular ichida ko'tarilish tuguni orbita bo'ylab harakatlanayotgan sayyora ekliptikani bu nuqtada kesib o'tgach, shimoliy qutbga yaqinlashib boradiganiga aytiladi.

Sayyora orbitasini quyidagi asosiy elementlar aniqlaydi (26-rasm):

1) i – sayyora orbitasining ekliptika tekisligiga ogmaligi $0 \leq i < 90^0$ bo'lsa, sayyoraning Quyosh atrofidagi aylanish yo'nalishi Yerniki bilan



26-rasm. Sayyoralarning orbita elementlari

mos keladi; agar $90^0 < i < 180^0$ bo'lsa, aksincha, sayyora qarama-qarshi tomonga harakatlanadi.

2) Ω – ko'tarilish tugunining geliosentrik uzunlamasi. Bu – Quyoshdan bahorgi tengkunlik nuqtasi Υ va ko'tarilish tuguniga ($\delta\Omega$) tortilgan chiziqlar orasidagi tekis burchak bilan xarakterlanadi. U 0 dan 360^0 gacha bo'lishi mumkin.

3) ω – orbita perigeliyining ko'tarilish tugunidan burchak uzoqligi bo'lib, u orbita tekisligida yotuvchi $\delta\Omega$ *CП* burchakdir. Bu burchak ko'tarilish tugunidan sayyoraning harakat yo'nalishi tomonga o'lchanib, kattaligi 0 dan 360^0 gacha boradi. Ba'zan bu burchak o'rniga perigeliyning uzunlamasi ($\lambda = \Omega + \omega$) olinadi.

a – elliptik orbitaning katta yarim o'qi. *a* yordamida Kepler qonunidan sayyoraning davri – T topiladi. Ba'zan bu element bilan birga sayyoraning o'rtacha sutkalik siljish kattaligi

$$n = \frac{360^0}{T} = \frac{2\pi}{T}$$ ham beriladi.

5) e – orbitaning ekstsentrisiteti. $e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$

dan topiladi, bu o'rinda a va b, mos ravishda, orbitani ifodalovchi ellipsning katta va kichik yarim o'qlari hisoblanadi. *a* va *e* lar sayyoraning shakli va o'lchami to'g'risida ma'lumot beradi.

6) t_0– sayyoraning perigeliydan o'tish vaqti.

Yuqoridagi orbita elementlari ma'lum bo'lsa, istalgan *t* vaqt uchun sayyoraning orbitadagi holatini aniqlash mumkin.

Berilgan vaqt uchun sayyoraning orbitadagi holatlari topilgach, ular aynan shu momentlar uchun sayyoraning fazoviy geliosentrik koordinatalari hisoblanadi. Yer orbita elementlariga ko'ra bu momentlar uchun Yerning ham o'z orbitasidagi holatlarini hisoblab, so'ngra sayyoraning geosentrik koordinatalari va uning Yerdan uzoqligi aniqlanadi.

Shu yo'l bilan sayyoraning orbita elementlariga ko'ra uning ko'rinma koordinatalarini aniqlash, sayyoraning efemeridlarini hisoblash deyiladi.

Bunga teskari masala – sayyora efemeridlariga ko'ra uning ko'rinma koordinatalarini hisoblash deyilib, u efemeridlarni hisoblashdan ancha

qiyin masala sanaladi. Efemeridlarni hisoblash va sayyora orbitalarini aniqlash masalalari nazariy astronomiyaning bosh vazifalaridan hisoblanadi.

Savol va topshiriqlar:

1. Ichki sayyoralarning konfiguratsiyalari va ularning ko'rinish shartlari, davrlari haqida ma'lumot bering.
2. Tashqi sayyoralarning konfiguratsiyalari va ularning ko'rinish shartlari, davrlari haqida ma'lumot bering.
3. Sayyoralarning orbita elementlari deb qanday elementlarga aytiladi?

8-§. Mexanikaning asosiy qonunlari. Butun olam tortishish qonuni

Kepler qonunlari faqat sayyoralarninggina harakatiga tegishli bo'lmay, ularni tabiiy va sun'iy yo'ldoshlarga ham qo'llasa bo'ladi.

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

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

bu o'rinda: m_1 va m_2 – ixtiyoriy ikki jismning massalarini, r – ular orasidagi masofani ifodalaydi, G – gravitatsion doimiylik $(G = 6{,}67 \cdot 10^{-11} N \cdot m^2 / \kappa g^2)$ Keyinroq Nyuton matematik yo'l bilan Keplerning barcha qonunlarini keltirib chiqardi.

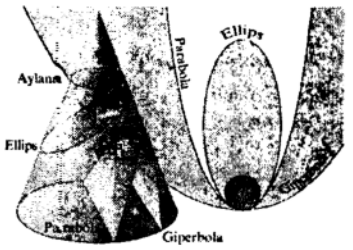
Tortishish (gravitatsiya) kuchi ta'sirida biror jism boshqa bir osmon jismi atrofida aylana, ellips, parabola yoki giperbola ko'rinishidagi trayektoriyalar bo'yicha harakat qilishi ham Nyuton tomonidan aniqlandi va u Kepler birinchi qonunining umumlashgan ko'rinishi deb nom oldi.

Ahamiyatli joyi shundaki, bu qonun faqat sayyoralar harakatiga taalluqli bo'lmay, balki tortishishning markaziy maydonida harakatlanayotgan barcha tabiiy va sun'iy jismlarning harakati ham unga bo'ysunadi.

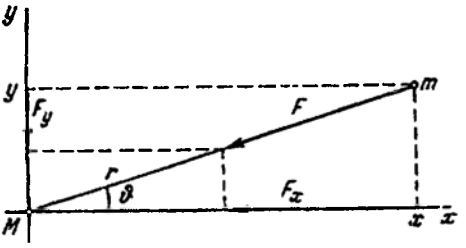
9-§. Keplerning umumlashgan qonunlari

1. Keplerning birinchi qonuni. Keplerning yuqorida maktab kursida keltirilgan qonunlari sayyoralarning ko'rinma harakatlarini bevosita kuzatishlar asosida aniqlangan bo'lib, ular faqat Quyosh atrofida aylanuvchi yirik sayyoralar uchungina o'rinlidir. Aslida esa, Quyosh atrofida trayektoriyalari yopiq egri chiziq bo'lmagan orbitalar bo'yicha harakatlanuvchi osmon jismlari ham talaygina topiladi. Shu bois Keplerning birinchi qonunini quyidagicha ta'riflash to'g'ri bo'ladi: Biror jismning tortishish maydonida harakatlanayotgan boshqa bir jismning harakat trayektoriyasi – konus kesimlaridan birining (aylana, ellips, parabola yoki giperbola) ko'rinishida bo'ladi (27-rasm). Bunday ta'rif tortishish maydonida ellips, parabola yoki giperbola (xususan, Quyosh sistemasida bunday orbitalar bo'ylab ko'pincha kametalar yuradi) ko'rinishidagi orbitalar bo'yicha harakatlanayotgan har qanday jism uchun o'rinli bo'ladi. Bu Kepler birinchi qonunining universalligini o'zida aks ettirib, uni sayyoralarning yo'ldoshlari, sun'iy osmon jismlari, qo'shaloq yulduzlarning massa markazi atrofidagi harakatlariga ham tadbiq etish o'rinli ekanligini ko'rsatadi.

2. Keplerning ikkinchi qonuni. Bunda Quyoshning tortishish maydonini markaziy maydon deb qarab, *m* sayyoraning orbita tekisligida (markazi Quyosh markazida) yotuvchi XMY koordinatalar sistemasini olamiz (28-rasm).



27-rasm. Tortishishning markaziy maydonida harakatlanayotgan jismlar trayektoriyalarining konus kesimlaridan ekanligi



28-rasm. Keplerning ikkinchi qonunini keltirib chiqarishga doir chizma

U holda sayyoraga ta'sir etuvchi kuch va bu kuch ta'sirida uning olayotgan tezlanishining x va y o'qlaridagi tashkil etuvchilari orasidagi bog'lanishlarini quyidagicha ifodalaymiz:

$$F_x = m\frac{d^2x}{dt^2}, \quad F_y = m\frac{d^2y}{dt^2} \tag{1}$$

bu o'rinda m – sayyora massasini ifodalaydi. Bu tenglamaning har ikkala tomonini mos ravishda y va x ga ko'paytirib, ikkinchisidan birinchini ayirsak:

$$xF_y - yF_x = m\left(x\frac{d^2y}{dt^2} - y\frac{d^2x}{dt^2}\right) \tag{2}$$

yoki $$xF_y - yF_x = m\frac{d}{dt}\left(x\frac{dy}{dt} - y\frac{dx}{dt}\right) \tag{2'}$$

tenglamaga erishamiz. Sayyoraga ta'sir etuvchi kuchning markaziy ekanligini e'tiborga olsak:

$$\frac{F_x}{F_y} = \frac{x}{y}, \quad yF_x - xF_y = 0 \tag{3}$$

U holda (2') tenglamaning ko'rinishi $m \neq 0$ bo'lganidan:

$$\frac{d}{dt}\left(x\frac{dy}{dt} - y\frac{dx}{dt}\right) = 0 \text{ hosil bo'ladi} \tag{4}$$

$$\text{Binobarin,} \quad x\frac{dy}{dt} - y\frac{dx}{dt} = const \tag{5}$$

Qutb koordinata sistemalari orqali x va y ni radius – vektor r orqali ifodalasak:

$$x = r\cdot\cos\theta, \quad y = r\sin\theta; \tag{6}$$

bu o'rinda θ – markaziy kuchning abtsissa o'qi bilan hosil qilgan burchagini ifodalaydi. (6) ni (5) ga qo'ysak:

$$r\cdot\cos\theta\cdot r\cos\theta\frac{d\theta}{dt} + r\cdot\sin\theta\cdot r\cdot\sin\theta\frac{d\theta}{dt} = const \tag{7}$$

yoki $r^2 \frac{d\theta}{dt}(\cos^2\theta + \sin^2\theta) = const$, $\cos^2\theta + \sin^2\theta = 1$ ekanidan:

$$r^2 \frac{d\theta}{dt} = const \tag{8}$$

Boshqacha aytganda, vaqt birligi ichida radius – vektor tomonidan chizilgan yuza o'zgarmas bo'lishi (8) da ko'rinadi. Shuning uchun ham (8) umumiy holda Kepler ikkinchi qonunining matematik ifodasini xarakterlaydi.

10-§. Keplerning III qonunini Nyuton tomonidan umumlashtirilgan ko'rinishi

Quyoshdan r masofada, uning atrofida ω burchak tezlik bilan harakatlanayotgan sayyoraning tezlanishi:

$$a = \frac{4\pi^2}{T^2} r \tag{9}$$

ko'rinishni oladi.

Endi M massali markaziy jism (misolimizda – Quyosh) atrofida aylanayotgan m massali jismning (sayyora) nisbiy tezlanishi:

$$a_{nisb} = G\frac{M+m}{r^2} \tag{10}$$

bo'lib, a va a_{nisb} tezlanishlar, aslida bir tezlanishning ikki xil ifodasi, binobarin

a va a_{nisb} uchun (9) ni (10) ga tenglab:

$$\frac{4\pi^2 r}{T^2} = \frac{G(M+m)}{r^2} \tag{11}$$

yozish mumkin.

(11) dan ma'lum kattaliklarning barobarini bir tomonda qoldirsak:

$$\frac{T^2(M+m)}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G} = const \tag{12}$$

Agar jismning ellips bo'yicha harakatlanayapti deb qaralsa, r ni a-ellipsning katta yarim o'qi bilan almashtirish zarur bo'ladi, ya'ni

$$\frac{T^2(M+m)}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G} \tag{13}$$

Buni M_1 va M_2 jismlar atrofida, a_1 va a_2 katta yarim o'qli ellipslar bo'yicha harakatlanuvchi m_1 va m_2 massali jismlar uchun yozilsa:

$$\frac{T_1^2(M_1+m_1)}{a_1^3} = \frac{4\pi^2}{G} \text{ va } \frac{T_2^2(M_2+m_2)}{a_2^3} = \frac{4\pi^2}{G} \tag{14}$$

bo'ladi, bu yerda T_1 va T_2 ularning aylanish davrini xarakterlaydi. (14) dagi tenglamalarning o'ng tomonlari tengligidan chap tomonlarini ham tenglab yoza olamiz:

$$\frac{T_1^2(M_1+m_1)}{a_1^3} = \frac{T_2^2(M_2+m_2)}{a_2^3} \tag{15}$$

yoki

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} \cdot \frac{M_1+m_1}{M_2+m_2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \tag{16}$$

(16) ifoda Kepler uchinchi qonunining Nyuton tomonidan aniqlashtirilgan ko'rinishini ifodalaydi. Xususiy holda m_1 va m_2 jismlarni Quyosh atrofida aylanuvchi sayyoralar deb qaralsa, $M_1 = M_2 = M_\odot$ – Quyosh massasini ifodalab, (16) tenglamaning ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} \cdot \frac{M_\odot + m_1}{M_\odot + m_2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \tag{17}$$

Agar (17) da m_1 va m_2 lar Quyosh massasi oldida juda kichikligidan, tashlab yuborilsa $(m_1 \cong m_2 = 0)$ u:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} \cdot = \frac{a_1^3}{a_2^3} \tag{18}$$

bo'lib, Kepler tomonidan aniqlangan formulaga erishamiz.

11-§. Quyosh sistemasi jismlari massalarini hisoblash

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

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

bu o'rinda T_1 va T_2 – Quyosh atrofida aylanuvchi ixtiyoriy ikki sayyoraning siderik yoki yulduz davrlari (ya'ni Quyosh atrofida haqiqiy aylanish davrlari), $M_\odot$ – Quyosh massasini, m_1 va m_2 – qayd etilgan o'sha ikki sayyoraning massalari, a_1 va a_2 lar esa ularning orbitalari katta yarim o'qlarini xarakterlaydi.

Bevosita o'lchashlar asosida sayyoramiz – Yerning massasini topish mumkin. Biroq, boshqa biror sayyoraning massasini aniqlash uchun esa Keplerning aniqlashtirilgan III qonunidan foydalaniladi. Bunda topilishi mo'ljallangan sayyoraning yo'ldoshi bilan Yer yo'ldoshining harakati (davrlari va orbitalarining katta yarim o'qlari) solishtiriladi, ya'ni

$$\frac{T_1^2}{T_c^2}\cdot\frac{M + m_1}{M_\oplus + m_c} = \frac{a_1^3}{a_c^3}; \qquad (2)$$

bu yerda M ixtiyoriy sayyora massasini, $M_\oplus$ – Yer massasini, T_1 va T_c – mos ravishda, sayyoraning yo'ldoshi va Yer sun'iy yo'ldoshining aylanish davrlarini, m_1 va m_c – sayyora yo'ldoshi va Yer sun'iy yo'ldoshi massalarini, a_1 va $a_\odot$ esa, mos ravishda, sayyoraning yo'ldoshi va Yer sun'iy yo'ldoshi orbitalari katta yarim o'qlarini xarakterlaydi.

Odatda sayyoralar massalariga nisbatan ularning yo'ldoshlari juda kichik bo'lganidan (Yer va uning tabiiy yo'ldoshi Oy bundan mustasno), $m_1 << M$; $m_\odot << M_\oplus$ bo'ladi, bu o'rinda m_c – Yer sun'iy yo'ldoshining massasini bildiradi, u holda ushbu (2) formuladan sayyora massasi

$$\frac{T_1^2}{T_c^2}\cdot\frac{M}{M_\oplus} = \frac{a_1^3}{a_c^3} \qquad (2)$$

$$M = \frac{a_1^3}{a_c^3} \cdot \frac{T_c^2}{T_1^2} M_\oplus \qquad (3)$$

ifodadan topiladi.

Endi Quyosh massasini topish uchun Keplerning umumlashgan III qonunini M Quyosh va $m_\oplus$ Yer hamda Yer va uning sun'iy yo'ldoshi m_c juftliklari uchun yozaylik:

$$\frac{T_\oplus^2}{T_c^2} \cdot \frac{M + m_\oplus}{M_\oplus + m_c} = \frac{a_\oplus^3}{a_c^3}; \qquad (4)$$

tenglikning chap tomoni surat va maxrajini $m_\oplus$ ga bo'lsak:

$$\frac{T_\oplus^2}{T_c^2} \cdot \frac{M/m_\oplus + 1}{1 + m_c/m_\oplus} = \frac{a_\oplus^3}{a_c^3} \qquad (5)$$

tenglikka erishamiz. Bu o'rinda $m_c / m_\oplus << 1$ ligini e'tiborga olib, $m_\oplus = 1$ desak,

$$M + 1 = \frac{a_\oplus^3}{a_c^3} \cdot \frac{T_c^2}{T_\oplus^2} \text{ yoki } M = \frac{a_\oplus^3}{a_c^3} \cdot \frac{T_c^2}{T_\oplus^2} - 1 \qquad (6)$$

bo'lib, u Yer massasi birligidagi Quyosh massasini ifodalaydi. Bu o'rinda M va $m_\oplus$ – Quyosh va Yerning massalarini, $T_\oplus$ va $a_\oplus$ – Yerning Quyosh atrofida aylanish davri va orbitasining katta yarim o'qini, T_c va a_c lar esa Yer sun'iy yo'ldoshining davrini va orbitasining katta yarim o'qini xarakterlaydi.

Savol va topshiriqlar

1. Butun olam tortishish qonuniga ta'rif bering.
2. Grafitatsiya doimiysi va gravitatsion parametrlar ma'nosini ochib bering.
3. Keplerning 1-umumlashgan qonunini ta'riflang.
4. Keplerning 2-umumlashgan qonuni haqida ma'lumot bering.

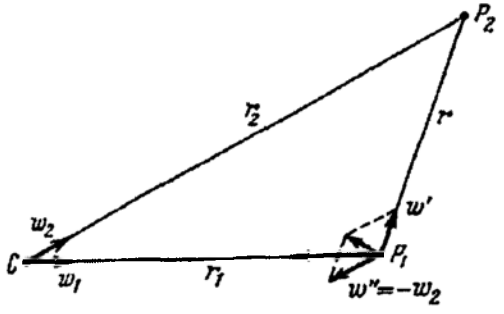
5. Keplerning 3-umumlashgan qonuni umumlashmaganidan nima bilan farq qiladi?
6. Keplerning 3-qonunini Nyuton tomonidan aniqlashtirilgan ko'rinishining matematik ifodasini yozing.
7. Quyosh sistemasi jismlarining massalari qanday hisoblanishi haqida ma'lumot bering.

12-§. Uch jism masalasi. Chetlantiruvchi kuch va chetlantirilgan harakat haqida tushuncha

Agar sayyoramiz – Yer (yoki boshqa biror sayyora) faqat Quyosh ta'sirida harakatlansa, uning trayektoriyasi aniq Kepler qonuni bo'yicha kuzatilar edi. Bunday harakat ikki jism masalasi yechimiga mos kelib, u chetlantirilmagan harakat deyiladi. Biroq ma'lumki, birorta ham sayyora faqat Quyoshning ta'siridagina harakatlanib qolmay, unga boshqa osmon jismlari ham ta'sir etadi va oqibatda uning trayektoriyasi aniq ellips, aylana, parabola yoxud giperbola bo'ylab harakatlana olmaydi. Jismlar harakatida Kepler qonunidagi chetga chiqish – chetlanishlar deyilib, uning haqiqiy harakati – chetlantirilgan harakat deb ataladi.

Sayyoralarning massalari Quyosh massasi bilan solishtirilganda juda kichik bo'lganidan ularning harakatdagi biror jismga beradigan chetlanishlarini hisoblash ham juda mushkul.

Quyida biz Quyosh atrofida harakatlanayotgan P_1 sayyoraning harakatiga P_2 sayyora tomonidan beriladigan chetlantiruvchi kuch va



29-rasm. Uch jism masalasida P_1 birinchi sayyora, P_2 ikkinchi sayyoraning beradigan chetlantiruvchi tezlanishi kattaligi

tezlanishi bilan tanishamiz (29-rasm). Bunda har uchala jism ham Nyutonning butun Olam tortishish qonuni bo'yicha ta'sirlashib, Quyosh birinchi va ikkinchi sayyoralardan $C P_1$ va $C P_2$ yo'nalishlarda quyidagi tezlanishlarni oladi:

$$\omega_1 = G\frac{m_1}{r_1^2} \quad \omega_2 = G\frac{m_2}{r_2^2} \tag{19}$$

P_1 sayyoraga Quyosh tomonidan ta'sir etuvchi kuchning $P_1 C$ yo'nalish bo'yicha beradigan tezlanishi:

$$\omega_1 = G\frac{M_\odot + m_1}{r_1^2}; \tag{20}$$

P_1 ga ikkinchi P_2 sayyoraning $P_1 P_2$ yo'nalishda beradigan tezlanishi esa:

$$\omega' = G\frac{m_2}{r_2^2} \tag{21}$$

mazkur sayyoraning Quyoshga P_2 yo'nalishda beradigan tezlanishi:

$$\omega_2 = G\frac{m_2}{r_2^2} \tag{22}$$

Quyoshning P_2 sayyoradan oladigan ω_2 tezlanishini birinchi sayyoraga teskari ishora bilan ko'chirsak, u

$$\omega'' = -\omega_2 = -G\frac{m_2}{r_2^2}$$

bo'lib, $P_2 C$ yo'nalishga parallel bo'ladi. ω' va ω'' lar - P_1 sayyorani keplercha orbitadan chetlantiruvchi kuchlarning tezlanishlari bo'ladi. Bundan ko'rinadiki, chetlantiruvchi kuch, chetlanishni keltiruvchi jism (ikkinchi sayyora) tomonidan sayyoraga va Quyoshga ta'siri kuchlarning geometrik ayirmasidan iborat bo'ladi.

Chizmadan ko'rinadiki, chetlantiruvchi kuch (yoki chetlantiruvchi tezlanish) umumiy holda chetlantiruvchi jismga, ya'ni ikkinchi sayyoraga tomon yo'nalmaydi. Faqat birgina holda, ya'ni Quyosh va chetlantiruvchi jism sayyoradan bir tomonda, bir to'g'ri chiziqda yotgandagina chetlantiruvchi kuch aniq chetlantiruvchi jism tomon yo'naladi.

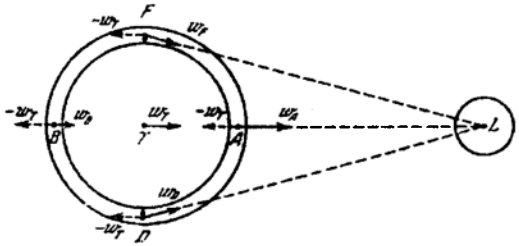
13-§. Ko'tarilishlar va pasayishlar

Yer *sirtining ko'tarilish va pasayishlari.* Yerning diametri Oygacha bo'lgan masofaga nisbatan sezilarlicha katta bo'lganidan, Yerning Oydan turli masofada yotuvchi birlik massalariga Oy turli kattalikdagi kuchlar bilan ta'sir qiladi. Natijada, Yer absolyut qattiq jism bo'lmaganidan uning turli qismlariga Oyning ta'siri turlicha bo'lib, Yer sirtida ko'tarilish va pasayish deb ataluvchi hodisaning yuz berishiga sabab bo'ladi.

Yer sirtining ko'tarilish va pasayish hodisasi Quyosh ta'sirida ham kuzatiladi, biroq bu ko'tarilish va pasayishlar Quyoshning uzoqligi tufayli Oy ta'sirida bo'ladigan ko'tarilish va pasayishlarga nisbatan sezilarli darajada kam bo'ladi.

Ko'tarilish va pasayish hodisasi, ayniqsa, okean suvlarining ko'tarilish va pasayishida yaqqol seziladi (chunki suvning ishqalanish koeffitsiyenti, Yerning quruqlikdagi ishqalanish koeffitsiyentiga nisbatan anchayin kichik).

Okean suvlari sathi balandliklarining o'zgarib turishi sistemali hodisa bo'lib, uning sathi taxminan 6,2 soat ko'tariladi va keyingi 6,2 soat vaqt davomida pasayadi, so'ngra yana ko'tarilish boshlanadi. Okean suvi sathining bu xilda davriy ravishda ko'tarilib va pasayib turishi ma'lum meridian uchun Oyning kulminatsiyada bo'lishiga bog'liq bo'ladi. Shu meridianda yotib, Oy zenitda bo'ladigan joyda ko'tarilish kattaligi maksimum bo'ladi. Bu joydan 90° narida yotuvchi nuqtalarda (bu nuqtalar to'plami yer sirtida *FD* katta aylanani beradi) esa pasayish maksimal qiymatga erishadi (30- rasm). Ma'lum bir joyda Oyning zenitdan ikki marta ketma-ket o'tishi uchun ketgan vaqt oralig'i (yoki Oyning ikki marta ketma- ket kulminatsiyasida bo'lishi uchun ketgan vaqt) 24^h52^m ekanligidan shu joyda maksimal ko'tarilish ham xuddi



30-rasm. Oy ta'sirida Yer sirti ko'tarilish va pasayishlarining sabablari

shunday davr bilan bo'ladi. Bu davrning o'rtacha Yer sutkasining uzunligi 24 soatdan 52 minutga ortiq bo'lishiga sabab Oyning Yer atrofida, Yer aylanishi yo'nalishi bilan bir xil yo'nalishda aylanishidandir.

Biroq ko'tarilishning maksimumi Yerning Oy turgan tomondagi A nuqtadagina kuzatilmay, balki bu nuqtaga diametral qarama-qarshi yotgan B nuqtada ham kuzatiladi. Buning sababi quyidagicha tushuntiriladi. Oyning A nuqtadagi moddiy nuqtaga ta'siri Yer markazidagi T nuqtada yotuvchi shunday massali moddiy nuqtaga ta'siridan kuchliroq bo'lib, natijada bu moddiy nuqta Oy tomon ko'proq ko'tariladi. *A nuqtaga Oy tomondan beriladigan chetlantiruvchi tezlanish,* oldingi 14-§ ga ko'ra, $\omega_A - \omega_T = \omega_{ch}$ bo'lib, u Oy tomon yo'nalgan bo'ladi. Oyning Yerga tegishli B nuqtadagi moddiy nuqtaga ta'siri T nuqtadagi shunday massali moddiy nuqtaga ta'siridan kichik bo'lganligi sababli, *bu nuqtadagi chetlantiruvchi tezlanish* $\omega_B - \omega_T = \omega_{ch}$ *bo'lib, u Oyga qarama-qarshi tomonga yo'nalgan bo'ladi.* Binobarin B nuqta T nuqtaga nisbatan orqada qoladi, ya'ni Yer markaziga nisbatan bu joyda ham ko'tarilish kuzatiladi. Shuning uchun ham ma'lum meridianda ko'tarilish (yoki pasayish) Oyning quyi va yuqori kulminatsiyalarida kuzatilib, $24^h\ 52^m : 2 = 12^h26^m$ li davr bilan ro'y beradi. Oy tomondan A, T va B nuqtalardagi birlik massalarga beradigan tezlanishlarning kattaliklari mos ravishda:

$$\omega_A = G\frac{M}{(r-R)^2},\quad \omega_T = G\frac{M}{r^2},\quad \omega_B = G\frac{M}{(r+R)^2}$$

bo'ladi, u holda:

$$\omega_A - \omega_T = GM\left[\frac{1}{(r-R)^2} - \frac{1}{r^2}\right]$$

Bu o'rinda r Yer markazidan Oy markazigacha bo'lgan masofa, R esa Yer radiusini ifodalaydi. $r >> R$ bo'lganidan R^2 dan voz kechilsa va $(r-R)$ o'rniga r olinsa, chetlantiruvchi tezlanishni ifodalovchi yuqoridagi tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\omega_A - \omega_T = GM\frac{2R}{r^3}$$

Bu ifoda Yer sirti *ko'tarilishini vujudga keltiruvchi kuch tezlanishi* deb ataladi, bu o'rinda R – Yer radiusi, M – Oy massasi va r – Yerdan Oygacha bo'lgan masofa.

Quyosh Yerdan Oyga nisbatan juda uzoq masofada bo'lgani sababli, Quyosh ko'tarish kuchining kattaligi Oynikiga nisbatan 2,2 marta kichik bo'ladi. Shu bois Quyoshning Yer sirtini ko'tarishi alohida sezilarli darajada kuzatilmaydi. Yer sirtining ko'tarilishi eng katta qiymatga to'linoy va yangioy fazalarida (sizigey holatlarida) erishadi. Chunki Oyning bu vaziyatlarida uning ko'tarish kuchi Quyoshning ko'tarish kuchi bilan bir xil yo'nalishda bo'lib qo'shiladi. Oyning birinchi va oxirgi choraklarida esa, aksincha bu ikki osmon jismining ko'tarish kuchlari bir-biriga tik yo'nalib, Yer sirtining ko'tarilishi minimal qiymat oladi.

Yer g'arbdan sharqqa tomon aylanganidan uning sirtida maksimal ko'tarilish to'lqini sharqdan g'arbga tomon qarab siljiydi. Bu siljish, o'z navbatida, Yerning aylanishiga tormozlovchi kuch sifatida ta'sir qiladi.

Savol va topshiriqlar

1. Quyosh sistemasiga kiruvchi jismlarning (Yer, Quyosh, Oy, sayyoralar va boshqalar) massalari qanday hisoblanadi?
2. Uch jism masalasi deb qanday masalaga aytiladi?
3. «Chetlantiruvchi kuch» va «chetlantiruvchi tezlanish» deganda nimani tushunasiz?
4. Oy harakatida Quyoshning chetlantiruvchi tezlanishi ta'sirida uning orbitasi qanday o'zgaradi?
5. Yer ta'sirida Oy sirtida ko'tarilish va tushishlarning fizik mohiyatini tushuntiring.
6. Yer sirti ko'tarilishining uning aylanishiga qanday ta'sir qilishi haqida gapiring.

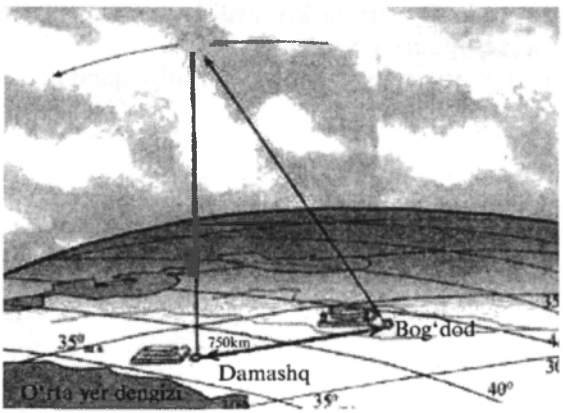
III BOB. QUYOSH SISTEMASI JISMLARINING O'LCHAMLARI. ULARGACHA BO'LGAN MASOFALARNI ANIQLASH

1-§. Yerning o'lchamlarini aniqlash

Yerning shar shaklida ekanligini birinchi bo'lib, Aristotel Oy tutilayotganda, uning Yer soyasidan o'tish hodisalarini o'rganish asosida (miloddan avvalgi IV asr) aniqladi.

Ayni paytda Yer radiusini aniqlashning bir necha usullari ma'lum. Bu usullar ichida eng qadimiysi miloddan avvalgi III asrda yunon astronomi Eratosfen va IX asrda sharq astronomlari qo'llagan usuldir. Bu usulga ko'ra dastlab ma'lum Yer meridiani yoyining uzunligi l topilib, so'ngra u asosda meridian aylanasining uzunligi L aniqlanadi (31-rasm). Buning uchun tanlangan Yer meridiani yoyining uzunligi n° uning uchlarida (rasmda Damashq – A va Bag'dod – B) turgan kuzatuvchilar geografik kenglamalarining farqi $\varphi_A - \varphi_B$, bu kuzatuvchilar uchun bir vaqtda kulminatsiyada bo'lgan M yoritgichning (shaklda Quyosh) zenitdan uzoqliklarining farqi $(z_A - z_B)$ ga ko'ra topiladi, ya'ni

$$n^\circ = \varphi_A - \varphi_B = z_A - z_B$$



31-rasm. Yer meridiani yoyini hisoblashning astronomik usuli

So‘ngra mazkur meridian yoyining uzunligi l o‘lchanadi. Bu topilgan kattaliklar asosida 1° ga to‘g‘ri kelgan meridian yoyning uzunligi $l_0 = \frac{l}{n^{\circ}}$ tengl ikdan topiladi. U holda meridian aylanasining uzunligi

$$L = 360^{\circ} \cdot l_0 = 360 \frac{l}{n^{\circ}}$$

bo‘ladi. Ikkinchi tomondan $L = 2\pi R_{\oplus}$ bo‘lganidan, mos ravishda, bu tengliklarni o‘ng tomonlarini tenglab,

$$360^{\circ} \frac{l}{n^{\circ}} = 2\pi R_{\oplus}$$

ni olamiz. Bundan Yer radiusi $R_{\oplus}$ - ni quyidagi ifodadan topamiz:

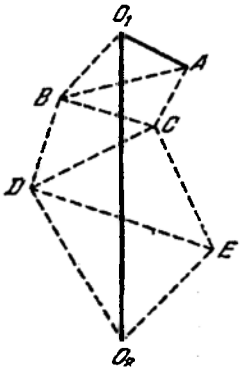
$$R_{\oplus} = 180^{\circ} \frac{l}{n^{\circ}\pi};$$

bu o‘rinda l uzunligini topish, qadimda ancha murakkab ish bo‘lgan, ayni paytda esa, maxsus *triangulyatsion metod* deyiluvchi usul asosida oson topiladi.

2-§. Triangulyatsiya metodi. Yerning o‘lchami va formasi

Bu usulning mohiyati shundan iboratki, uzunligining aniqlanishi talab etilgan O_1O_2 – Yer meridiani yoyining har ikkala tomonida bir-biridan 30-40 km uzoqlikda bir necha *A, B, S, D, E,...* kabi nuqtalar tanlanadi (32-rasm). Bu nuqtalarda balandligi bir necha o‘n metrga yetadigan geodezik signallar o‘rganilib, ularning ixtiyori biridan qaralganda kamida qolgan ikkitasi ko‘rinadigan qilib quriladi. Juda tekis sirtda joylashgan ixtiyoriy ikki geodezik signal orasidagi masofa (masalan, O_1A) maxsus shkalalangan lenta yordamida aniq o‘lchab olinadi va u *bazis* deb yuritiladi.

Bazis uzunligini o‘lchashning aniqligi juda yuqori bo‘lib, 10 kilometrga ± 2 mm ni tashkil qiladi. So‘ngra teodolitni ketma-ket A,B, C, D, E, . . . nuqtalarda joylashgan geodezik signallar tepasidagi kuzatish maydonchalariga o‘rnatib, O_1AB, ABS,BCD, CDE, DEO_2 burchaklar o‘lchab olinadi. So‘ngra O_1AB uchburchagida O_1A bazisning uzunligiga



32-rasm. Yer meridiani yoyining uzunligini topishning triangulyatsiya usuli

va har uchchala burchagiga ko'ra, AB va O_1B tomonlarini hisoblab topish mumkin, keyin BCA uchburchakning ma'lum AB tomoni va hamma ichki burchaklariga ko'ra, BC va CA tomonlarini topish mumkin va hokazo. Shuni aytish kerakki, bu hisoblashlarda yasatilgan uchburchaklar – sferik uchburchaklar ekanligi etiborga olinishi zarur. Oqibatda O_1ACEO_2 va O_1BDO_2 siniq chiziqlarning uzunliklarini aniqlash mumkin. Bu siniq chiziqlarni AB meridian yoyiga proyeksiyalab, bazis yo'nalishining azimutiga tayangan holda O_1O_2 yoy uzunligi l ni topish mumkin.

Triangulyatsiya metodi Yer meridiani yoyini o'lchash uchun birinchi marta Gollandiyada 1615-yilda Snellus tomonidan qo'llanildi. Ma'lum bo'lishicha, uning 1° li yoyining uzunligi hamma yerda bir xil bo'lmay, ekvator yaqinida 110,6 km, Yer qutbi zonasida 111,7 km ni tashkil qilar ekan. Binobarin, Yerning shakli shardan farq qilib, sferoid formasida ekanligi aniqlandi.

Sobiq Ittifoqda Yer sferoidini aniq o'lchashlar F.N.Krasovskiy va A.A.Izotovlar tomonidan 1940-yilda bajarildi. Ularning aniqlashicha, sferoid katta yarim o'qining uzunligi $a = 6378{,}24\ km$ ni, kichik yarim o'qi esa $b = 6356{,}86\ km$ ni tashkil etdi. Yerning $\varepsilon = \frac{a-b}{a}$ ko'rinishda hisoblanadigan siqiqligi $\frac{1}{298{,}3}$ ga teng.

Oxirgi yillardagi, o'nlab hisoblashlarga ko'ra, Xalqaro astronomik ittifoq 1964-yilda Yer sferoidi uchun quyidagi ma'lumotlarni qabul qildi: $a = 6378{,}16$ km; $b = 6356{,}78$ km; $\varepsilon = 1 : 298{,}25$.

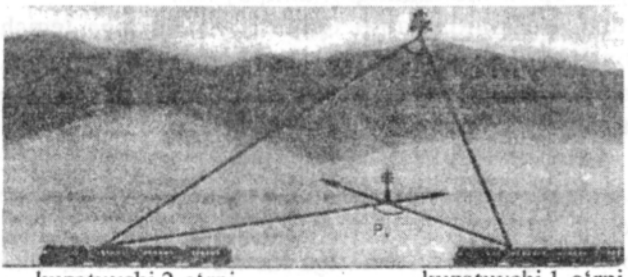
3-§. Quyosh sistemasiga kiruvchi osmon jismlarigacha bo'lgan masofalarni aniqlash

Quyosh sistemasiga kiruvchi osmon jismlarigacha (sayyoralar, Oy, mayda sayyoralar va hokazo) masofalar trigonometrik parallaks deyiluvchi metod yordamida topiladi.

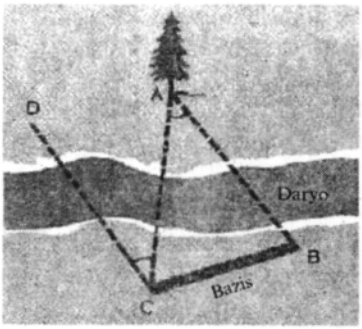
Maktab geometriya kursida borib bo'lmaydigan nuqtalargacha bo'lgan masofani aniqlash bo'yicha qo'llangan metodni esga olaylik. 33-rasmda poyezdda ketayotgan kuzatuvchining 2 holati (rasmda 1- va 2-o'rni deb ko'rsatilgan) uchun simyog'och va undan naridagi daraxtning P_1 va P_2 parallakslari berilgan. Bunda jism kuzatuvchidan qancha narida bo'lsa, uning parallaksi shuncha kichik bo'lishi aniqlanadi.

Endi jismning parallaktik siljish hodisasiga tayanib (34-rasm), biror C nuqtada turgan kuzatuvchi uchun o'tib bo'lmaydigan daryoning narigi qirg'og'ida joylashgan A daraxtgacha bo'lgan masofani topish talab etiladi.

Buning uchun daryoning biz turgan tomonida biror C nuqtani olib, BC ning uzunligini katta aniqlik bilan o'lchaymiz. Bu kesmaning uchlaridan A daraxtga qarasak, unga tomon yo'nalishlarning (AB va AC) kuzatuvchining B dan C ga siljishiga mos ravishda qarama-qarshi tomonga harakatlanishiga guvoh bo'lamiz. Qaralayotgan obyektga tomon yo'nalishning kuzatuvchi siljishiga mos ravishda bu xilda siljishi parallaktik siljish deyiladi. BC masofa esa *bazis* deyiladi. Bazisning ma'lum uzunligi va uning uchlaridan obyektga tomon yo'nalishlar bilan hosil qilgan B va C burchaklarga (o'lchashlar asosida ular oson topiladi) ko'ra A daraxtgacha masofa aniqlanadi.



33-rasm. Ikki nuqtadan qaralganda jismning parallaktik siljishi



34-rasm. Yer sirtida borib bo'lmaydigan obyektga qadar masofani hisoblash usuli

1. Osmon jismlariga qadar masofalarni aniqlash usuli ham mohiyati jihatidan maktab geometriya kursida ko'rilgan, borib bo'lmaydigan obyektlarga qadar masofani o'lchash usuliga juda o'xshaydi. Faqat bu o'rinda bazis sifatida Yerning katta o'lchamlari (radiusi yoki diametri) olinadi. Xususan, Quyosh jismlariga qadar masofalarni aniqlash ularning gorizontal parallakslarini topish orqali bajariladi (1-bobning 18-§ iga qarang). Darvoqe, 19-rasmga ko'ra, Yer markazidan *gorizontal sutkalik parallaksi* p_0 bo'lgan M osmon jismigacha masofa, to'g'ri burchakli uchburchak OKM dan

$$\frac{R_\oplus}{L} = \sin p_0 \text{ yoki } L = \frac{R_\oplus}{\sin p_0}$$

orqali topiladi, bu yerda p_0 – odatda yoy sekundlarida ifodalanishini (Oydan boshqa osmon jismlari uchun) e'tiborga olsak:

$$\sin p_0'' = p_0 \sin 1'' = \frac{1}{206265} p''$$

bo'ladi. Bu ifodaning qiymatini oldingi tenglamaga quyib, yoritgichga qadar masofani

$$L = \frac{206265\, R_\oplus}{p_0}$$

ifoda orqali topish mumkinligini aniqlaymiz.

Bu formula yordamida faqat Quyosh sistemasiga tegishli osmon jismlarigacha bo'lgan masofalarnigina hisoblash mumkin. Quyosh sistemasidan juda katta masofada yotgan osmon jismlari, jumladan, yulduzlargacha bo'lgan masofalar bilan ish ko'rilganda osmon jismlarining sutkalik parallaks burchaklarini o'lchashning iloji yo'q, chunki bunday katta masofalar oldida bazis sifatida qaralayotgan Yer diametri hisobga olib bo'lmas darajada kichikdir.

2. Ayni paytda Quyosh sistemasiga kiruvchi osmon jismlariga qadar masofa radiolokatsion yo'l bilan ham topiladi. Buning uchun o'ta qisqa impulsli radiosignal osmon jismiga borib qaytib kelguncha ketgan vaqt t

ni aniq belgilash zarur. U holda $\frac{2l}{t} = c$ ligidan (bu yerda c – yorug'lik tezligi), $l = \frac{ct}{2}$ ifoda yoritgichgacha masofani belgilaydi.

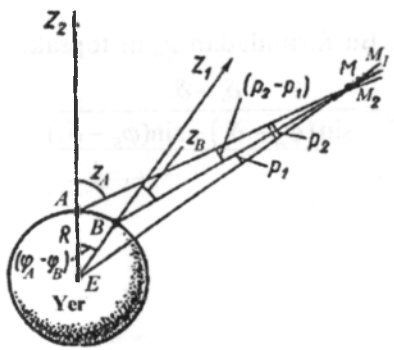
Savol va topshiriqlar

1. Yer meridiani uzunligini o'lchashning boshqa qanday yo'llarini bilasiz?
2. Triangulyatsiya metodi qanday metod?
3. Yerning ekvatorial va qutbiy radiuslari orasida farq bormi?
4. Yerning haqiqiy shakli qanday?
5. Sutkalik parallaks deb nimaga aytiladi?
6. Quyosh sistemasi jismlarigacha masofalar qanday aniqlanadi?

4-§. Yoritgichlarning sutkalik gorizontal parallakslarini topish

Oldingi paragrafdan ma'lum bo'ldiki, yoritgichlarning gorizontal parallakslarini Yerdan turib topish mumkin bo'lsa, u holda ularga qadar masofani yuqorida keltirilgan formula yordamida oson aniqlash mumkin. Shunga e'tiboran, yoritgichning sutkalik parallaksini qanday topish mumkinligi ustida to'xtaymiz.

Yer shari ixtiyoriy meridianining ikki – A va B nuqtalaridan turib ikki kuzatuvchi Quyosh sistemasiga kiruvchi ma'lum M yoritgichning kulminatsiyasini kuzatayotgan bo'lsin (35-rasm). U holda bu



35-rasm. M osmon jismining sutkalik gorizontal parallaksini hisoblash

kuzatuvchilarga mazkur yoritgich yulduzlar orasida mos ravishda, $M_1\ (\alpha_1\delta)_1$ va $M_2\ (\alpha_2\delta_2)$ nuqtalarda ko'rinadi. Chizmada hosil bo'lgan $EAMB$ to'rtburchak burchaklari uchun:

$$360^\circ = \angle AEB + \angle EAM + \angle AMB + \angle MBE \text{ bo'ladi.} \quad (1)$$

Bu yerda $\angle AEB = \varphi_A - \varphi_B$;

$\angle EAM = 180 - z_A$; $\angle AMB = p_A - p_B$; $\angle MBE = 180^\circ + z_B$ *ga teng.* (2)

Shunga ko'ra:

$$360^\circ = \varphi_A - \varphi_B + 180^\circ - z_A + p_A - p_B + 180^\circ + z_B \quad (3)$$

yoki $p_A - p_B = (\varphi_A - z_A) - (\varphi_B - z_B)$ bo'ladi. (4)

Yoritgichning p_A va p_B parallakslarini uning sutkalik gorizontal parallaksi p_0 orqali ifodalab:

$$p_A = p_0 \sin z_a; \quad p_B = p_0 \sin z_B, \quad (5)$$

kulminatsiyadagi yoritgich uchun $\varphi_A - z_A = \delta_1$; $\varphi_B - z_B = \delta_2$ ekanligini e'tiborga olsak, yuqoridagi tenglama

$$p_0 \sin(\varphi_A - \delta_1) - p_0 \sin(\varphi_B - \delta_2) = \delta_1 - \delta_2 \quad (6)$$

yoki

$$p_0 [\sin(\varphi_A - \delta_1) - \sin(\varphi_B - \delta_2)] = \delta_1 - \delta_2$$

ko'rinishini oladi. Bu formuladan p_0 ni topsak:

$$p_0 = \frac{\delta_1 - \delta_2}{\sin(\varphi_A - \delta_1) - \sin(\varphi_B - \delta_2)} \quad (7)$$

bo'ladi.

5-§. Quyoshning sutkalik gorizontal paralaksini va unga ko'ra Yerdan Quyoshgacha bo'lgan o'rtacha masofani aniqlash

Quyoshning o'rtacha sutkalik parallaksini topish Quyosh sistemasi chegarasi uchun asosiy uzunlik o'lchov birligi – astronomik birlikni aniqlashga imkon berishi bilan muhim. Buning uchun odatda o'z harakati davomida Quyoshga qarama-qarshi turishi (Yerga nisbatan) kuzatiladigan mayda sayyoralardan foydalaniladi (dastlab bu maqsadda Marsdan foydalanilgan).

Quyoshning sutkalik gorizontal parallaksini aniqlash uchun biz, qarama-qarshi turish paytida, Quyoshga Marsdan 1,5 marta yaqin keladigan mayda sayyora – Erosni tanlaymiz. Bunda C Quyosh, T Yer va MEros 36-rasmdagidek holatlarni egallaydi.

U holda CKT to'g'ri burchakli uchburchakdan:

$$R_{\odot} = a_0 \sin p_{\odot}$$

LTM to'g'ri burchakli uchburchakdan esa:

$$R_{\odot} = l_0 \sin p_M = (q - a_0) \sin p_M$$

topamiz. Erosning perigeliydagi uzoqligini ifodalovchi q sayyora orbitasining ekstsentrisiteti e va katta yarim o'qi a orqali

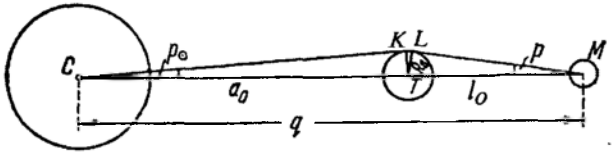
$$q = a(1 - e)$$

ifodalanishini e'tiborga olsak, u holda

$$R_{\odot} = [a(1 - e) - a_0] \sin p_M$$

ko'rinishni oladi. Tenglamalarning chap tomonlari tengligidan

$$a_0 \sin p_{\odot} = [a(1-e) - a_0] \sin p_M$$



36-rasm. Quyoshning sutkalik gorizontal parallaksini aniqlash usuli

yoki tenglikni har ikkala tomonini α_0 ga bo'lsak:

$$\sin p_{\odot} = \left[a/a_{\circ}(1-e)-1\right]\sin p_M$$

bo'ladi. Bu o'rinda $p_{\odot}$ va p_M lar, mos ravishda, Quyosh va mayda sayyoraning yoy sekundlarida ifodalangan sutkalik gorizontal parallakslari bo'lganidan

$$p_{\otimes} = \left[a/a_{\circ}(1-e)-1\right]p_m$$

deb yozish mumkin. Unda $a/a_{\circ}$ nisbat, mayda sayyora va Yerning Quyosh atrofida aylanish davrlarining nisbati $-T/T_{\odot}$ orqali, e va p_M esa mayda sayyorani kuzatish orqali katta aniqlik bilan topiladi.

Bu usul bilan 1961-1963-yillarda Mars va Venera radiolokatsion kuzatishlarga tayanib topilgan va Xalqaro astronomik ittifoqning (MAS) XII syezdi (1970) tomonidan qabul qilingan $p_{\odot}$ va $a_{\odot}$ ning qiymatlari yanada aniqlashib, ular:

$$p_{\otimes} = 8'',794 \text{ va } a_{\circ} = 149{,}6 \cdot 10^6\ km$$

kasb etgan.

Bu yerda aniqlangan 149,6 million kilometr *1 astronomik birlik* deb ataladigan bo'ldi.

6-§. Asosiy astronomik uzunlik o'lchov birliklari

Quyosh sistemasi chegarasida uzunlikning asosiy o'lchov birligi qilib 1 *astronomik birlik (a.b.)* olinadi. Demak:

1 a.b. =149,6 million kilometr.

Yulduzlar orasidagi masofa, yulduz to'dalari, galaktikalarning o'lchamlarini ifodalashda esa, *1 yorug'lik yili (yo.y.)* yoki *parsek (pk)* deyiluvchi o'lchov birliklari ishlatiladi.

Yorug'lik yili deganda tezligi sekundiga 300 000 km bo'lgan yorug'likning bir yilda bosib o'tgan yo'li tushuniladi, kilometrlarda ifodalanganda u $9{,}6 \cdot 10^{12}\ km$ ni tashkil etadi.

1 parsek esa 3,26 yorug'lik yiliga yoki 206265 astronomik birlikka tengdir. 1 parsek masofadan turib Quyoshga qaralsa, Yer orbitasining o'rtacha radiusi 1 sekundli burchak ostida ko'rinadi. Boshqacha aytganda,

bunday masofadagi yoritgichning yillik paralaksi $\pi = 1''$ ga teng bo'ladi. Shu bois bunday masofa parsek («parallaks» va «sekund» so'zlaridan olingan) deb yuritiladi. Uzunlikning bulardan katta birliklari 1 *kiloparsek* (Kpk=10^3 pk) va 1 *megaparsek* (Mpk =10^6 pk) lardir.

7-§. Quyosh sistemasi jismlarining o'lchamlarini hisoblash

Quyosh sistemasiga kiruvchi osmon jismlari yulduzlardan farq qilib, juda kichik bo'lsa-da, ma'lum burchak ostida ko'rinadi. Shu bois ulargacha masofa aniq bo'lsa, ularning chiziqli o'lchamlarini hisoblash ortiqcha qiyinchilik tug'dirmaydi.

Faraz qilaylik, osmonda M sayyoraning radiusi r *Yer*dagi K kuzatuvchiga ρ burchak ostida ko'rinsin (37-rasm). U holda KLM to'g'ri burchakli uchburchakdan:

$$\sin\rho = \frac{r}{KM} \text{ yoki } r = KM\sin\rho$$

bo'ladi. KM oraliq l dan juda kam farq qilganidan $KM=l$ yozish mumkin; unda

$r = l \sin \rho$ bo'ladi. Oldingi paragrafda aniqlanganiga ko'ra (bu rasmdan ham ko'rinib turibdi):

$$l = \frac{R_\oplus}{\sin p_0}$$

Binobarin sayyora radiusi r:

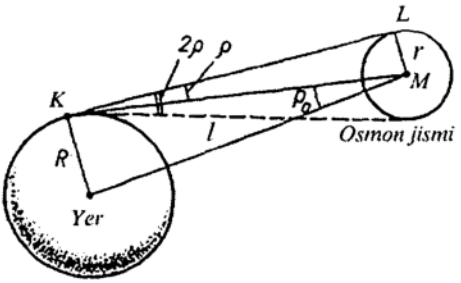
$$r = \frac{R_\oplus}{\sin p_0}\sin\rho$$

yoki ρ va p_o-yoy sekundi bilan o'lchanadigan burchaklar bo'lganidan

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

ifoda bilan topiladi.

Masalan, Oy uchun p_o=57′, ρ=15,5′. U holda Oyning radiusi yuqoridagi ifodaga ko'ra,



37-rasm. Quyosh sistemasi jismlarining chiziqli o'lchamlarini hisoblash.

$$r = \frac{15,5R_{\odot}}{57} = 0,27R_{\oplus}$$

bo'lib, bu – Oy radiusining Yer radiusi birligidagi qiymatidir.

Savol va topshiriqlar

1. Quyosh sistemasiga kiruvchi jismlarning sutkalik gorizontal parallakslari qanday topiladi? Formulasini yozing?
2. Quyoshning sutkalik parallakslariga ko'ra, ungacha masofa qanday topiladi?
3. Quyosh sistemasiga kiruvchi osmon jismlarining chiziqli o'lchamlari (diametrlari) qanday topiladi? Formulasini yozing.

1-§. Yer Quyosh atrofida aylanishining isbotlari. Aberratsiya

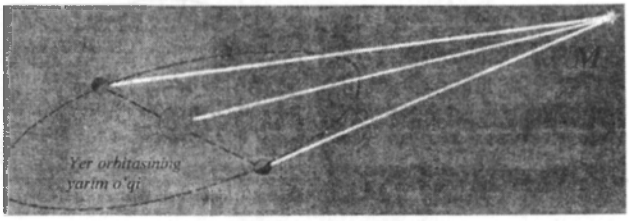
1. Yillik parallaks. Ma'lumki, Yer Quyosh atrofida aylanayotganda, Yer bilan birga uning sirtidagi kuzatuvchi ham fazo bo'ylab ko'chishi tufayli, u qarayotgan va nisbatan yaqinroq joylashgan yulduzning uzoqdagi yulduzlar foniga proyeksiyalangan o'rni ham siljib boradi. Oqibatda, bu yulduzning yil davomida qoldirgan «izi» uning Yer orbitasi tekisligiga qanday burchak ostida yotganiga ko'ra, aylana (qayd etilgan burchak to'g'ri bo'lsa), ellips (burchak 0° dan katta va 90° dan kichik bo'lsa) yoki yoy (burchak 0° ga teng, ya'ni yulduz ekliptika tekisligida yotgan bo'lsa) ko'rinishda bo'ladi. Yoritgichning yillik parallaksi π deb, yoritgichdan qaralganda, qarash chizig'iga tik bo'lgan Yer orbitasi radiusining ko'rinish burchagiga aytiladi. 38-rasmda u M yulduz uchun ko'rsatilgan.

Nisbatan yaqin joylashgan yulduzlarning yil davomida uzoqdagi yulduzlar fonida bunday ko'rinma siljishlari *yillik parallaks* deyilib, bu hodisaning mavjudligi Yer Quyosh atrofida aylanishining isbotidir.

Yoritgichlarning yillik parallaks hodisasi 1838-1839 yillari bir-birlaridan bexabar holda Rossiyada V.Ya.Struve va Germaniyada F.Bessel tomonidan kashf etildi.

2. Yulduzlarning aberratsiyasi. Yer Quyosh atrofida aylanishining ikkinchi isboti ingliz astronomi Bradley tomonidan Ajdaho yulduz turkumiga tegishli *g* yulduzi yillik parallaksini aniqlash paytida kashf etilgan *aberratsiya* hodisasi hisoblanadi.

Aberratsiya hodisasining mohiyati shundaki, bunda Yer bilan fazoda harakatlanayotgan kuzatuvchi yoritgichni o'zining haqiqiy o'rnidan



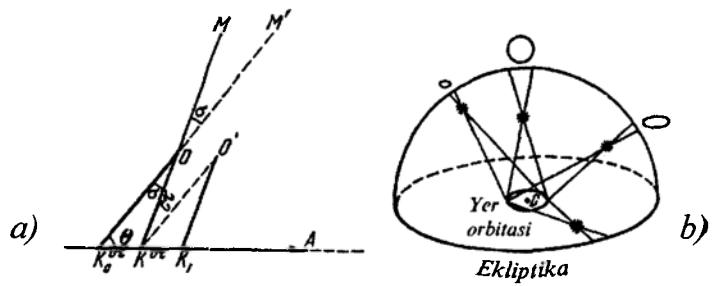
38 -rasm. Yulduzning yillik parallaksi

(kuzatuvchi harakatsiz bo'lganda kuzatadigan o'rnida) siljigan holda ko'radi. Shuningdek *aberratsiya* deb kuzatuvchidan yoritgichning haqiqiy va ko'rinma o'rinlariga tortilgan yo'nalishlar orasidagi burchakka ham aytiladi. Aberratsiya hodisasi yulduzdan kelayotgan nurning harakati bilan Yerning orbita bo'ylab harakatlari qo'shilishidan kelib chiqadi. Bu hodisani quyidagi misolda ko'raylik.

Faraz qilaylik, KA yo'nalish bo'ylab harakatlanayotgan Yerning K nuqtasidagi kuzatuvchi ekliptika qutbida yotgan M yulduzni kuzatayotgan bo'lsin (39 *a*-rasm). Bunda KA ga tik joylashgan teleskopning ko'rish maydoni shu qadar kichikki, unga faqat bitta yulduz sig'adi deb ham faraz qilaylik. U holda Yerning tezligi sezilarli katta bo'lganda teleskopning O obyektiviga tushgan yulduzdan kelayotgan nur teleskop tubusini t vaqtda o'tgunga qadar K kuzatuvchi siljib K_1 nuqtaga kelib qoladi va okulyar orqali qarab yulduzni ko'rmaydi. Binobarin, yulduzni ko'rish uchun teleskopning okulyar joylashgan qismini KK_1 ga teng KK_0 kesma kattaligigacha orqaga surish kerak. Shunda O obyektivdan o'tgan nur okulyarga yetib kelguncha kuzatuvchi ham K_0 nuqtadan K ga yetib keladi.

Natijada biz yulduzni uning haqiqiy o'rni M da emas, balki M' nuqtada ko'ramiz. Boshqacha aytganda, u Yer harakatining tezlik-vektori yo'nalgan va apeks deb yuritiladigan osmon sferasining A nuqtasi tomon siljigan holda ko'rinadi.

Yer yillik harakatining apeksini Quyoshga nisbatan oson aniqlash mumkin. Yerning tezlik vektori uning orbitasiga o'rinma bo'lganidan, ixtiyoriy momentda u Quyosh – Yer yo'nalishiga tik bo'lib, shimoliy



39-rasm. Yoritgichlarning yillik parallakslarini aniqlash

yarim shardagi kuzatuvchi uchun soat strelkasi yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi. Boshqacha aytganda, apeks ekliptikada Quyoshdan 90° orqada (g'arb tomonda) yotadi.

Endi aberratsiya tufayli yulduz o'z o'rnidan g'arbga qanday yoy kattaligiga siljishini aniqlaylik. Buning uchun Yerning tezligini υ, yorug'lik tezligini esa c deb belgilasak, u holda ΔK_0OK dan

$$\frac{\sin\sigma}{\sin\theta}=\frac{\upsilon\cdot t}{c\cdot t} \text{ yoki } \sin\sigma=\frac{\upsilon}{c}\sin\theta$$

bo'ladi. Bu yerda θ – yulduzning ko'rinma o'rniga yo'nalishning apeksdan og'maligi, σ – yoy sekundlarida o'lchanadigan juda kichik burchak bo'ganidan:

$$\sigma\cdot\sin 1''=\frac{\upsilon}{c}\sin\theta$$

$$\text{yoki } \sigma=\frac{\upsilon}{c}206265\cdot\sin\theta$$

bo'ladi. Bunda Yerning orbital tezligi $\upsilon=29{,}78\ км/с$, yorug'likning tezligi esa $c=2999792\ км/с$ ligini e'tiborga olsak,

$$\sigma=20{,}496''\cdot\sin\theta\approx 20{,}50''\sin\theta;$$

bu o'rinda 20,50″ – aberratsiya doimiysi deyiladi.

Yerning (kuzatuvchining) apeksi yil davomida ekliptika bo'ylab 360° ga siljishini e'tiborga olsak, u holda ekliptika qutbida joylashgan yulduz (β = 90°; bu o'rinda β yulduzning ekliptikal kenglamasi) o'rni atrofida 20,50″ radius bilan kichik aylana chizishini tushunish qiyin emas. Ixtiyoriy β ekliptikal kenglamadagi yulduzlar esa, yarim o'qlari a=20,50″ va b=20,50″sinβ – bo'lgan ellipsni chizadi. Bordi-yu yulduz ekliptika tekisligida yotsa (β = 0), u holda katta o'qi nolga teng (b = 0) bo'lgan ellipsga, ya'ni uzunligi 41″ li yoy kesmasiga aylanadi (39 b-rasm).

Yillik aberratsiyaning kattaligi yillik parallaksdan farq qilib, yulduzlarning uzoqligiga bog'liq bo'lmaydi. Binobarin, yillik aberratsiya yillik parallaksdan tubdan farq qiluvchi astronomik hodisa bo'lib, mustaqil ravishda Yerning Quyosh atrofida aylanishini isbotlaydi.

2-§. Yil fasllarining almashinishi

Ma'lumki, Yer o'qining orbita tekisligiga og'maligi 66°34′ bo'lib, Yer Quyosh atrofida aylanayotganda fazoda o'z yo'nalishini o'zgartirmaydi. Shunga ko'ra, Yerning ma'lum qismiga yilning turli davrlarida Quyosh nurlari turlicha burchak ostida tushib, yil fasllarini vujudga keltiradi (40 *a*-rasm). U bilan yaqindan tanishaylik .

Fizika kursidan ma'lumki, sirtga tushayotgan yorug'lik oqimi Φ, unga o'tkazilgan normal va yorug'lik nurlari yo'nalishi orasidagi burchakning kosinusiga proporsional, ya'ni

$$\Phi = \Phi_0 \ cos\theta ;$$

bu o'rinda Φ_0 – sirtga tik tushayotgan yorug' oqimi miqdorini xarakterlaydi.

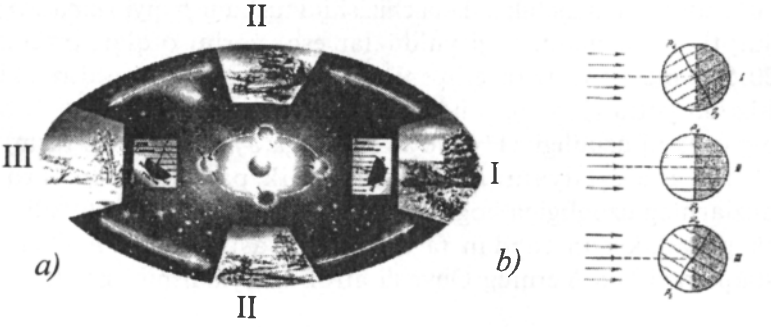
Shu asosda Yerning turli geografik kenglamalarida, yilning turli fasllarida Φ ning qiymatiga ko'ra, Yer sirtiga tushayotgan Quyoshning yorug'lik oqimi miqdori qanday o'zgarishini ko'raylik.

40 *b*-rasmda bahorgi va kuzgi tengkunlik kunlari (II hol), yozgi (I hol) va qishgi quyoshturishi kunlari (III hol) Quyosh nurlari Yer sirtiga qanday tushishi ko'rsatilgan. Rasmdan ko'rinadiki, bahorgi tengkunlik kunlari turli kenglamalarga tushayotgan yorug'lik oqimi, joyning kenglamasiga (φ) bog'liq ravishda

$$\Phi = \Phi_0 \ cos\varphi$$

ifoda bilan, yozgi quyoshturish kuni esa

$$\Phi = \Phi_0 \ cos(\varphi - \varepsilon)$$



40-rasm. Sayyoramizda yil fasllarining kuzatilishi

ifoda bilan aniqlanadi, bu o'rinda ε -ekliptikaning osmon ekvatoriga og'maligini xarakterlab, 23°26 ni tashkil qiladi.

Qishki quyosh turishi kuni esa, Yer sirtiga tushayotgan yorug'lik oqimining miqdori

$$\Phi = \Phi_0 \cos(\varphi + \varepsilon)$$

ifoda orqali topiladi.

Umumiy holda, Quyoshning og'ishi δ ga ko'ra, turli geografik kenglamalarda tushayotgan yorug'lik oqimining miqdori

$$\Phi = \Phi_0 \cos(\varphi - \delta)$$

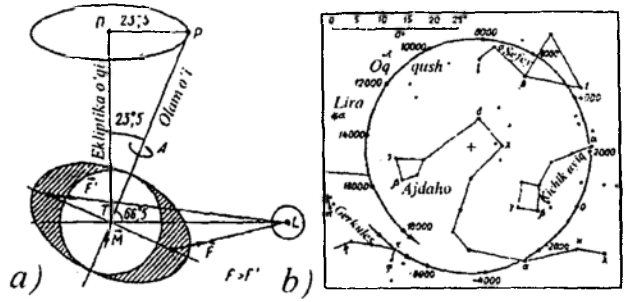
ifoda yordamida aniqlanadi.

Bundan ko'rinadiki, Yer shimoliy yarim sharida yer sirti bahor va yoz paytlarida (21-martdan 23-sentyabrgacha) kuz va qish paytlardagiga (23-sentyabrdan 21-martgacha) nisbatan birmuncha marta ko'p issiqlik oladi. Janubiy yarim sharda esa, buning aksi bo'lib, 23-sentyabrdan kelgusi yilning 21-martiga qadar yer sirti olgan issiqlik miqdori 21-martdan 23-sentyabrgacha olinganidan bir necha marta ko'p bo'ladi.

3-§. Yerning o'z o'qi atrofida aylanishi. Pretsessiya va nutatsiya

Sayyoramiz Yerning shakli shardan farq qilib (qutblarining siqiqligi tufayli), uning ekvator zonasida joylashgan sferadan (radiusi Yerning qutbiy radiusiga teng) ortiqcha qismining massasiga Oy va Quyoshning ta'siri natijasida varaq tekisligi bo'yicha buruvchi kuch paydo bo'ladi. Bunday kuch, Yer o'qining Oyga va unga qarama-qarshi tomonga og'gan davrlarida maksimumga chiqib,bu yo'nalishlardan 90^0 burchak uzoqlikka ega bo'lgan tomonlarda nolga aylanadi. Oqibatda Yer o'qi ekliptika tekisligiga og'maligini o'zgartirmagan holda fazoda 26000 yillik davr bilan konus sirt chizadi (41 *a*-rasm). Bu hodisa *pretsessiya* hodisasi deb yuritiladi. Olam o'qi Yer o'qi bilan bir to'g'ri chiziqda yotganidan bu o'qning osmon sferasi bilan kesishgan nuqtasi – olam qutbi ham vaqt o'tishi bilan yulduzlar ichida siljib boradi. Natijada olam qutbi, Ajdaho yulduz turkumida joylashgan ekliptika qutbi (a = 18', δ = 66°33') atrofida radiusi 23°26' yoyga teng bo'lgan aylana chizadi (41 *b*-rasm).

Pretsessiya hodisasi tufayli bahorgi tengkunlik nuqtasi ham ekliptika bo'ylab Quyoshning yillik ko'rinma harakatiga teskari yo'nalishda



41-rasm. Pretsessiya hodisasini tushuntirish

harakatda bo'lib, uning siljish tezligi yiliga 50",26 ni tashkil qiladi. Bahorgi tengkunlik nuqtasi ikkinchi ekvatorial hamda ekliptik koordinatalar sistemasida sanoq boshi ekanligini e'tiborga olsak, yulduzlarning ekliptik kenglamalari o'zgarmagani holda uzunlamalari yiliga 50",26 ga ortib borishini ko'rish mumkin.'

Ikkinchi ekvatorial koordinatalar sistemasining har ikkala koordinatasi (to'g'ri chiqish va og'ish) ham pretsessiya tufayli o'zgarib boradi. Bu o'zgarishlarni hisobga olib borish uchun maxsus jadvallar tuziladi.

Yerning Quyosh atrofida yulduzlarga nisbatan to'la aylanib chiqish davri *yulduz* yoki *siderik yil* deb ataladi, u 365,2564 sutkaga teng. Quyosh markazining ikki marta ketma-ket bahorgi tengkunlik nuqtasi orqali o'tishi uchun zarur bo'lgan vaqt oralig'i *tropik yil* deb ataladi va 365, 2422 sutkani tashkil qiladi.

Shuningdek, Yer orbitasining katta yarim o'qi ham yulduzlarga nisbatan juda sekinlik bilan aylanadi. Shunga ko'ra, Yerning perigeliydan ikki marta ketma-ket o'tishi uchun zarur bo'lgan vaqt oralig'i *anomalistik yil* deb atalib, 365, 2596 sutkaga teng bo'ladi.

Yer o'qi, ekliptika o'qi atrofida aylanishi davomida juda kichik tebranishlarda ishtirok etadi. Bu tebranishlar olam o'qining ma'lum o'rtacha holati atrofida sistemali kuzatiladi. Bunday tebranma harakat *nutatsiya* deyilib, u Quyosh va Oy ta'siri tufayli sodir bo'ladigan Yer o'qini buruvchi kuchlar kattaliklarining o'zgarib turishi natijasida yuzaga keladi. Quyosh va Oy osmon ekvatori tekisligida yotganda bu kuchlarning kattaligi nolga, Quyosh va Oy ekvator tekisligidan eng katta burchak masofaga uzoqlashganda esa, bu kuchlarning kattaligi maksimumga erishadi.

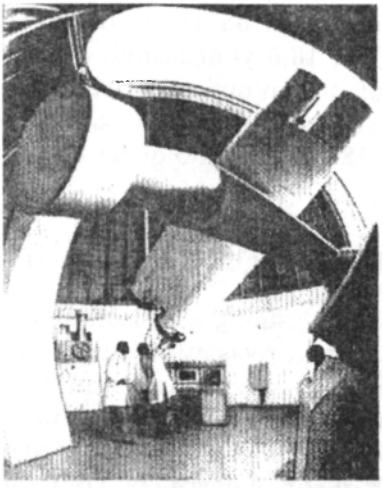
Yer o'qining asosiy – nutatsion tebranish davri Oy orbitasi tugunlarining aylanish davriga teng bo'lib, 18,6 yilni tashkil qiladi. Natijada Yer o'qining davomlari (binobarin, olam o'qining ham) bunday tebranishi natijasida osmonda pretsession aylana egriligi bo'ylab nutatsion tebranishlarni xarakterlovchi – katta o'qi 18″,42, kichik o'qi esa 13″,72 ga teng bo'lgan ellipslar chizadi.

4-§. Ulug'bek nomidagi Xalqaro Kitob kenglik stansiyasi

XVII asrdayoq Peterburg Fanlar akademiyasining a'zosi, mashhur matematik Eyler (1707-1783) Yer harakati nazariyasini o'rganib, Yer qutblari uning sirtida, kam miqdorda bo'lsa-da siljib turishini ma'lum qildi. Geografik koordinatalarning butun tizimi Yer qutblari bilan bog'liqligi tufayli olimning bu axboroti ko'pchilikning diqqatini o'ziga tortdi. Bu siljish juda kichik miqdorni tashkil etib, u davrda bu hodisani bevosita kuzatish orqali aniqlash juda mushkul edi. Faqat XIX asrning o'rtalariga kelib, Yevropaning mashhur observatoriyalarida olib borilgan nozik kuzatishlar Eyler ma'lumoti to'g'riligini isbot qildi.

Shu asosda doimiy kenglik xizmatini tashkil etish masalasi birinchi marta 1883-yili Xalqaro geodezik assotsiatsiya (XGA) kongressida Neapol observatoriyasi direktorining taklifi bilan qarab chiqildi. 1885-yili XGAning II kongressi Xalqaro kenglik xizmatini tashkil etish haqida qaror qabul qildi. Keyinroq, bunday xizmat uchun 39° 08′ kenglik tanlanib, kenglik xizmatini bajarish uchun Mitsuzava (Yaponiya), Karloforte (Italiya), Geytersberg va Yukayo (AQSH) punktlari tanlandi. XGAning XII konferensiyasida (Shtutgart, Germaniya) O'rta Osiyo hududida Chorjo'yda beshinchi Xalqaro kenglik stansiyasini ochishga qaror qilindi.

1899-yili Chorjo'yda kenglik xizmatini yo'lga qo'yish maqsadida, ularga Toshkent observatoriyasi direktori D.D.Gedionov jo'natildi. Bunday vazifani bajarish Chorjo'ydan 965 km masofada Amudaryoning chap qirg'og'ida, undan 3 km narida 39° 08′ kenglikda 1899-yilning 19-sentyabr kunidan muntazam boshlandi. 8 yil muntazam ishlagan observatoriya 1908-yilda Amudaryo bilan yuvib ketilish xavfi ostida qoldi. Stansiyada kuzatish oxirgi marta 1919-yilning 25-mayida bajarildi. Chorjo'y kenglik stansiyasi ishlamay qo'ygach, 1919-yili Yaponiya (Mitsuzava), Italiya (Karloforte) kenglik xizmatlari sifatini yaxshilash



42-rasm. Kitob xalqaro kenglik stansiyasida o'rnatilgan diametri 40 smli qo'shaloq astrograf

maqsadida aynan ularning kenglamasida (39° 08') O'zbekiston hududida yangi joy tanlash masalasi qo'yildi. Bunday stansiya uchun Qashqadaryo viloyatining Kitob shahri yaqinida joy topildi. 1929-yili bu stansiyada astronom A.N.Nefedev tomonidan zenit teleskopiga pavilon qurildi. Yangi stansiya Xalqaro kenglik xizmatini 1930 yilda boshladi. Xalqaro kenglik stansiyasining bundan keyingi faoliyatini Kitob shahri yaqinida boshlashga qaror qilindi. Bunga O'zbekiston Maorif xalq komissariati tomonidan Ulug'bek observatoriyasining 500 yillik yubileyini o'tkazish juda qo'l keldi. Bu voqeani nishonlashga bag'ishlangan tantanali kengashda Toshkent observatoriyasining direktori mazkur tadbirni Ulug'bek nomi bilan atalgan Kitob kenglik stansiyasida o'tkazishni taklif etdi.

Shu hodisa sabab bo'lib Kitob shahri yaqinida 7 gektar joy ajratildi. 1926-1927-yillari O'zbekiston hukumati Kenglik stansiyasi uchun zarur bo'lgan chet el asbob-uskunalarini sotib olish uchun mablag' ajratdi. Stansiyaga kenglik xizmatini o'tash uchun Germaniyaning mashhur Bamberg firmasida tayyorlangan Zenit-teleskop, asbob-uskuna va jihozlar xarid qilindi. Urush yillarida kenglik stansiyasi hududiga Simeiz (Qrim) astronomik observatoriyasi xodimlarining bir qismi professor G.N. Neuymin boshchiligida ko'chib kelib ish boshladi. Mayda osmon jismlarini o'rganish bo'yicha mutaxassis bo'lgan astronom G.N. Neuymin 63 ta mayda sayyorani ochgan olim edi. U o'zi kashf etgan sayyoralarning biriga (tartib raqami 1351) «O'zbekistoniya» deb nom berdi. 1950-yillarda Kitob kenglik stansiyasi Xalqaro geofizik yil programmasida ishlashga jalb etilganligi munosabati bilan stansiyaga yangi ZTL 180 (obyektivining diametri 180mm li) zenit-teleskop o'rnatildi.

1972-1975-yillarda Shansiyaga sobiq Ittifoq FA ga qarashli Pulkovo astronomik observatoriyasining Zenit-truba deb ataladigan teleskopi sovg'a qilindi. Bu teleskop joyining kenglamasi bilan birga uzunlamasini ham

aniqlashga imkon berib, boshqa shu rusumdagi teleskoplardan sezilarli ustunlikka ega edi. Chet ellik taniqli olimlardan Parij observatoriyasining direktori A.Danjon, buyuk golland astrofizigi M. Minnart, Manchester (Angliya) universitetining professori Z. Kopallar Xalqaro kenglik stansiyasida bo'lib, uning faoliyatiga yuqori baho berdilar.

Urushdan keyingi yillarda Xalqaro stansiyada kenglik muammolari bo'yicha bir nechta yirik anjumanlar bo'lib o'tdi. Unda taniqli olimlardan Pulkovo (Sankt-Peterburg) observatoriyasining direktori akademik A.A. Mixaylov, Nazariy astronomiya instituti rahbarlaridan I.D. Jongolovich o'z ma'ruzalarida Yer aylanish nazariyasining yaratilishida Kitob kenglik xizmatining salmoqli xizmatini alohida ta'kidladilar.

Ulug'bek nomidagi Kitob Xalqaro kenglik stansiyasi O'zbekiston Respublikasi FA Astronomiya institutining filiali bo'lib, unga uzoq yillar davomida A.M. Kalmikov rahbarlik qildi.

Oxirgi yillarda Yer qutbining harakatini o'rganish, Yer sun'iy yo'ldoshlari yordamida amalga oshiriladigan yangi va aniq metodlar orqali ro'yobga chiqarilmoqda. Shu hisobdan dunyoning barcha kenglik stansiyalari qatori Kitob Xalqaro kenglik stansiyasi ham o'z faoliyati yo'nalishlarini kuzatishning yangi metodlari asosida ko'rib chiqmoqda.

Keyingi yillarda bu yerda o'rnatilgan diametrlari 40 smdan bo'lgan qo'shaloq astrograf yulduzlarning xususiy va fazoviy harakatlarini o'rganish bo'yicha katta dastur asosida tadqiqot ishlarini bajarmoqda (42-rasm).

Bulardan tashqari, Xalqaro kenglik stansiyasining astronomik asboblari M. Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti, Qarshi davlat universitetida «Astronomiya» ixtisosligi bo'yicha ta'lim olayotgan talabalarga astrofizik praktikum mashg'ulotlarini o'tkazish uchun muhim laboratoriya bazasi bo'lib ham xizmat qiladi.

Savol va topshiriqlar

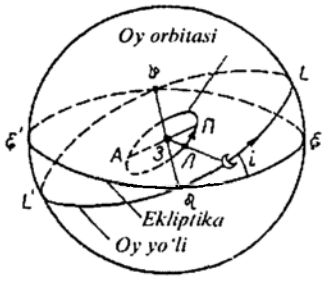
1. Yoritgichlarning yilik parallaksiga Yerning Quyosh atrofida aylanishiga qanday ta'siri bor?
2. Yil fasllarining almashinishiga sabab nima?
3. Yerning o'z o'qi atrofida aylanishi qanday hodisalarda tushuntiriladi?
4. Protsessiya va nutatsiya hodisalarining mohiyatini tushuntiring.
5. Xalqaro Kitob kenglik xizmati haqida nimalar bilasiz?

5-§. Oyning harakati va fazalari

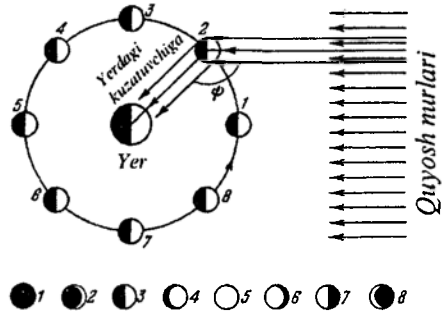
Oy Yerning tabiiy yo'ldoshi bo'lib, uning atrofida 27,32 sutkalik davr bilan aylanadi. Bu davr Oyning siderik davri yoki yulduz davri deb yuritiladi. Oyning Yer atrofida aylanish yo'nalishi, yulduzlarning ko'rinma aylanishiga qarama-qarshi bo'lib, u g'arbdan sharqqa (ya'ni Yerning o'z o'qi atrofida aylanish yo'nalishi bilan bir xil yo'nalishda) harakat qiladi. Oyning o'z orbitasi bo'ylab harakat tezligi 1,02 km/s ni tashkil qilib, yulduzlarga nisbatan har sutkada taxminan 13 gradus siljib boradi.

Oy orbitasining tekisligi Yerning Quyosh atrofida aylanish yo'li – (ekliptika) tekisligi bilan 5°9′ ni tashkil qiladi (43-rasm).

Oy Yer atrofida aylanayotganda Quyosh nurlarini qaytarishi hisobiga bizga ko'rinadi. Bu ko'rinish ayni o'sha paytda Oyning Quyoshga nisbatan fazoda qanday joylashishiga bog'liq bo'lib, uning Quyoshdan burchak uzoqligiga ko'ra turlicha ko'rinish (yangioy, yarimoy, to'linoy va hokazo) oladi. Oyning bunday ko'rinishlari uning fazalari deyiladi. Oy fazalarining almashinishi uning Yer va Quyoshga nisbatan vaziyatiga bog'liqligi 44-rasmdagi chizmada keltirilgan. Chizmada Quyosh nurlari o'ng tomondan parallel dasta ko'rinishida tushayapti deb qaralsa, Oy boshida, ya'ni 1-holda u *astronomik yangioy* deb yuritiladi, *to'linoy* paytida (5-holat) hamda *birinchi* (3-holat)va *oxirgi chorak fazalarida* (7-holat) Oyning Yer atrofidagi vaziyatlari raqamlar bilan ko'rsatilgan. Chizma tepasida Oy fazalarining *raqamlar* bilan ko'rsatilgan holatlari, chizma ostida Yerdan qaraganda Oyning osmonda qanday ko'rinishlarda bo'lishi aks ettirilgan.



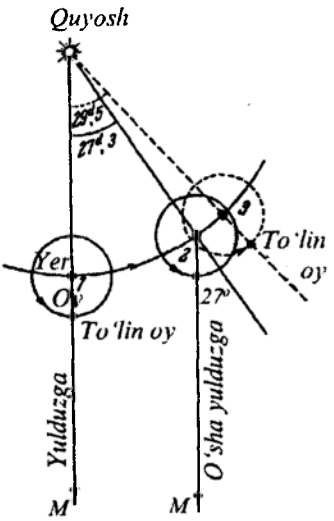
43-rasm. Oy orbitasining ekliptika tekisligiga nisbatan joylashishi



44-rasm. Oy fazalarining Quyoshga va Yerga nisbatan turli holatlari

Chizmadan ko'rinadiki, Quyosh doimo Oyning yarim sferasini yoritadi, biroq uning bu yoritilgan yarim sferasi Yerdan butunlay ko'rinmasligi (1-holat) yoki to'la ko'rinishi (to'linoyda 5-holat) yoki qisman ko'rinishi (boshqa holatlarda) mumkin.

Qizig'i shundaki Oy, qayd etilganidek, Yer atrofida 27,32 kunda aylanadi va shu bilan birga, o'z o'qi atrofida ham 27,32 sutkalik davr bilan aylanadi. *Oyning o'z o'qi atrofida va Yer atrofida aylanish davrlari o'zaro tengligi tufayli u Yerdan qaraganda doimo bir tomoni bilan ko'rinadi.*



45-rasm. Oy sinodik davrining siderik davridan uzunligini tushuntirish

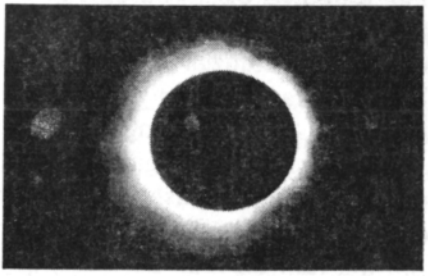
Biroq Oyning *siderik davri* deyiluvchi bu davrdan tashqari uning fazalariga ko'ra aniqlanadigan davri ham ko'p ishlatiladi. Oyning ma'lum fazasidan ikki marta ketmaket o'tishi uchun ketgan vaqt uning *sinodik davri* deyiladi va u 29,53 sutkani tashkil etadi (45-rasm). Oyning sinodik davri qanday qilib siderik davrdan katta bo'lishini ko'raylik.Bunda Oy Yerning atrofida aylanayotib 1-holatda bo'lganda M yulduzning to'g'risida to'linoy fazasida bo'lishi chizmadan aniq ko'rinib turibdi. 27,32 kundan so'ng, ya'ni Oyning Yer atrofida bir marta to'liq aylanib chiqqanidan keyin u 2-holatda bo'lib, yana M yulduzning to'g'risida turadi, lekin hali to'linoy fazasigacha yetib bormagan bo'ladi. Yer o'z orbitasi bo'ylab har kuni deyarli bir gradusga yaqin siljishini e'tiborga olsak, bu davrda u 1-dan 2-holatgacha taxminan 27 gradusga siljiganligi ma'lum bo'ladi (rasmga qarang). Binobarin, Oyning 2-holatida undan M yulduzga tomon yo'nalish bilan Quyoshga tomon yo'nalishning davomi orasida ham aynan shunday burchak hosil bo'lganini tushunish qiyin emas. U holda Oyning o'z orbitasi bo'ylab kuniga taxminan 13 gradusga siljishiga ko'ra, unga 27 gradusli yoyni o'tishi uchun 2 kundan ko'proq vaqt kerak bo'lishi aniqlashadi. Natijada Oyning to'linoy fazasidan ketib yana to'linoy fazasiga kelguncha 29 sutkadan ko'proq vaqt talab qilishi ma'lum bo'ladi. Bu vaqt, qayd etilganidek, Oyning *sinodik davri* deyilib, aniq hisoblaganda 29,53 sutkaga teng chiqadi.

6-§. Quyosh tutilishi va uning shartlari

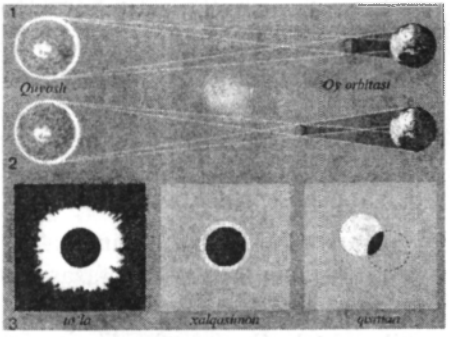
Quyosh to'la tutilishi osmonda juda chiroyli manzarani hosil qiladi. Bunda kuzatuvchi osmonda qop-qora Quyosh gardishi atrofida Quyosh «toji» deb ataluvchi nozik kumushrang shu'la tovlanayotganini ko'radi (46-rasm). Shuningdek, bu paytda kunduzi bo'lishiga qaramay, osmonda yorug' yulduzlar va sayyoralar charaqlab ko'rinib turadi.

Quyosh tutilishlari tabiatning g'aroyib hodisalaridan bo'lib, qadimda kishilarda kuchli vahima tug'dirgan. Bunday hodisalarning ro'y berishi sabablari bugun yaxshi o'rganilgan. Shu tufayli olimlar bundan bir necha yil keyingi bo'ladigan tutilishlarning vaqtlarini ham aniq aytib bera oladilar.

Oy Yerning atrofida aylanayotib, ba'zan Quyoshni bizdan to'sib o'tadi. Bunday hol Quyosh tutilishi deyilib, u har doim astronomik yangioy holatida ro'y beradi.Mazkur hodisa 47-rasmda keltirilgan chizmadagi kabi ro'y beradi. Chizmadan ko'rinadiki, Yer sirtiga *Oyning soyasi va yarim soyasi* tushadi. Agar Yerdagi kuzatuvchi Oy soyasining Yerda hosil qilgan doirasi (uning deametri 271 kmgacha boradi) ichida bo'lsa, u Quyoshni Oy bilan to'la bekilgan holda ya'ni *Quyosh to'la tutilayotgan* holda ko'radi. Bordiyu kuzatuvchi yarim soya chegarasida turgan bo'lsa, u *Quyoshning qisman tutilayotganini* (ya'ni Oy, Quyoshning bir qismini bekitib o'tayotganini) ko'radi. Oy orbitasi ellips bo'lib, u Yerdan eng katta uzoqlashganda 405500 km, eng yaqinlashganda esa 363300 km masofada bo'ladi. Agar Quyoshning tutilishi Oy Yerga eng



46-rasm. Quyoshning to'la tutilishi



47-rasm. Quyoshning to'la, halqasimon va qisman tutilishi chizmasi

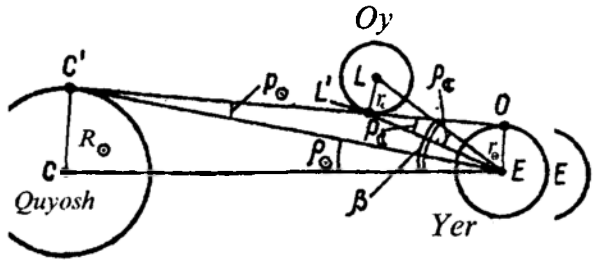
uzoq masofadaligida (orbitasining apogeyida) ro'y bersa, u hosil qilgan soyaning uchi Yergacha yetib kelmaydi. Bunday holda Oy soyasi konusi o'qining Yer sirti bilan kesishgan nuqtasi yaqinida joylashgan yerdagi kuzatuvchi Quyoshning *halqasimon tutilishini*, ya'ni tim qora Oy diski atrofida ravshan halqani ko'radi (47-rasmga qarang).

Oy Yer atrofida g'arbdan sharqqa tomon aylanayotgani va Yer ham o'z o'qi atrofida aylanayotgani sababli Oyning Yerga tushgan soyasi ham Yer sirti bo'ylab g'arbdan sharqqa tomon sekin-asta siljib borib, eni o'rtacha 200 km, uzunligi bir necha ming kilometrga cho'zilgan tasmani chizadi. Yarimsoyaning yer sirtida «chizgan» bu tasmasi soyaning ikki tomonida joylashadi.

Quyosh tutilishi uning g'arb tomonidan boshlanadi, chunki g'arbdan sharqqa tomon harakatlanayotgan Oy dastlab Quyoshni g'arb tomoni bilan uchrashadi. Shundan so'ng Quyoshning «eyilayotgan» qismi ortib borib, u Oy bilan to'la bekilganda, Quyosh butunlay ko'rinmay qoladi (agar kuzatuvchining joyi Yerda soya ichiga to'g'ri kelsa, albatta). Quyoshning to'la tutilish fazasi atigi bir necha minutda (maksimum yetti minut) davom etib, so'ngra Oyning diski Quyosh diskidan chiqib sharqqa tomon siljiy boshlaydi va Quyoshni to'la ozod qilguncha yana bir soatcha vaqt ketadi.

Endi Quyosh tutilishining mohiyati ustida to'xtaylik. Yuqorida bayon qilinganidek, Quyosh tutilishining muhim shartlaridan biri – Oy Quyoshni bekitib o'tayotgan paytda uning *yangioy fazasida* bo'lishidir. Biroq har bir yangioyda Quyoshning tutilmasligidan ko'rinishicha, buning uchun birgina bu shartning o'zi yetarli emasligi ma'lum bo'ladi. Ana shu muhim shartni aniqlashga harakat qilamiz. Avvalo shuni aytish kerakki, har bir yangioyda Quyosh tutilmasligining sababi Oy orbitasi tekisligining ekliptika tekisligi bilan ustma-ust tushmasligidadir. Ular orasidagi burchak, qayd etilganidek, $5^{0}09'$ ni tashkil etadi. Shuning uchun yangioy paytida Oy ekliptika tekisligidan kattagina burchak masofada bo'lib, Quyoshni yo ustidan yoki ostidan uni bekitmagan holda o'tib ketadi. Bundan yangioy paytida Quyosh tutilishi uchun Oy o'z tugunlari (Oy orbitasining ekliptika tekisligi bilan kesishgan nuqtalari) yaqinida, ya'ni ekliptikaga yaqin yoy masofada bo'lishi zarurligi ayon bo'ladi.

Endi yangioy paytida Quyoshning markazi Oy tugunlarining ixtiyoriy biridan qanday minimal yoy masofada bo'lgandagina Quyosh tutilishi ro'y berishi mumkinligini aniqlaylik. Buning uchun Quyosh, Yer va Oy



48-rasm. Quyoshning tutilish shartlarini tushuntiruvchi chizma

markazlari (mos ravishda C,E va L nuqtalar) bir tekislikda rasmdagidek joylashgan deb faraz qilaylik 48-rasmda). U holda ekliptika tekisligi rasm joylashgan varaq tekisligiga perpendikulyar tekislikda yotadi.

Ma'lumki, bu o'rinda <LEC= β burchak Oyning ekliptika kenglamasini xarakterlaydi. U holda, bu burchak rasmdagi ko'rinishidan ozgina bo'lsa-da kichraysa, Yerning O nuqtasidagi ko'zatuvchi, Quyoshning qisman tutilishiga guvoh bo'ladi. Bunday hol uchun burchakning kattaligini hisoblab ko'raylik. U quyidagi uchta burchakning yig'indisidan iborat:

$$\beta = \angle LEL' + \angle L'EC' + \angle C'EC.$$

Rasmdan ko'rinishicha, $\angle LEL' = \rho_{☾}$ – Oyning ko'rinma radiusini: $\angle C'EC = \rho_{☉}$ Quyoshning ko'rinma radiusini, $\angle L'EC' = \angle EL'O - \angle EC'O$ bo'lib $\angle EL'O = p_{☾}$, Oyning gorizontal parallaksini; $\angle EC'O = p_{☉}$ - Quyoshning gorizontal parallaksini ifodalaydi. Binobarin, β burchak:

$$\beta = \rho_{☾} + \rho_{☉} + p_{☾} - p_{☉}$$

Agar tenglikning o'ng tomonidagi kattaliklar o'rtacha qiymatlaridan foydalansak, ya'ni

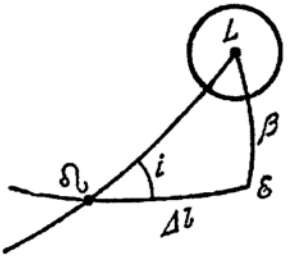
$$\rho_{☾} = 15',5; \quad \rho_{☉} = 16,'3; \quad p_{☾} = 57,'0; \quad p_{☉} = 8,''8$$

ekanini e'tiborga olsak, u holda $\beta = 88',7$ bo'ladi. Bundan ko'rinadiki, qisman bo'lsa-da, Quyosh tutilishi uchun Oyning epliktikal kenglamasi 88,'7dan kichik bo'lishi lozim. Topilgan β ning qiymatiga

ko'ra, 49-rasmdan Oyning Δl ekliptikal uzunlamasini Ω LS to'g'ri burchakli sferik uchburchakdan topaylik.

$$\sin\Delta l = \frac{tg\beta}{tgi}$$

$\beta = 88',7$; $i = 5°09'$ Oy orbitasi tekisligining ekliptika tekisligiga og'maligidan Δl = 16,°5 chiqadi.



49-rasm. Quyosh tutilishi shartlarini aniqlash

Binobarin Quyosh tutilishi uchun, yangioy paytida, Quyosh markazi Oy tugunlarining ixtiyoriy biridan 16,5° kichik yoy masofada bo'lishi ikkinchi muhim shart ekan. Quyosh markazi yangioy paytida tugundan chap tomonda, undan 16,5° dan kichik yoy masofada bo'lganda ham, albatta Quyosh tutilishi mumkinligini inobatga olsak,u holda Quyosh tugunlari atrofida joylashgan 33° (16,5° x 2) uzunlikdagi yoyni o'tayotganda albatta Quyosh tutilishi mumkinligi aniq bo'ladi. Endi Quyosh ekliptika bo'ylab har kuni o'rtacha 59′ siljishini hisobga olsak, u 33° li «xavfli zona»ni 34 kunda o'tishi ma'lum bo'ladi. Oyning sinoidik davri 29,53 kun bo'lib,bu 34 kundan kichikligini e'tiborga olsak, u holda bu davr ichida kamida bir marta, bo'lmasa ikki marta yangioy bo'lishini, binobarin, kamida bir marta, bo'lmasa ikki marta Quyosh tutilishiga guvoh bo'lish mumkinligi aniqlanadi. Oy tugunlari ikkitaligini e'tiborga olsak, bir yilda kamida ikki marta, ko'pi bilan besh marta Quyosh tutilishini ko'rish mumkin.

Bir yilda besh marta Quyosh tutilishi uchun birinchi tutilish 1-yanvardan ko'p o'tmasdan ikkinchisi fevral boshida, uchinchi va to'rtinchilari yarim yil o'tishidan biroz oldin, beshinchisi esa, birinchisidan 354 kun o'tgach (bu davrda 12 sinoidik yoy o'tadi), shu yilning dekabri oxirlarida ro'y berishi mumkin.

7-§. Oy tutilishi va uning shartlari

Oy Yer atrofida aylanayotib, ba'zan uning soyasi yoxud yarim soyasi orqali o'tadi. Bunday hodisa Oy tutilishi deyiladi. Oy tutilayotganda, u har doim to'linoy fazasida bo'ladi (50-rasm). Agar bunda Oy Yerning soyasi ichidan o'tsa, unda to'la tutiladi. Bordiyu yarim soya ichidan o'tsa, u holda yarim soyali tutilish deyiladi.

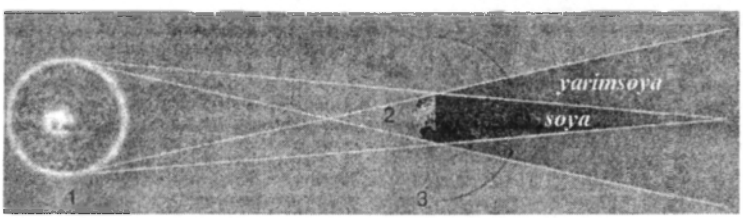
Oy tutilishlari tabiatning g'aroyib hodisalaridan bo'lib, qadimda u ham kishilarda kuchli vahima tug'dirgan. Bunday hodisalarning ro'y berishi sabablari bugun yaxshi o'rganilgan. Shu tufayli olimlar bundan bir necha yil keyingi bo'ladigan tutilishlar vaqtini ham aniq aytib bera olishgan.

Yerning ma'lum bir joyida Oy tutilishi Quyosh tutilishiga nisbatan 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 ko'rinadi.

Endi faraz qilaylik, Yer soyasining markazi $\xi\xi'$ ekliptikaning C nuqtasida bo'lsin (51-rasm). Bunda Oygacha bo'lgan o'rtacha masofada uning radiusi 41′ bo'ladi. Rasmdagi LL′Oy orbitasining bir qismi hisoblanib, L – orbitada burchak radiusi 15′,5 bo'lgan Oy markazining holatini, δ – esa Oy orbitasining ko'tarilish tugunini belgilaydi. Rasmdan ko'rinadiki, Oy tutilishi uchun u to'linoy fazasida bo'lib, Oy markazi va Yer soyasining markazi orasidagi yoy masofa ular radiuslarining yig'indisi, ya'ni 41′ + 15′,5 = 56′,5 dan kichik bo'lishi zarur. U holda to'g'ri burchakli δCL sferik uchburchakdan

$$\sin CL = \sin C\delta \cdot \sin \angle C\delta L$$

yoki



50-rasm. Oy tutilishi hodisasi: 1. Quyosh. 2. Yer. 3. Oy orbitasi.

$$sin56',5 = sinC\delta\zeta \ sin\ 5°09';$$

bularga ko'ra, quyidagilarga ega bo'lamiz:

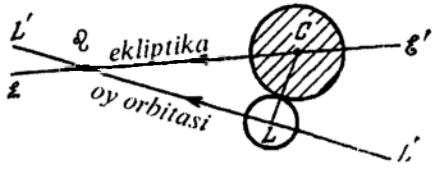
$$C\delta\zeta = \Delta l = 10°,6.$$

Binobarin yuqoridagi hisobga ko'ra, Oy tutilishi uchun quyidagi shartlar bajarilishi shart: 1) Oy-to'linoy fazasida bo'lishi; 2) to'linoy paytida Quyosh markazi Oy tugunlarining biridan 10°,6 dan kichik yoy masofada bo'lishi zarur.

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

Qadimda Quyosh va Oy tutilishining yuqorida bayon qilingan ko'rinishlari kishilarda qo'rqinch va vahima tug'dirgan. Endi esa Quyosh va Oy tutilishlarining siri ilmiy isbot etilgan, u hech kimda vahima tug'dirmaydi. Olimlar Quyosh va Oy tutilishlarining bo'lish vaqtini bir necha yil oldindan aniq hisoblab berish metodlarini ishlab chiqishgan. Tutilishlarni kuzatgan astronomlar Quyoshning fizik tabiati, Yer atmosferasining tuzilishi va Oyning harakatiga doir qimmatli ma'lumotlarni qo'lga kiritish imkoniga ega bo'ldi.

Saros. Ma'lum tutilishi xuddi oldingidek ko'rinishda aniq davr bilan qaytarilib turadi va bu davr *saros* (saros misrcha – «qaytarilish») deb ataladi. Saros – bu tutilishlarning qadimgilarga ham ma'lum bo'lgan davri bo'lib, u 18 yilu 11,3 sutkaga teng. Haqiqatan ham ixtiyoriy tutilish, Oyning ma'lum fazadagi holati Oy tugunlarining biridan oldingi tutilish



51-rasm. Oy tutilishi shartlarini tushuntirish

paytidagidek qiymatga ega bo'lishiga ketadigan davr mavjud bo'lib, ayni shuncha davrdan so'ng qaytariladi. Buning sababi, ma'lum bo'lishicha, 242 ajdaho oyi (uzunligi 27,21 sutka) 6585,36 sutkani, 223 ta sinoidik oy (uzunligi 29,53 sutka) 6585,32 sutkani yoki 18 yil 11 kun 7 soatu 42 minutni tashkil etadi. 19 ta ajdaho yili (uzunligi 346,62 sutka) esa 6585,78 sutkaga teng bo'ladi. Binobarin, saros deyiluvchi bu davr taxminan 6585 kunga teng bo'ladi va shu bois ixtiyoriy tutilishni 18 yilu 11,3 sutka dan so'ng qaytarilishini ta'minlaydi.

Savol va topshiriqlar

1. Oyning harakati va fazalari qanday sodir bo'lishini tushuntiring.
2. Quyosh tutilishi va uning shartlari haqida ma'lumot bering.
3. Oy tutilishi va uning shartlari haqida nimalarni bilasiz?

1-§. Astrofizikaning asosiy tushunchalari va vazifalari

Astrofizika – osmon jismlari va ular tizimlarining fizik tabiatlarini, evolyutsiyalarini (jumladan, Koinotni ham bir obyekt sifatida qarab) o'rganishni maqsad qiladi. Oxirgi o'n yilliklar mobaynida ilmiy-texnikaviy taraqqiyot astrofizik tadqiqot ishlarini takomillashtirib, uni talay aniq kuzatish instrumentlari, zamonaviy kompyuter texnologiyalari bilan qurollantirdi. Shuning hisobiga, astrofizika astronomiyaning yetakchi bo'limiga aylandi. O'nlab yangi-quvvatli, fizik parametrlari (zichligi, temperaturasi, yuqori quvvatliligi va boshqalari) bilan bir-biridan keskin farqlanuvchi osmon obyektlari kashf etildi. Ayniqsa kosmonavtikaning rivoji tufayli ishga tushgan Yer atmosferasidan tashqi astronomiya, osmon obyektlarini ko'zga ko'rinmaydigan nurlarda (ultrabinafsha, rentgen, gamma, infraqizil va radionurlarda) o'rganish borasida inqilobiy bir davrga kirdi.

Bularning barchasi, amaliy astrofizika deb ataluvchi kuzatishlar bilan bog'liq astrofizika bo'limining shakllanishida buyuk omil bo'ldi. Astronomiya bu yangiliklar hisobiga optik astronomiyadan keng to'lqinli astronomiyaga aylandi.

Amaliy astrofizika rivojlanishi bilan bir qatorda so'nggi yillarda, fizikaning nurlanish nazariyasi, atom va yadro fizikasi bo'yicha erishgan katta yutuqlari nazariy astrofizikaning rivojlanishiga olib keldi. Bu bo'lim kuzatishlardan olingan natijalarni tahlil qilish, yangi tadqiqot yo'nalishlarini belgilash va amaliy astrofizikada qo'llaniladigan metodlarni asoslash kabi muhim vazifalarni o'z oldiga qo'yib, ularni hal qilishga kirishdi.

Astrofizikaning bu ikki asosiy bo'limi, o'z navbatida quyidagi kichik bo'limlarni o'z ichiga oladi.

1. **Amaliy astrofizika:** astrofotometriya, astrospektrofotometriya, kalorimetriya va hokazo.

2. **Nazariy astrofizika:** yulduzlar fizikasi, Quyosh fizikasi, sayyoralar va mayda osmon jismlari, tumanliklar, kosmologiya bilan bog'liq muammolar va hokazo.

Ma'lum bir kuzatish metodiga asoslangan astrofizika bo'limlari, mos ravishda, radioastronomiya, atmosferadan tashqi astronomiya, rentgen astronomiyasi, gamma-astronomiya va neytrino astronomiyasi kabi nomlar bilan yuritiladi.

2-§. Astrofizikada qo'llaniladigan elektromagnit to'lqin nurlanishlari

Elektromagnit nurlanishning chastotasi juda keng bo'lib, yorug'lik nurlanishi uning kichik bir qisminigina tashkil etadi. Barcha diapazonda elektromagnit nurlanishlarining majmui elektromagnit nurlanish spektrini beradi. Ma'lumki, nurlanish aniq kattalikdagi energiya bilan xarakterlanuvchi kvantlar ko'rinishida tarqaladi. Kvantlar energiyasi nurlanishning chastotasi bilan bog'liq bo'lib, ularning energetik birligi sifatida *elektron volt* olinadi. Bu potensiallar farqi 1 volt bo'lgan elektr maydonida tezlatilgan erkin elektronning olgan energiyasiga teng bo'lib, $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J ni tashkil etadi.

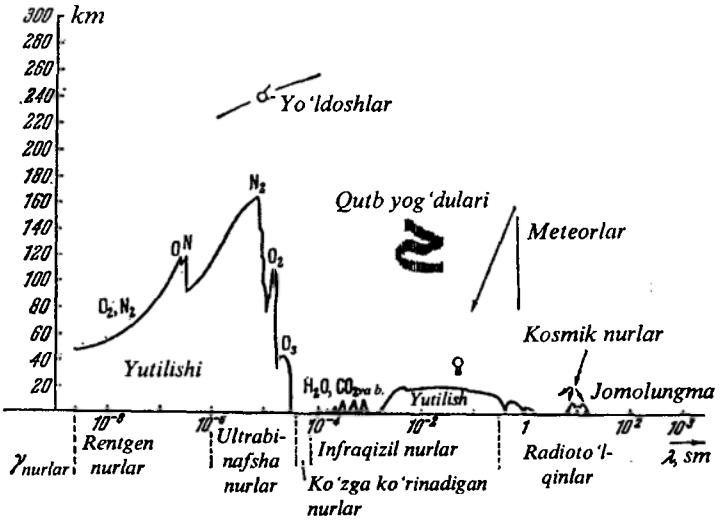
Ko'zga ko'rinadigan yorug'lik nurlari elektromagnit nurlanishlar spektrida 3900 A° dan 7600 A° gacha bo'lgan sohanigina o'z ichiga olib, kvantlari energiyasi 1eV dan katta bo'ladi. Astrofizikada qo'llaniladigan elektromagnit to'lqin uzunliklarining shkalasi esa energiyasi 10^{-6} eV (metrli radioto'lqinlar) dan to bir necha Mev (millionlab elektron volt) gacha, ya'ni to'lqin uzunligi 0,1 A° dan kichik nurlanishlargacha davom etadi.

Hamma chastotali elektromagnit to'lqinlar vakuumda bir xil – yorug'lik tezligiga teng tezlik bilan tarqaladi. Ixtiyoriy chastotadagi kvantning energiyasi uning chastotasiga proporsional bo'lib:

$\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ ifodadan topiladi, bu o'rinda proporsionallik koeffitsiyenti $h = 6{,}625 \cdot 10^{-34} J \cdot c$ – Plank doimiysi deyiladi.

Energiyasi 1 eV ga to'g'ri keladigan kvant, spektrning *infraqizil diapazonida* yotib, to'lqin uzunligi $l_0 = 12400$ A° (yoki chastotasi $n_0 = 2{,}42 \cdot 10^{14}$ Gts) ga to'g'ri keladi. 3900 A° – 100 A° bo'lgan soha ultrabinafsha *nurlanishlarga* tegishli bo'lib, shundan 3900 A° dan 3100 A° gacha bo'lgan qismi shartli ravishda, *yaqin ultrabinafsha,* 3100 A° dan qisqa to'lqin uzunligidagi qismi – uzoq *ultrabinafsha soha* deyiladi. 100 A° dan 0,1 A° gacha oraliqdagi diapazon *rentgen nurlarga*, 0,1 A° dan qisqa diapazon esa *gamma nurlar*ga tegishli sohalar hisoblanadi.

7600 A° dan 150000 A° gacha bo'lgan diapazon *yaqin infraqizil*, 150000A° dan 1 mm gacha bo'lgan diapazon *uzoq infraqizil soha* deyiladi. 1mm dan o'nlab metrgacha bo'lgan elektromagnit nurlanishlar spektr diapazoni *radionurlarga* tegishli uchastka hisoblanadi.



52-rasm. Yer atmosferasida turli to'lqin uzunligidagi nurlarning yutilishi

Yer atmosferasi elektromagnit spektrning barcha diapazonida astronomik kuzatishlarni olib borishga imkon bermaydi. U optik nurlanishlarni yaxshi o'tkazgani holda, yaqin ultrabinafsha sohadan tashqari qisqa to'lqinli nurlanishlar (uzoq ultrabinafsha, rentgen va gamma nurlarni) uchun tiniq emas. Xususan, infraqizil diapazon (10000 A° dan ortiq to'lqin uzunligidagi nurlanishlar) asosan suv bug'lari va is gazi molekulalari tomonidan kuchli yutiladi (52-rasm). Yer atmosferasi radiodiapazoni 1 sm dan 20 sm gacha, 1 sm dan qisqa diapazonda – 1 mm, 4,5 mm va 8 mm li qismlari uchun tiniq bo'lib, bu diapazonlarga tegishli boshqa radionurlarni deyarli o'tkazmaydi. To'lqin uzunligi bir necha o'n metrdan ortiq diapazondagi radionurlar esa, Yer atmosferasining tashqi qatlamlari tomonidan keskin sochilishi va qaytarilishi hisobiga Yer sirtigacha yetib kela olmaydi.

3-§. Yoritgichlarning ko'rinma yulduz kattaliklari

Fotometrik metod osmon obyektlarining ravshanligini teleskopning fokal tekisligida o'rnatilgan nurlanish priyomnigi yordamida oson aniqlash imkonini beradi. Bunda teleskopning fokal tekisligida yasalgan tasvir yuzasi s ni, obyektiv fokus masofasining kvadratiga nisbati fazoviy burchak ω ni, obyektiv orqali o'tgan nurlanish oqimining teleskop tuynugi maydoniga nisbati esa yoritilganlik E ni beradi.

Biroq osmonda eng ko'p tarqalgan yulduzlar nuqtaviy obyektlar bo'lib, ularning burchak o'lchamlarini aniqlashning iloji yo'q, shu bois ularning ko'rinishlariga ko'ra ravshanliklarini ham bevosita o'lchab bo'lmaydi. Bevosita kuzatishdan esa faqat ulardan kelayotgan yorug'lik oqimini, shunda ham yoritilganliklarinigina aniqlash mumkin bo'ladi.

Astronomiyada yulduzlarning yoritilganliklari maxsus logarifmik shkalada o'lchanadi, ularga *yulduz kattaliklari* deb nom berilgan. Bir yulduz kattaligiga (1^m deb belgilanadi) mos miqdor sifatida yoritilganliklarining bir-biridan farqi 2,512 martaga teng bo'lgan kattalik olingan. Bu miqdorning birlik sifatida tanlanishiga sabab uning o'nli logarifmi roppa-rosa 0,4 ga, 5^m ligi bilan farqlanuvchi yulduzlarning yoritilganliklari esa bir-biridan rosa 100 martaga farq qilishidadir. Yulduz kattaliklari shkalasini kiritishda shartli ravishda, E yulduzlar ravshanliklarining kamayishi, mos ravishda, m yulduz kattaliginin ortib boruvchi miqdori bilan ifodalanishi lozimligi kelishib olingan.

Yulduz kattaligini belgilashda, miloddan oldingi II asrda o'tgan aleksandriyalik Gipparxning fotometrik chizmasiga asos qilib olingan. U ko'rinadigan yulduzlarning yoritilganliklariga ko'ra, 6 guruhga bo'linadi, shulardan yorug'ini 1 kattalikdagi, eng xirasini esa 6 kattalikdagi yulduz deb olingan.

Yulduz kattaligining qiymati kamaygan sayin uning ravshanligi ko'rsatkichi E ortib boradi. Agar osmonning yorug' obyektlari ham (sayyoralar, Oy, Quyosh va boshqalar) yulduz kattaligida ifodalansa, ularning ravshanligi, yulduzlarnikidan sezilarli darajada ortiqligi tufayli manfiy ishora bilan ifodalanadi. Masalan, Venera ravshanligining maksimumida yulduz kattaligi -3 gacha borib -3^m, Quyoshniki $-26{,}8^m$, Oyniki esa (to'lin oy paytida) $-12{,}7^m$ ko'rinishlarida ifodalanadi. Bunda darajadagi m, shu yoritgichning yulduz kattaligining belgisi sifatida qo'llaniladi.

Shu asosda barcha yulduzlarning (jumladan, boshqa osmon jismlarining ham) yoritilganliklari...-3^m,-2^m,-1^m, 0^m,$+1^m$,$+2^m$,$+3^m$,$+4^m$,.. maxraji 2,512 ga teng geometrik progressiya bilan kamayib boruvchi qatorni tashkil etadi.

Shunday qilib, ixtiyoriy yoritgichning yulduz kattaligi deb uning yoritilganligidan 2,512 asosga ko'ra olingan manfiy ishorali logarifmga aytiladi. Bundan ko'rinadiki, E_1 va E_2 yoritilganliklarni beruvchi yulduzlar (yoki boshqa osmon obyektlari) yulduz kattaliklarining farqi m_1-m_2

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

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

ifodadan topiladi, o'nli logarifmga o'tkazilganda esa:

$$\lg \frac{E_1}{E_2} = -(m_1 - m_2)\lg 2,512 \quad \text{yoki} \quad 0,4(m_1 - m_2) = \lg \frac{E_1}{E_2}$$

bu o'rinda

$$m_1 - m_2 = -2,5 \frac{E_1}{E_2}$$

Ushbu ifoda *Pogson formulasi* deb yuritiladi.

Yulduz kattaliklarining nol-punkti (m = 0) shartli ravishda qabul qilinib, Yer ustida $2,78 \cdot 10^{-6}$ *lyuks* yoritilganlik (bunday yoritilganlikni 600 m masofada joylashtirilgan 1 xalqaro sham birligida nurlanayotgan manba bera oladi) olingan. Boshqacha aytganda, 0^m kattalikdagi yulduz spektrining barcha uchastkasida erishilgan yorug'lik oqimi taxminan 10^6 kVt/sm^2·s ga teng bo'ladi.

Obyekt nurlanadigan spektrining barcha qismidagi to'la nurlanish energiyasiga asoslanib aniqlangan yulduz kattaligi *balometrik* yulduz kattaligi deyiladi. Agar yulduz kattaligi yorug'lik oqimining vizual, fotografik va fotoelektrik o'lchamlari asosida aniqlansa, ularga mos ravishda, yulduz kattaliklarini aniqlashning vizual, fotografik va fotoelektrik sistemalari deb yuritiladi.

Kolorometriya asoslari. Yulduzlar haqida to'la ma'lumot olish uchun ularning spektrlarida energiyaning taqsimlanish xususiyatini bilish kerak.

Biroq bunday ma'lumotni spektrofotometrik yo'l bilan faqat bir guruh yorug' yulduzlar uchungina qo'lga kiritish mumkin. Xira yulduzlar uchun asosiy informatsiya manbai ularning yulduz kattaliklarini aniqlashga imkon beruvchi yorug'lik oqimlaridir. Bunday yulduzlar spektrlarining turli qismlariga tegishli yorug'lik oqimini svetofiltrlar yordamida o'lchab, ularning spektrlarida energiyaning taqsimlanishi haqida ma'lumotga ega bo'lish mumkin. Bunday usulga asoslanib, yulduz kattaliklarining qiymati turli sistemalar uchun belgilanadi. Yulduzlarning oddiy ko'z bilan yoxud vizual fotometrlar yordamida aniqlangan yulduz kattaliklari ularning *vizual kattaliklari* (*m* yoki m_v) deyiladi.

Sensibilizatsiya qilinmagan fotografik emulsiyaga tushirilgan yulduzlar tasvirining fotometrik o'lchash asosida aniqlangan yulduz kattaliklari fotografik yulduz kattaliklari (m_{pg}) deyiladi. Maxsus sariq filtr yordamida ortoxromatik (sezgirligi 6500 Å° gacha orttirilgan) fotoplastinkaga tushirilgan yulduzlar tasvirining fotometrik yo'l bilan aniqlangan yulduz kattaliklari – fotovizual yulduz kattaliklari (m_{pv}) deyiladi. Sensibilizatsiya qilingan fotomaterialning sariq filtr orqali tushirilgan nurga sezgirligi ko'zning spektral sezgirligiga yaqin bo'lganidan yulduzning fotovizual kattaligi, vizual yulduz kattaligiga juda yaqin bo'ladi.

Ayni paytda yulduz spektrining ma'lum uchastkalaridagi nurlanish oqimini, maxsus tanlangan svetofiltrlarni qo'llab, fotografik yoki fotoelektrik fotometriya asosida o'lchash orqali aniqlangan xalqaro yulduz kattaliklarining *U, B, V* sistemasi keng qo'llaniladi.

Savol va topshiriqlar

1. Astrofizikaning predmeti, uning maqsad va vazifalari haqida so'zlab bering.
2. Qanday astrofizik metodlarni bilasiz?
3. Keng to'lqinli astronomiya deganda nimani tushunasiz?
4. Yer atmosferasi qanday nurlar uchun shaffof hisoblanadi?
5. Astrofotometriya nimani o'rganadi?
6. Yoritgichlarning ko'rinma yulduz kattaliklari va yoritilganliklari orasida qanday bog'lanish bor?
7. Pogson formulasini yozing.

4-§. Absolyut qora jismning nurlanishi. Nurlanish qonunlari

Ma'lumki, har qanday qizdirilgan jism elektromagnit nurlanish manbai bo'lib, o'zidan nur chiqaradi. Issiqlik nurlanishi deyiluvchi bunday nurlanishning chastotasi, jismning temperaturasi ortishi bilan ortib borib, taxminan 1000°K ga qadar jism infraqizil va radiodiapazonda, so'ngra unga ko'zga ko'rinadigan diapazondagi (qizil rangli nurdan-binafsha ranggacha) nurlanish, qizdirish yana davom ettirilganda esa, ultrabinafsha va yanada qisqa diapazonga tegishli nurlanishlar qo'shiladi.

Ma'lum temperaturagacha qizdirilgan jism, odatda, uning rangini belgilovchi aniq diapazonda kuchli nurlanadi. Masalan, 2000°K gacha cho'g'lantirilgan jism qizil diapazonda, 6000°K gacha qizdirilgan jism sariq diapazonda kuchli nurlanadi va hokazo. Biroq shuni aytish kerakki, ma'lum temperaturagacha qizdirilib cho'g'lantirilgan jism spektrida energiyaning taqsimlanishi, umumiy holda faqat uning temperaturasigagina bog'liq emas, balki kimyoviy tarkibi va fizik holatiga ham bog'liq bo'ladi.

Issiqlik nurlanishi qonunlari faqat termodinamik muvozanatdagi jism uchun sodda ko'rinishga ega bo'lib, uning nurlanishi (muvozanat nurlanish) temperatura orqali aniqlanishi mumkin.

Nurlanayotgan jism termodinamik muvozanatda bo'lishi uchun u tashqi muhit bilan issiqlik o'tkazmaydigan ideal devor bilan o'ralishi lozim. Faqat shundagina bu jismni chegaralovchi hamma qismlarida temperatura bir xil qiymatga erishib, issiqlik muvozanati, ya'ni termodinamik muvozanat ro'y beradi.

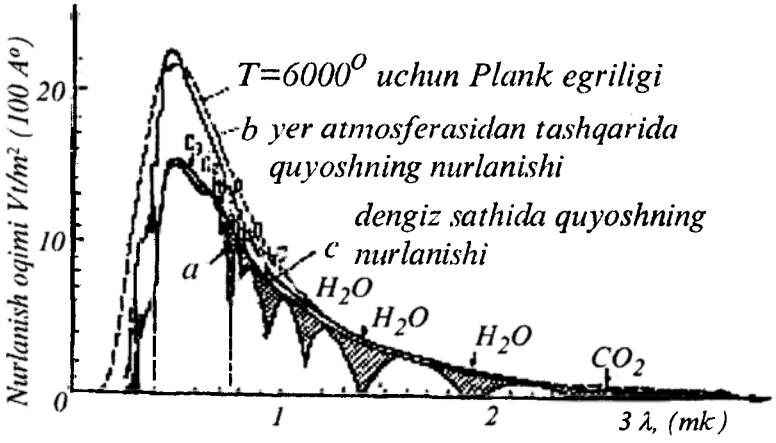
Termodinamik muvozanatdagi jism *absolyut qora jism* deyilib, uning nurlanish xususiyati, *Plankning* ushbu *formulasi* yordamida hisoblanadi:

$$\varepsilon_\lambda d\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} d\lambda$$

bu o'rinda $\varepsilon_\lambda d\lambda$ jismning 1 $=sm^2$ yuzasidan hamma tomonga spektrning λ, $\lambda + d\lambda$ intervalida nurlanayotgan yorug'lik oqimini xarakterlaydi va $erg/sm^3 s$ da o'lchanadi.

Termodinamik muvozanatdagi jism uchun hamma sirtning ravshanligi B ushbu yo'nalishda bir xil bo'lib,

$$dB = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} d\lambda$$ ifodadan topiladi.



53-rasm. Absolyut qora jism nurlanish spektrida energiyaning to'lqin uzunligi bo'yicha taqsimlanish grafigi

Absolyut qora jismning spektrida energiyaning Plank formulasida bo'ysungan taqsimlanishi (plank egriliklari), temperaturaning turli qiymatlarida turlicha bo'ladi (53-rasm).

Plank egriliklarida energiyaning maksimumiga to'g'ri kelgan to'lqin uzunligi jismning absolyut temperaturasi bilan

$$\lambda_{max} = \frac{0,290\ sm \cdot grad}{T}$$

ko'rinishda bog'lanib, u *Vinning siljish qonuni* deb yuritiladi. Bu qonunga ko'ra, absolyut qora jismning temperaturasining ortishi bilan bu jism nurlanishining maksimumi spektrning qisqa to'lqinli tomoniga siljiydi.

Absolyut qora jismning nurlanish quvvati ham uning temperaturasiga bog'liq bo'lib, bu bog'lanish *Stefan-Boltsman qonuni* deyiladi.

Bu qonunga ko'ra absolyut qora jismning har kvadrat santimetr yuzasi 1 sekundda hamma yo'nalishlar bo'ylab, barcha to'lqin uzunligida quyidagi formula bilan hisoblanadigan energiyani beradi:

$$\varepsilon = \sigma T^4$$

bu o'rinda $\sigma = 6,67 \cdot 10^{-8}\ J/m^2 \cdot s \cdot K^4$ – *Stefan-Boltsman doimiysi* deyiladi.

Plank egriligining maksimumidan qisqa to'lqin tomonga nurlanish qobiliyati $\frac{hc}{\lambda kT} >> 1$ bo'lganidan Plank formulasi quyidagicha ko'rinishni oladi:

$$\varepsilon_\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot e^{-\frac{hc}{\lambda kT}}$$

bu ifoda *Vin formulasi* deb yuritiladi.

Uzun to'lqin tomonda esa to'lqin uzunligining kattaligi tufayli $e^{\frac{hc}{\lambda kT}} \approx 1 + \frac{hc}{\lambda kT}$ bo'lib, Plank formulasi Reley-Jins formulasi deb yuritiluvchi ushbu ifodaga aylanadi:

$$\varepsilon_\lambda = \frac{2\pi c}{\lambda^4} \cdot kT$$

Binobirin, uzun to'lqinli diapazonda absolyut qora jismning nurlanishi temperatura bilan chiziqli bog'lanishda bo'ladi.

5-§. Spektral analiz asoslari. Astrofizik obyektlarning spektrlari va ularda kuzatiladigan chiziqlar

Astrofizik metodlar ichida spektral analiz, osmon jismlarining fizik tabiatini tadqiq qilish borasida alohida ahamiyat kasb etadi. O'tgan asrning o'rtalarida, yulduz va sayyoralarning fizik tabiatini spektral metod yordamida o'rganishni italiyalik astronom Sekki boshlab berdi. Astronomiyada yangi bu metodning qo'llanishi osmon jismlarining temperaturasini, kimyoviy tarkibini, magnit maydoni kuchlanganligini, harakat tezligini, masofasini va boshqa talay yoritgichga tegishli fizik parametrlarni aniqlashga imkon berib, katta yutuqlarning qo'lga kiritilishiga sabab bo'ldi.

Nurlanayotgan jismning holatiga va qanday sharoitda turganligiga ko'ra uning spektri asosan uch turli bo'lishi mumkin: 1) tutash spektri; 2) chiziqli nurlanish (emission) spektri; 3) yutilish spektri.

Kimyoviy tarkibiga bog'liq bo'lmagan holda cho'g'langan qattiq, suyuq holatdagi jismlar hamda katta bosim va yuqori temperaturadagi ionlashgan gaz tutash spektrni beradi. Bunday hollarda nurlanish barcha

to'lqin uzunligida kuzatilib, har bir to'lqin uzunligiga mos nurlanish yasagan spektrograf tirqishining uzluksiz tasviri bir-biriga tutashib, tutash spektrni beradi.

Gaz holatdagi cho'g'langan modda ayrim to'lqin uzunliklaridagina nurlanib, bu nurlar prizmadan o'tishda turli burchak ostida sinadi va natijada kamera linzasidan o'tgach, turli ranglarda tirqishning alohida-alohida zich tasvirlarini yasaydi. Qora fonda birgina yorug' chiziqlardan tashkil topgan bunday spektr, chiziqli nurlanish yoki emission spektr deyiladi.

Spektrdagi chiziqlarning to'lqin uzunliklariga ko'ra, ularni qaysi atomga tegishli ekanligini belgilash mumkin. Spektrning ko'rinadigan qismida vodorod atomining talay chiziqlarini (Balmer seriyasiga tegishli H_α-λ 6562A°, $H\beta$-λ 4861A°, H_γ-λ 4340A°, H_δ-λ 4102A°), natriy bug'ining spektrida esa, natriyning qo'shni ikki sariq chizig'ini (λ=5890A° va λ=5896A°) hamda temir bug'ining spektrida yuzlab temirning chiziqlarini ko'rish mumkin.

Agar tutash spektri beradigan yorug'lik manbaining yo'liga sovuq bug' yoki gaz modda kiritilsa, yutilish spektri hosil bo'lib, bug' yoki gazni tashkil etgan atomlar, gaz nurlangan holatida qanday to'lqin uzunliklarida nurlansa, aynan shunday to'lqin uzunliklaridagi nurlarni yutib, tutash spektrining fonida yutilish chiziqlarini hosil qiladi. Masalan, cho'g'langan natriy bug'i, yuqorida eslatilgan λ=5890A° va λ=5896A° to'lqin uzunliklarida nurlansa, tutash spektri manbai yo'liga kiritilgan natriyning bug'i xuddi shunday to'lqin uzunliklariga tegishli nurlarni yutib, tutash spektrining bu chiziqlar to'lqin uzunliklariga mos kelgan joyida ikki qo'shni qora chiziqni hosil qiladi.

Nurlanish va yutilish spektrlari tasmali (polosali) bo'lishi ham mumkin. Xususan, molekulyar birikmalarning spektri qator keng tasmalardan iborat bo'lib, bunday tasmalar, o'z navbatida, bir-biriga juda yaqin joylashgan spektral chiziqlardan tashkil topadi. Agar bunday molekulyar birikmalardan tashkil topgan gaz yuqori temperaturali va cho'g'langan holatda bo'lsa, u mazkur to'lqin uzunliklari intervalidagi nurlanish tasmalarini, aksincha, agar tutash spektri manbai yo'liga gaz buluti kiritilgan bo'lsa, o'sha to'lqin uzunliklari intervalidagi yutilish tasmalarini beradi.

Quyosh va yulduzlarning spektri yutilish spektri bo'lib, yutilish chiziqlari, tutash spektrini beruvchi ularning ichki qatlamlaridan chiqayotgan nurlanish yo'lidagi atmosferaning tashqi qatlami tomonidan hosil qilinadi. Shuning uchun ham Quyosh va yulduzlar spektrlarining

analizi ularning atmosfera qatlamlarining kimyoviy tarkibi va fizik tabiatiga doir ma'lumotlarni o'zida yaxshi aks qiladi.

Shuni unutmaslik kerakki, osmon yoritgichlaridan kelayotgan nurlar, Yer atmosferasining qatlamlaridan ham o'tadi va shu bois spektrda Yer atmosferasi atom va molekulyar birikmalariga tegishli yutilish chiziqlari paydo bo'ladi. Osmon jismlari spektrida kuzatiladigan Yer atmosferasining chiziqlari *telluriy chiziqlari* deyilib, spektrofotometriya paytida tayanch chiziqlar sifatida ishlatiladi.

Ma'lumki, sayyoralar va ular yo'ldoshlarining ko'rinishi, Quyosh nurlarining ularning sirtidan qaytishi hisobiga bo'ladi va bu nurlar sayyora sirtidan qaytishidan oldin va keyin uning atmosferasini kesib o'tadi. Shu bois sayyora va uning yo'ldoshlari spektrida Quyosh spektriga qo'shimcha uning (yoki yo'ldoshining) atmosferasiga tegishli yutilish chiziqlari ham hosil bo'ladi. Bu yutilish chiziqlarining analizi bizga sayyora atmosferasining kimyoviy tarkibi, bosimi, temperaturasi va boshqa fizik xarakteristikalari haqida ma'lumot beradi.

6-§. Astrofizik jarayonlarning nuriy tezliklarini aniqlash. Doppler effekti

Spektral analiz bergan eng katta yutuqlardan biri – harakatdagi yoritgichlarning yoki ular qismlarining, jumladan Quyosh, Oy, tumanliklar uchun nuriy tezliklarini o'lchashga imkon berishidir. Yoritgichning *nuriy tezligi* deganda yoritgichning harakat tezligi vektorining qarash chizig'i bo'yicha tashkil etuvchisi tushuniladi. Harakatdagi manbaning nuriy tezligini o'lchash usuli, Doppler tomonidan 1847-yilda aniqlangan bo'lib, unga ko'ra nurlanayotgan manbaning qarash chizig'i bo'yicha tezligi, manba spektridagi spektral chiziqlarning siljish kattaligi yordamida topiladi. Agar spektral chiziqning siljish kattaligi $\Delta\lambda = \lambda_0' - \lambda_0$ bo'lsa (bu yerda λ_0 – ma'lum spektral chiziqning haqiqiy to'lqin uzunligi, λ_0' – aynan shu chiziqning manbaning harakati tufayli o'zgargan to'lqin uzunligi),u holda manbaning nuriy tezligi ushbu formuladan topiladi:

$$\Delta\lambda = \frac{\upsilon_r}{c} \cdot \lambda_0 \quad \text{yoki} \quad \upsilon_r = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \cdot c$$

υ_r – nuriy tezligi, $s = 3 \cdot 10^8$ m/s – yorug'lik tezligini ifodalaydi. Agar υ_r – manfiy ishora bilan chiqsa, ya'ni $\lambda_0' < \lambda_0$ bo'lsa (chiziq spektrning binafsha tomoniga siljisa), manba kuzatuvchiga υ_r tezlik bilan yaqinlashayotgan, aksincha υ_r musbat ishorali bo'lsa, ya'ni $\lambda_0' > \lambda_0$ bo'lsa (chiziq spektrning qizil tomoniga siljisa), manba kuzatuvchidan uzoqlashayotgan bo'ladi.

Odatda, yoritgichining yoki uning qismlarining tezligi $\upsilon_r << s$ bo'lganida, spektral chiziqning siljishi – $\Delta\lambda$ ham juda kichik bo'ladi. Shuning uchun bunday siljishni vizual o'lchash juda murakkab bo'lib, Doppler prinsipidan, asosan spektrofotometriya ishga tushgandan so'ng foydalanish imkoni tug'ildi. Birinchi bo'lib *Doppler prinsipi* rus olimi A.A. Belopolskiy tomonidan 1900-yili Pulkovo observatoriyasida muvaffaqiyatli sinab ko'rildi. Shu tufayli ba'zan bu effekt astronomiyada, *Doppler-Belopolskiy effekti* deb ham yuritiladi. Doppler prinsipi astrofizikada juda katta rol o'ynab, yoritgichlarning (yoki ularning ayrim qismlarining) harakatini o'rganishdan tashqari, nurlanuvchi osmon jismlarining o'z o'qi atrofida yoki markaziy boshqa bir jism atrofida aylanishlarini ham aniqlashga imkon berdi. Xususan, Yerning Quyosh atrofida va o'z o'qi atrofida aylanishlarini ham Doppler prinsipi asosida oson aniqlash mumkin. Ma'lumki, Yer Quyosh atrofida o'rtacha 30 km/s tezlik bilan harakatlanib, harakat yo'nalishini fazoda o'zgartirib boradi. Natijada ma'lum vaqtda uning harakati yo'nalgan ekliptika tekisligida yotuvchi yulduzlar spektrida chiziqlar binafsha tomonga $\Delta\lambda$ kattalikka siljigan holda ko'rinib, uning kattaligi ushbu ifodadan topiladi:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{\upsilon_r}{c} = \frac{30 \cdot 10^5 sm/s}{3 \cdot 10^{10} sm/s} = 10^{-4}124$$

bu yerdan $\Delta\lambda = \lambda_0 \cdot 10^{-4}$ bo'ladi.

Bu yo'nalishga qarama-qarshi tomondagi yulduzlar spektridagi chiziqlar esa, aksincha qizil tomonga shunday kattalikda siljigan holda ko'rinadi. Quyoshning ekvatori zonasida uning aylanishi tufayli chiziqli tezligi 2 km/s bo'lib, ekvatori sharqiy va g'arbiy qismlarining spektrlarida chiziqlar siljishi, mos ravishda, ±0,035A° kattalikni beradi.

7-§. Magnit maydonida kechadigan astrofizik jarayonlar. Zeyeman effekti

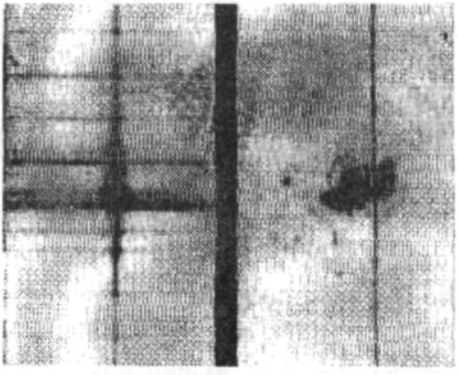
Magnit maydonida joylashgan atom tomonidan nurlanayotgan (yoki yutilayotgan) monoxromatik nur hosil qilgan spektral chiziq, o'zaro juda yaqin joylashgan bir necha tashkil etuvchilarga parchalanadi. Bunday effekt uning ixtirochisi nomi bilan *Zeeman effekti* deb yuritiladi.

Agar magnit maydonning kuch chiziqlari qarash chizig'i bo'yicha yo'nalgan bo'lsa, eng sodda holda, spektral chiziq ikkiga parchalanadi (dublet) va har bir tashkil etuvchisi bir-biriga qarama-qarshi yo'nalishda aylanma qutblangan bo'ladi. Bordiyu, maydonning kuch chiziqlari qarash chizig'iga tik yo'nalsa, u holda spektral chiziq uchta tashkil etuvchiga parchalanib, chiziqli qutblangan bo'ladi va bunda markaziy tashkil etuvchi π ning intensivligi, ikki chekka komponent (σ^+ va σ^-) larning intensivligidan ikki barobar ortiq bo'ladi (54-rasm).

Spektral chiziqning parchalangan tashkil etuvchilari oralig'idagi masofa ($\Delta\lambda$ – to'lqin uzunliklari farqida) magnit maydoni kuchlanganligiga proporsional bo'lib, quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$\Delta\lambda = 4{,}67 \cdot 10^{-5} f H \lambda^2;$$

bu o'rinda λ va $\Delta\lambda$ lar santimetrda, H esa erstedlarda ifodalanadi. f – Lande faktori deyilib, spektral chiziqni hosil qiluvchi atom energetik sathlarning fizik holatlari bilan bog'liq bo'ladi.



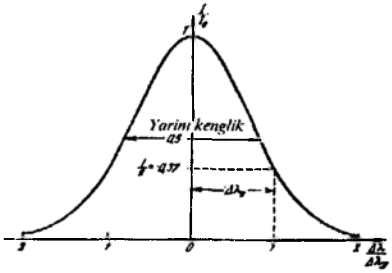
54-rasm. Quyosh dog'larida Zeeman effektining kuzatilishi (spektrograf tirqishining Quyosh dog'iga nisbatan joylashishi o'ng tomonda qora chiziq bilan ko'rsatilgan)

8-§. Yoritgichlarning temperaturalarini aniqlash usullari

Yoritgichning temperaturasi, uning tabiatini xarakterlovchi fizik parametr bo'lib, buni aniqlash murakkab astrofizik masalalardan hisoblanadi. Sababi birinchidan, astronomlar yoritgichlar temperaturasini bevosita termometr bilan o'lchash imkoniyatidan marhumliklaridan bo'lsa, ikkinchidan, mavjud metodlarning murakkabligida hamda ayrimlari aniqlik darajasining pastligidadir. Temperaturani aniqlashning ayrim metodlari bilan tanishamiz.

1. *Spektral chiziqlarning kengligiga ko'ra temperaturani aniqlash.* Ma'lumki, ixtiyoriy spektral chiziqda, bunday chiziqni vujudga keltiradigan atomlarning issiqlik harakati tufayli Dopplercha kengayish ro'y beradi. Ma'lum momentda, nurlanuvchi bunday atomlarning bir qismi tartibsiz issiqlik harakati tufayli bizdan turli tezliklar bilan uzoqlashayotganda, qariyb shuncha qismi bizga yaqinlashayotgan bo'ladi. Natijada 55-rasmda tasvirlangan shakldagi simmetrik kengaygan spektral chiziq vujudga keladi va u mazkur spektral chiziqning profili deyiladi.

Maksvelning tezliklar taqsimot qonuniga ko'ra, qarash chizig'i bo'yicha turli tezliklarga ega bo'lgan zarrachalarning soni, $|\upsilon|$ ning ortishi bilan $\exp\left(-\frac{\upsilon_2}{\upsilon_1}\right)^2$ ga bog'liq ravishda kamayadi. Bunday kamayish, $\upsilon_1 > 0$ bo'lganda, atom nurlanish chizig'ining qizil (to'lqin uzunligi katta) qanotiga, $\upsilon_2 < 0$ bo'lganda esa binafsha qanotiga to'g'ri keladi. Bu yerda υ^* – eng katta *ehtimoliy tezlikni* ifodalab, u quyidagi ifodadan topiladi:



55-rasm. Spektral chiziqning Dopplercha kengligi

$$\upsilon^* = \sqrt{\frac{2kT}{m}} \qquad (1)$$

Agar plazma, qaralayotgan spektral chiziq to'lqin uzunligidagi nurlanish uchun tiniq bo'lsa, u holda bu chiziq profilining har bir nuqtasiga to'g'ri kelgan intensivlik υ_2 ning qiymatlariga mos atomlarning soniga proporsional bo'lib, spektral chiziqning profili

atomlarning tezliklar taqsimoti qonunini qaytaradi. Binobarin, spektral chiziqning chegarasida intensivlikning o'zgarishi quyidagi ifoda ko'rinishini oladi:

$$I = I_0 \cdot \exp\left(-\frac{\upsilon_2}{\upsilon_1}\right)^2 \qquad (2)$$

Tezliklar taqsimoti qonuniga ko'ra, $\upsilon_2 = \upsilon^*$ bo'lgan atomlarning soni, $\upsilon_2 = 0$ zarralarning sonidan e marta kam. Bu atomlar spektral chiziqning profilida markaziy I_0 intensivlikdan e marta kam (ya'ni $I = \frac{I_0}{e}$) I intensivlikka ega bo'lgan nuqtadagi nurlanishni beradi va bu nuqtalar orasidagi masofaning yarmi – spektral chiziqning Doppler kengligi $\Delta\lambda_D$ deb yuritiladi. $\lambda_0+\Delta\lambda_D$ (yoki $\lambda_0 - \Delta\lambda_D$) to'lqin uzunligida nurlanuvchi atomlar eng katta ehtimoliy tezlikda υ^* harakatlanganliklaridan:

$$\frac{\Delta\lambda_D}{\lambda_0} = \frac{\upsilon^*}{c} \qquad (3)$$

u holda (1) ko'ra:

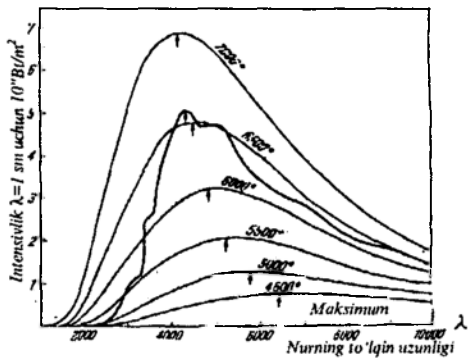
$$\Delta\lambda_D = \lambda_0\sqrt{\frac{2kT}{m}} \qquad (4)$$

bu yerdan

$$T = \frac{mc^2}{2k}\left(\frac{\Delta\lambda_D}{\lambda_0}\right)^2 \qquad (5)$$

Kuzatishlar yordamida spektral chiziqning dopplercha kengligi aniqlangach, nurlanuvchi atomlar faqat issiqlik harakatida ishtirok qiladi deb qarab, (5) formula yordamida chiziqli spektr berayotgan yoritgichning *kinetik temperaturasini* aniqlash mumkin. Biroq aslida spektral chiziqning profili 55-rasmda keltirilganidan farq qilib, aksincha murakkab tus oladi va yoritgich temperaturasini aniqlashni murakkablashtiradi.

2. Absolyut qora jism qonuniyatlari asosida yoritgichlarning temperaturasini aniqlash. Garchi absolyut qora jism qonuniyatlari yoritgichlarning temperaturasini aniqlashning bir necha xil metodlarini



56-rasm. Quyosh spektrida energiyaning taqsimlanishi (to'q chiziq)

bersa-da, aslida yoritgichlarning spektrida energiyaning taqsimlanishi plank egriligidan farq qilganligi tufayli aniqlangan temperaturaning qiymatlari katta xatolikka ega bo'ladi. Yulduzlar atmosferasining faqat qatlamlaridagina termodinamik muvozanat ro'y berib, eslatilgan qonunlarni muvaffaqiyat bilan qo'llash mumkin. Biroq bunday nurlanish, yulduz atmosferasi tashqi qatlami bilan kuchli yutiladi va biz termodinamik muvozanatdan keskin farqlanuvchi tashqi qatlamning nurlanishini qayd qilamiz. Shu bois bunday nurlanish spektrida energiyaning taqsimoti, plank egriligidan keskin farq qilib temperaturani aniq belgilashga imkon bermaydi. Shunga qaramay, har doim ma'lum yulduz spektrida energiyaning taqsimlanish egriligiga o'xshash shunday plank egriligini tanlash mumkinki, natijada tanlangan bu yulduz nurlanishiga ma'lum shartlar yordamida Plank, Stefan-Boltsman va Vinning qonunlarini qo'llashning imkoni tug'iladi.

56-rasmda turli temperaturadagi termodinamik muvozanatga ega jismlarning Plank egriliklari bilan birga kuzatishlardan olingan Quyosh markaziga tegishli spektrda energiya taqsimlanishi egriligi (to'q chiziqda) ham keltirilgan. Agar bu egrilik uchun Vinning siljish qonunini qo'llasak, $\lambda_{max} \approx 4300$ A° bo'lganidan:

$$T = \frac{0,29 grad \cdot sm}{0,43 \cdot 10^{-4} sm} \approx 6750^{\circ} K$$

$$T_{eff} = \sqrt[4]{\frac{6,28 \cdot 10^{10} erg/sm^2 \cdot sek}{5,67 \cdot 10^{-5} erg/sm^2 \cdot sek \cdot grad^4}} = 5770^{\circ} K$$

Demak, yoritgichning *effektiv temperaturasi* deb shunday absolyut qora jism temperaturasiga aytiladiki, uning har 1 sm^2 yuzasi chiqaradigan to'la energiyasi mazkur jismning 1 sm^2 yuzasi chiqaradigan to'la energiyaga teng bo'ladi. Shuningdek, plank egriliklari yoritgichlarning *ravshanlik* va *rang temperaturalarini* aniqlashga ham imkon beradi. Yoritgichning rang temperaturasi deb shunday absolyut qora jismning temperaturasiga aytiladiki, ma'lum to'lqin uzunligida uning har kvadrat santimetri chiqaradigan nurlanish energiyasi mazkur yoritgichning har kvadrat santimetridan o'sha to'lqin uzunligida nurlanadigan energiyasiga teng bo'ladi.

3. Yulduzlarning turli sistemalarda olingan yulduz kattaliklari yulduzlarning temperaturasini aniqlashda muvaffaqiyat bilan qo'llaniladi. Gap shundaki, Plank qonuni yulduzlar nurlanishi uchun uncha mos kelmaydi, shuning uchun ham yulduzlarning temperaturasini aniqlashda Vinning qonuni aniq natija bera olmaydi. Yulduzlarning rangi esa, ularning temperaturasi bilan bevosita bog'lanishda bo'lib, rang deganda nurlanishning maksimumga to'g'ri kelgan to'lqin uzunligi emas, balki yulduz rangining *rang ko'rsatkichi* deb ataluvchi obyektiv xarakteristikasi tushuniladi. Rang ko'rsatgichi, haqidagi ma'lumotni yulduz spektrining turli qismlaridagi nurlanish energiyasini solishtirish orqali olish mumkin. Odatda, rang ko'rsatgichi qilib yulduzning fotografik va fotovizual yulduz kattaliklarining farqi:

$$CI = m_{pg} - m_{pv}$$

olinadi. *U, B, V* sistemada esa, asosiy rang ko'rsatgichi sifatida $CI = B-V$ va ultrabinafsha rang ko'rsatgichlari sifatida esa ushbu $CI = U-B$ ifodadan foydalaniladi.

Yulduzlarning rang ko'rsatgichi va yulduzning to'la nurlanishini xarakterlaydigan *effektiv temperaturasi* orasidagi bog'lanish belgilanib, so'ngra shu asosda yulduzlarning bunday temperaturasini oson aniqlash mumkin. Rang ko'rsatgichi uchun nol-punkt qabul qilingan bo'lib, u shartli ravishda *A0* spektral sinfdagi yulduzlar uchun asosiy rang ko'rsatgichi *(B–V)* nulga teng deb olingan. Spektral sinflari *A* sinfdan oldin turadigan qaynoq yulduzlar uchun u manfiy ishorali, keyin turadiganlari uchun esa musbat ishorali bo'ladi.

Quyosh markazining spektri, nurlanish energiyasi egriligining turli temperaturaga mos plank egriliklarini kesib o'tishidan ko'rinishicha,

Quyoshning ravshanlik temperaturasi turli to'lqin uzunligida turlicha bo'ladi (55-rasmda λ_{max} dan chap tomonga e'tibor qiling).

Yoritgichning *ravshanlik temperaturalarini* aniqlash ancha murakkab jarayon bo'lib, nurlanishning ma'lum to'lqin uzunligidagi intensivligini absolyut birliklarda ifodalashga to'g'ri keladi. Lekin optik diapazonda sirtqi-bevosita ko'rib bo'lmaydigan ba'zi sayyoralar yoki ayrim radioobyektlarni radiodiapazonda ravshanlik temperaturalarini o'lchash, ya'ni ularning sirt temperaturasini taxminiy belgilash uchun bu usul birdan-bir qulay usul hisoblanadi.

Absolyut qora jism sirtining ayrim uchastkasida energiyaning nisbiy taqsimlanishi, yoritgichning shunday uchastkasidagi energiyaning nisbiy taqsimlanishi kabi bo'lsa, u holda absolyut qora jismning temperaturasi mazkur yoritgichning *rang temperaturasi* deyiladi.

Quyosh spektrining 5000-6000A° uchastkasida energiyaning nisbiy taqsimlanishi 7000°K li plank egriligining shu uchastkasidagi taqsimlanishiga mosligidan (56-rasmga qarang), bu uchastka uchun Quyoshning rang temperaturasi 7000^0 deb olinadi.

Xulosa qilib aytganda, turli miqdorlar asosida aniqlangan Quyosh temperaturasining turlicha chiqishi, uning atmosferasini turli qatlamlariga temperaturaning turli qiymatlari mos kelishini hamda uning tashqi qatlamlari nurlanishi absolyut qora jism nurlanishidan farq qilib, Plank, Stefan-Boltsman va Vinning qonunlari, temperaturani taxminiy aniqlash uchun imkon berishini ma'lum qiladi.

Savol va topshiriqlar

1. Absolyut qora jismning nurlanish qonunlari haqida nimalar bilasiz?
2. Plank formulasi, Stefan-Boltsman qonuni va Vinning qonunlarini yozing.
3. Spektral analiz yoritgichlarning fizik parametrlaridan qaysilarini aniqlashga imkon beradi?
4. Doppler prinsipi orqali yoritgichlarning nuriy tezligi qanday topiladi?
5. Zeeman effekti yordamida yoritichlarga tegishli qaysi fizik parametr aniqlanadi?
6. Yoritgichlarning spektrida energiyaning taqsimlanishiga ko'ra ularning temperaturasi qanday topiladi?

9-§. Astrofizik instrumentlar. Teleskoplar va ularning vazifalari

Teleskoplar – astrofizik tadqiqotlar qilishda astronomlarning asosiy quroli bo'lib xizmat qiladi. Birinchi teleskop 1609-yili italyan olimi Galiley tomonidan ishga tushirilib, olim o'z instrumenti yordamida birdaniga bir nechta kashfiyot qildi. Xususan u Oyning relyefi Yernikiga o'xshashligi, Yupiter atrofidagi 4 yo'ldoshining mavjudligi, Veneraning fazalari, Quyoshning dog'i va Somon yo'lini yulduzlar tashkil qilganligini aniqladi. Bu kashfiyotlar teleskopning osmon jismlarining tabiatini o'rganishda juda katta imkoniyatlari mavjudligini ma'lum qilib, astronomiyada yangi davrning ochilishidan darak berdi. Teleskopning ixtiro qilinishi astrofizikada muhim voqea bo'lib, u olam tuzilishi haqida ilmiy dunyoqarashning shakllanishida katta rol o'ynadi.

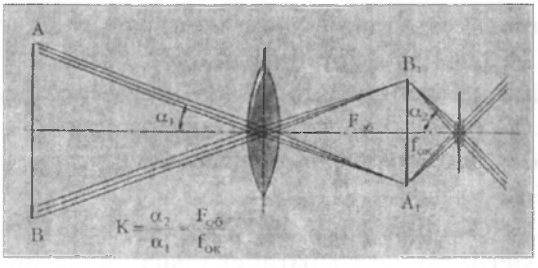
Teleskoplarning imkoniyatlari juda katta bo'lib, quyidagi asosiy vazifalarni bajara olishi mumkinligini ko'rsatdi:

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

2) obyektivning fokal tekisligida kuzatilayotgan yoritgichning yoki boshqa osmon obyektlarining tasvirini qayd qilish;

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

Teleskopning asosiy qismi *obyektiv* deyilib, u qavariq linzadan yoki botiq sferik ko'zgudan yasaladi. Obyektiv yoritgichdan turli yo'nalishda kelayotgan nurlarni yig'ib, fokal tekisligida uning tasvirini yasaydi. Agar nurni qayd qilish ko'z yordamida bajariladigan bo'lsa, u holda obyektiv tomonidan yasalgan tasvirga qarash uchun okulyar zarur bo'ladi.



57-rasm. Refraktor teleskopida nurning yo'li

Teleskoplar, obyektivining turiga ko'ra, ikkiga – *refraktor* va *reflektor*ga bo'linadi. Refraktorda obyektiv sifatida *qavariq linza*, reflektorda esa *botiq sferik ko'zgu* ishlatiladi.

57-rasmda oddiy refraktorda nurning yo'li tasvirlangan. 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 kattalashtiruvchi linza – okulyar yordamida qarab, kuzatilayotgan osmon jismining (sayyora, Oy yoki Quyosh) burchak o'lchamining kattalashganini va ravshanlashganini ko'ramiz. Binobarin, teleskop bizga qaralayotgan osmon jismini ham ravshanlashtirib, ham kattalashtirib berayotganiga guvoh bo'lamiz. Yasalgan tasvirning ravshanlashishi, teleskop obyektivining diametriga va fokus masofasiga $\left(\frac{D}{F}\right)$ bog'liq bo'lgani holda uni kattalashtirishi obyektiv va okulyarning fokus masofalariga bog'liq bo'ladi. Tasvir fotoplastinkada yohud fotoelektrik yo'l bilan qayd qilinadigan bo'lsa, okulyar kerak bo'lmay, fotoplastinka yoki elektrofotometrning kiritish diafragmasi bevosita teleskopning fokal tekisligida joylashtiriladi.

Birinchi refraktor rusumli teleskop astronomik maqsadlarda G. Galiley tomonidan 1610-yilda ishga tushirildi. Refraktorning obyektividan nur sinib o'tganligi tufayli uning fokal tekisligida nuqtali obyektning tasviri nuqta o'rniga, rangli konsentrik halqalar ko'rinishida bo'ladi. Bu hodisa *xromatik aberratsiya* deyilib, turli to'lqin uzunlikdagi nurlar uchun linza, turlicha nur sindirish koeffitsiyentiga ega ekanligidan sodir bo'ladi. Bunday teleskoplarda xromatik aberratsiya, turli nur sindirish ko'rsatgichiga ega bo'lgan ikki xil shishadan tayyorlangan maxsus linza – obyektiv-*axromat* yordamida ma'lum darajada kamaytiriladi. Ma'lum nurning sirtdan qaytish qonunlari uning to'lqin uzunligiga bog'liq bo'lmaydi. Shuning uchun ham xromatik aberratsiyani kamaytirish maqsadida linzali obyektiv qaytaruvchi sferik ko'zgu bilan almashtirildi. Sferik ko'zguli birinchi teleskop-reflektor taniqli ingliz fizigi I. Nyuton tomonidan ishga tushirildi.

Bu xildagi teleskoplarning ham o'ziga yarasha kamchiligi bo'lib, yoritgichdan sferik ko'zguga parallel tushayotgan nurlar odatda bir nuqtada (obyektiv fokusida) yig'ilmay, chaplangan dog'cha shaklidagi

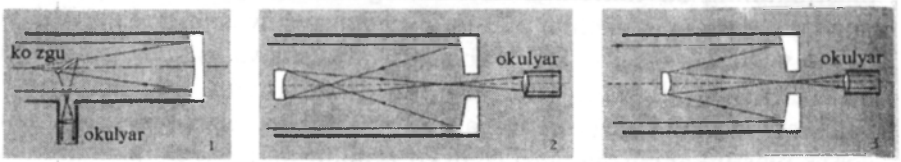
tasvirni hosil qiladi. Sferik ko'zgudan qaytayotgan nurning nuqtaviy tasvir hosil qilmay bunday buzilishi *sferik aberratsiya* deb yuritiladi. Agar ko'zguga aylanma paraboloid sirt berilsa, u holda sferik aberratsiya yo'qolib, tasvir nuqtaviy ko'rinish olardi. Shuning uchun hozirgi teleskoplarning obyektivlari paraboloidal formada yasaladi.

10-§. Reflektorning asosiy turlari

Reflektorlar, kuzatish maqsadlariga ko'ra, bir necha turdagi sistemalarda ishlatilishi mumkin. Bevosita obyektivining fokusida kuzatish mo'ljallangan teleskop – *to'g'ri fokusli reflektor* deyiladi.

Obyektivining fokusidan oldin bosh optik o'qqa burchak ostida qo'yilgan yassi ko'zgu yordamida fokusni trubadan yon tomonga chiqarilgan teleskop *Nyuton fokusli yoki sistemali* reflektor deyiladi (58-rasm, 1). Bunday teleskop fokusidan keyin o'rnatilgan botiq sferik ko'zgu yordamida teleskop bosh ko'zgusining (obyektivining) markaziy teshigi orqali fokusi tashqariga chiqarilgan sistema *Gregori sistemali* reflektor deyiladi (58-rasm, 2). Va nihoyat, bosh ko'zgu fokusidan oldin o'rnatilgan qavariq ko'zgu yordamida, sistema fokusi obyektiv markazi teshigidan tashqariga chiqarilgan sistema *Kossegren sistemali* reflektor deyiladi (58-rasm, 3). Garchi bunday sistemalarda nurning qo'shimcha ko'zgulardan qaytishi hisobiga anchayin nur yo'qolsa-da, teleskopning ba'zi predmetlarini (kattalashtirish, ajrata olish kuchi) maqsadga moslab o'zgartirilishi va qo'shimcha qayd qiluvchi asboblar biriktirilishining qulaylashtirishi bilan katta ahamiyat kasb etadi.

Astrofizik tadqiqotlarda yoritgichdan kelayotgan nurdan maksimal foydalanish juda muhim. Biroq refraktorlar linzasining shisha materiali nurni kuchli yutib, (ayniqsa, ultrabinafsha sohasida) ko'zgu, fotografik emulsiya yohud fotoelektrik qayd qilgichga tushayotgan nurni keskin chegaralaydi.



58-rasm. Teleskopik sistemalar:
1. Nyuton sistemasi. 2. Gregori sistemasi. 3. Kassegren sistemasi.

Shuningdek, fotomateriallar va fotoelektrik qayd qilgich asboblarning sezgirlik chegarasi ko'znikiga nisbatan keng bo'lganidan ularda xromatik aberratsiyaning ta'siri ham katta bo'ladi. Shu bois astrofizik maqsaddagi kuzatishlarda refraktorlar o'rniga reflektor keng qo'llaniladi.

Astrometriyada hozirga qadar ham refraktorlar qulay instrument hisoblanadi. Buning sababi, reflektorlarning uning aylanish o'qlari atrofida kichik burilishlarga ham juda sezgirligidadir. Agar reflektor ko'zgusiga tushayotgan nur ma'lum $\Delta\alpha$ burchakka og'sa, undan qaytayotgan nurning yo'nalishi $2\Delta\alpha$ burchakka og'adi va bu, fotoplastinkada obyekt tasvirining sezilarli siljishiga olib keladi. Refraktorda nurning bunday kattalikdagi burchakka ($\Delta\alpha$) beixtiyor burilishi, fotoplastinkada tasvirni nisbatan juda kichik miqdorgagina siljishiga sabab bo'ladi. Bu esa asosiy maqsadi yoritgichlar o'rnini aniq o'lchashdan iborat bo'lgan astrometriya uchun juda muhimdir. Shuning uchun ham refraktorlar astrometriyaning asosiy instrumentlaridan hisoblanadi.

Ko'zguli teleskoplarda tasvir bosh ko'zguning optik o'qi yaqinidan qaytgan nurlarda juda tiniq chiqib, bosh optik o'qdan uzoqdan qaytgan nurlarda buzila boshlaydi (o'qdan tashqari aberratsiya tufayli). Shu bois reflektorlar yordamida osmonning taxminan $5^0 \times 5^0$ dan katta maydonini rasmga olish maqsadga muvofiq bo'lmaydi. Buning uchun maxsus ko'zguli-linzali teleskoplardan foydalanishga to'g'ri keladi.

11-§. Ko'zguli-linzali teleskoplar

1. Sferik aberratsiyadan xoli teleskoplarni yasash ustidagi izlanishlar ko'zguli-linzali teleskoplarning yaratilishiga sabab bo'ldi. Bunday turdagi birinchi teleskop 1930-yilda taklif qilingan bo'lib, u *Shmidt sistemasi* deb yuritiladi. Shmidt sistemasi bosh ko'zgudan va uning egrilik radiusi markaziga o'rnatilgan shisha plastinkadan tashkil topgan bo'lib, shisha plastinkaning bir tomoniga shunday egrilik berilganki, natijada uning markaziy qismi yig'uvchi linza, gardishi esa sochuvchi linza kabi ishlaydi. Bunday sistema tasvirni sferik aberratsiya, koma va astigmatizmdan xoli bo'lishini ta'minlashi bilan muhim hisoblanadi. Odatda, bunday sistemada buzilmagan (vinetirovaniyesiz) katta ko'rish maydoniga erishish uchun plastinkaning diametri D_1 ni ko'zguning diametri D_2 nikidan kichik qilinib, teleskopning o'lchami $\frac{D_1}{D_2}$ nisbat ko'rinishida beriladi.

Sobiq Ittifoqda Shmidt sistemasidagi birinchi teleskop Engelgardt (Estoniya) observatoriyasida 1938-yilda ishga tushirildi.

2. Reflektorlarning *ko'zguli – meniskli sistemasi.* U pulkovolik astronom D.D. Maksutov tomonidan 1941–1944-yillarda kashf etilgan bo'lib, sferik bosh ko'zgudan va uning fokal tekisligidan oldin o'rnatilgan, optik kuchi taxminan nulga teng bo'lgan sferik linzali meniskdan (botiq ko'zgudan) tashkil topgan (59-rasm). Bunday sistemada optik kamchiliklarning barcha turi (sferik va xromatik aberratsiya, koma, astigmatizm) yo'qotilganligi bilan boshqa sistemalardan afzal hisoblanadi.

Minskli reflektorlar, axromatik obyektivlarga nisbatan qariyb ming marta kam xromatik aberratsiyaga ega bo'lib, oddiy shisha-krodedan qilinganligi bilan qulay. Meniskli sistemadagi teleskoplar uzun truba, hashamatli minora (kupol) talab qilmasligi, binobarin, kam xarajatliligi bilan ham katta ahamiyat kasb etadi. Meniskli teleskoplarning o'lchami ham Shmidt sistemasiniki kabi $\frac{D_1}{D_2}$ ko'rinishda yozilib, D_1– meniskning diametrini, D_2– esa bosh ko'zguning diametrini xarakterlaydi. Birinchi yirik meniskli teleskop 50/67 sm Olma-ota obsevatoriyasida, keyinroq, undan kattarog'i 70/100 sm li Abastuman observatoriyasida ishga tushirildi. Kichik o'lchamdagi meniskli teleskoplar ta'lim maktablari uchun chiqariladi.

12-§. Teleskoplarning asosiy xarakteristikalari

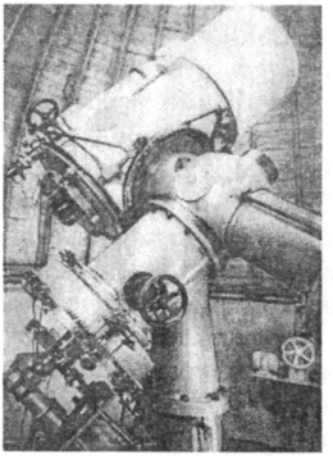
Teleskopning xususiyatini xarakterlovchi asosiy parametrlar uning obyektivining diametri D va fokus oralig'i F bo'lib, obyektiv yig'adigan yorug'lik oqimi:

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

bu o'rinda E obyektivning yoritilganligini, S yuzasini, R esa uning radiusini xarakterlaydi.

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

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



59-rasm. Maksutovning ko'zguli-meniskli sistemasi

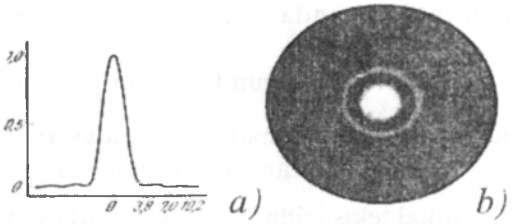
bo'lib, nisbiy teshikning kvadratiga proporsional bo'ladi. Biroq teleskopning nisbiy teshigini istalgancha katta qilish, o'qdan tashqari aberratsiyaning vujudga kelishiga xalaqit qiladi. Shuning uchun ham reflektorda nisbiy teshikni 0,33 gacha, ko'zguli-linzali teleskoplarda esa 1 gachagina olish mumkin.

Vizual teleskoplarning asosiy xarakteristikasi teleskopni *kattalashtirish* bo'lib u, obyektiv F fokus oralig'ining f okulyar fokus oralig'iga nisbati bilan topiladi:

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

bu o'rinda α – osmon obyektining oddiy ko'z bilan qaralgandagi ko'rinish burchagini, β – teleskopning okulyari orqali qaralganda uning ko'rinish burchagini xarakterlaydi. Ma'lum bir obyektivli teleskopda jismni kattalashtirish, tanlangan okulyarning fokus oralig'iga bog'liq bo'lib, u oraliq qancha kichik bo'lsa shuncha katta kattalashtirishga erishiladi. Biroq bu ma'lum obyektiv uchun istalgancha kichik fokus oraliqli okulyarni qo'llab, teleskopda xohlagancha kattalashtirishga erishish mumkin ekan degan xulosani bermasligi kerak. Chunki kattalashtirish ortgani sayin, teleskopda ko'rish maydonining o'lchami kichrayib boradi. Masalan, 30 marta kattalashtiruvchi teleskopda, diametrining yoy o'lchami – 32′ bo'lgan Oy butunlay ko'rinsa, 300 marta kattalashtiruvchi teleskopda uning ko'rish maydoni Oy sirtining faqat bir qisminigina (anchayin mayda detallari bilan, albatta) sig'dira oladi. Shu tufayli ma'lum bir teleskopda maksimal foydali kattalashtirishga erishish uchun fokus oraliqlari aniq qiymat bilan chegaralangan okulyardan foydalaniladi. Normal teleskoplarning maksimal foydali kattalashtirishi millimetrlarda hisoblangan obyektiv diametridan taxminan ikki marta katta bo'ladi.

Teleskopni xarakterlovchi yana bir muhim parametr – uning burchagiy *ajrataolish kuchi* deyilib, tasvirning sifatini xarakterlaydi. Garchi bir qarashda, go'yo teleskop qancha ko'p kattalashtirsa, tasvirda kuzatilayotgan obyektning shuncha mayda detallarini ko'rish mumkindek



60-rasm. Nuqtaviy manba ravshanligining taqsimlanishi

tuyulsa-da, aslida diffraksiya hodisasi tufayli eng sifatli obyektiv ham nuqtaviy obyektning tasvirini nuqta ko'rinishida yasay olmaydi.

Teleskopning fokal tekisligida nuqtaviy tasvir o'rniga difraksion halqalar bilan o'ralgan dumaloq dog'cha vujudga keladi (60-rasm: *a*-tasvirning konturi; *b*-obyektning tasviri), bu dumaloq dog'chaning burchak diametri

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

ifoda bilan radianda o'lchanadi; bu yerda D – obyektivning diametrini, λ esa yorug'likning to'lqin uzunligini xarakterlaydi.

Agar teleskopda nurlanishni qayd qiluvchi (priyomnik) vazifani ko'z bajarayotgan bo'lsa, uning *ajrata olish kuchini* topish uchun λ o'rniga ko'zning spektral sezgirligining maksimumiga to'g'ri kelgan nurlanishning to'lqin uzunligi (λ=5500A°) olinadi. Bordiyu nurlanish, fotografik yoki fotoelektrik yo'l bilan qayd qilinayotgan bo'lsa, λ uchun mos ravishda, fotografik emulsiyaning yoki fotokuchaytirgich katodining spektral sezgirliklari maksimumiga to'g'ri kelgan nurlanishlarning to'lqin uzunliklaridan foydalaniladi. Lekin shuni ham aytish kerakki, yuqoridagi ifodadan topilgan δ ning qiymati teleskopning *nazariy ajrata olish kuchi* deyilib, amalda esa teleskopning ajrata olish kuchi obyektdan kelayotgan nur yo'nalishidagi Yer atmosferasi qatlamlarining to'lqinlanishi vujudga keltiradigan tasvir tebranishining titrash darajasini belgilaydi. Titrash darajasi joyning astroiqlim sharoitlari teleskop minorasining kattaligi hamda konstruksiyasi va boshqa omillarga bog'liq bo'ladi.

Teleskopda yasalgan tasvirning masshtabi. Ma'lum obyektning yoki osmon uchastkasining teleskop obyektivining fokal tekisligida rasmga tushirilganda, tasvirning masshtabini aniqlash muhim hisoblanadi.

Tasvirning masshtabi deganda unda uzunlik birligiga (mm) to'g'ri keladigan yoy kattaligi (yoy sekundi, minuti yoki gradusi), ya'ni $\frac{\alpha}{l}$ tushunilib, u quyidagicha aniqlanadi. Bir-biridan α burchak masofada joylashgan S_1 va S_2 yulduzlardan kelayotgan nurlar O – obyektivdan o'tgach, uning F – fokal tekisligida S_1' va S_2' tasvirlarni yasaydi (61-rasm). Bu tasvirlar orasidagi chiziqli masofa l deyilsa, u holda

$$l = 2F \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$$

bo'ladi, bu o'rinda F – obyektivning fokus oralig'i. Odatda α juda kichik burchak bo'lganidan α radianlarda o'lchanganda, uni

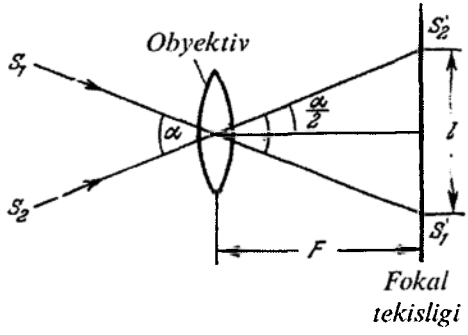
$$l = F \cdot \alpha$$

ko'rinishda, yoki α graduslarda o'lchanganda

$$l = F\frac{\alpha}{57^0 3}$$

ko'rinishda yozish mumkin. Unda tasvirning masshtabi $H = \frac{\alpha}{l} = \frac{57^0 3}{F}$ ko'rinishda topiladi.

Agar F mm larda o'lchansa, tasvirning masshtabi ham mm da o'lchanib, tasvirning masshtabi $^0/_{mm}$ (yoki $'/_{mm}$, $''/_{mm}$) larda belgilanadi.



61-rasm. Fotografik tasvirning chiziqli o'lchami

13-§. Radioteleskoplar

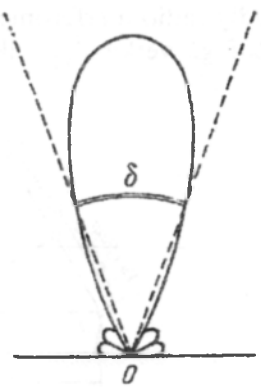
Asrimizning 30-yillariga kelib ko'plab osmon jismlari, jumladan gaz-chang tumanliklar radiodiapazonda nurlanishi ma'lum bo'ldi. Osmon jismlaridan millimetrli diapazondan to o'nlab metrgacha to'lqin uzunligida kelayotgan radionurlarni qayd qilishga mo'ljallangan teleskoplar – *radioteleskoplar* deb yuritiladi (62-rasm).

Radioteleskoplarning asosiy qismlari antenna va priyomnik bo'lib, antenna ko'pincha parabaloid shaklida ishlanadi. Antennadan qaytgan radionurlar parabaloidning fokusidan joy olgan nurlatgich (obluchatel)da yig'ilib, maxsus to'lqin uzatgich (volnovod) yordamida priyomnikka yo'naltiriladi. Signal priyomnikda kuchaytirilgach, detektorlanadi va so'ngra radiosignalni qayd qilgich maxsus asbobda (samopisetsda) yozib olinadi. Priyomnik kuchaytirgichi qanday to'lqin uzunligiga mo'ljallangan bo'lsa, obyekt o'sha monoxromatik radionurda kuzatilayotgan bo'ladi.

Radioteleskoplarning metall ko'zgusi aniqligiga talab optik teleskoplarnikiga nisbatan ancha past bo'lib (radioto'lqinlar elektromagnit to'lqinlar shkalasining eng uzun to'lqinli uchastkalariga to'g'ri kelganligi tufayli), antennaning aniq parabolik sirtdan chetlashishi, λ to'lqin uzunligida ishlayotgan radioteleskop uchun $\lambda/8$ dan katta bo'lmasligi lozim. Masalan, 1 metrli diapazonda ishlaydigan teleskoplar antennasining eslatilgan chetlanishi 12,5 santimetrgacha borishi ruxsat



62-rasm. Parabolik antennali radioteleskop



63-rasm. Radioteleskopning yo'nalganlik diagrammasi

etiladi. Bir necha metrdan o'nlab metrgacha diapazondagi radionurlarni qayd qilish uchun parabolik antennalar o'rniga ba'zan ko'p sonli antennalar qo'llaniladi.

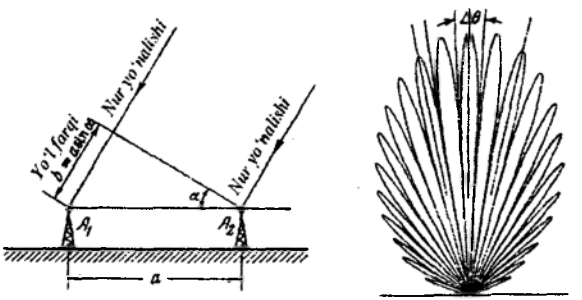
Radioteleskoplarni ajrata olish kuchini belgilash uchun *yo'nalganlik diagrammasi* deyiluvchi maxsus xarakteristikadan foydalaniladi. Yo'nalganlik diagrammasi, radioteleskopning antennaga nisbatan joylashgan radionurlanishning nuqtaviy manba holatiga ko'ra sezgirligini xarakterlaydi. Parabolik antennali radioteleskopning yo'nalganlik diagrammasi paraboloid o'qiga nisbatan simmetrik bo'ladi.

Radioteleskopning *burchagiy ajrata olish kuchi*, ya'ni teleskop alohida obyektlar sifatida qayd qila oladigan ikki obyekt orasidagi eng kichik oraliq taxminan yo'nalganlik diagrammasi markaziy «bargi»ning yarim quvvatiga to'g'ri kelgan kengligiga teng burchak bo'lib, u quyidagicha topiladi:

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

bu o'rinda λ – radioteleskop ishlayotgan radioto'lqin uzunligini, D – *a* antennaning diametrini xarakterlaydi. Radioteleskoplar ko'zgusining diametri yirik bo'lishiga qaramay, ular katta to'lqin uzunliklarida ishlaganliklari tufayli, optik teleskoplarga qaraganda, ajrata olishning quvvati bo'yicha ulardan qolishadi. Biroq radioteleskoplar *radiointerferometr* sifatida ishlaganda juda yuqori ajrata olish kuchiga erishishi mumkin (64-rasm).

Oddiy radiointerferometr bir-biridan *bazis* deyiluvchi anchayin katta *a* masofaga yetkazilgan ikki A_1 va A_2 radioteleskopdan tashkil topib,



64-rasm. Radiointerferometrda nurlar yo'lining farqi va yo'naltirilganlik diagrammasi

radio-teleskoplarning nurlatgichlari yordamida ma'lum obyektdan qayd qilayotgan signallari kabellar orqali bitta priyomnikka uzatiladi.

Ma'lum bazisli radiointerferometrda aniq manbadan λ to'lqin uzunligida signal qabul qilinayotgan bo'lsa, obyektdan bu ikki teleskopga kelayotgan nurlar yo'lining farqi b, butun sonli to'lqin uzunliklariga teng bo'lganda:

$$b = a \sin \alpha = n \lambda,$$

bunday signallar priyomnikka bir xil fazada kelganidan qo'shilib maksimumni beradi. Agar yo'l farqi

$$b = (n + \frac{1}{2})\lambda$$

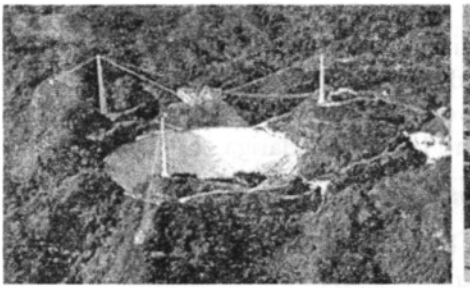
bo'lsa, signallar qarama-qarshi fazada keladi va oqibatda qayd qilinadigan signal ular amplitudalarining farqiga, ya'ni nolga teng bo'ladi. Natijada radiointerferometrning yo'nalganlik diagrammasi bitta radioteleskopnikidan farqli o'laroq, bazisdan o'tgan tekislik bilan kesilganda tor bargchalardan iborat ko'rinishda bo'lib, ikki qo'shni bargchalar maksimumlari yoki minimumlari orasidagi burchak $\Delta 0$:

$$\Delta\theta = \arcsin\frac{\left(n+\frac{1}{2}\right)\lambda}{a} - \arcsin\frac{n\lambda}{a} \approx \frac{\lambda}{a} = \delta$$

orqali topiladi (rasmga qarang). Bu yerda δ – radiointerferometrning ajrata olish kuchini xarakterlab, a – bazis juda katta bo'lganda, δ – juda kichik bo'lib, radioteleskopning ajrata olish kuchi juda yuqori bo'lishini tushunish qiyin emas. Masalan: λ = 1 m, bazis a = 1000 km bo'lganda, radiointerferometrning ajrata olish kuchi

$$\delta = \frac{1m}{10^6 m} \cdot 5{,}73 \cdot 60 \cdot 60'' = 0{,}206''$$

ga teng bo'ladi. Demak, bunday interferometr, metrli diapazonda bir-biridan $0{,}2''$ li yoy masofagacha joylashgan obyektlarni ajratib qura oladi. Shuningdek, bunday interferometr obyektning burchakli razmerini va ma'lum bir koordinatasi bo'yicha radioravshanlikning taqsimlanishini aniqlashga imkon beradi. Keyingi yillarda osmon jismlarini turli qit'alarda joylashgan antennalar va priyomniklar yordamida radiointerferometrik kuzatish usuli ishlab chiqildi. Bunday usul yordamida kuzatish natijasida interferometrning ajrata olish kuchi



65-rasm. Diametri 300 metrlik radioteleskop (AQSH)



66-rasm. Jizzax viloyati Zomin tumanining Supa degan joyida metall ko'zgusining diametri 70 metrlik radioteleskop qurilmoqda

0,0003″ ga yetdi. Mazkur kuzatishda ishtirok qilgan uchta radioteleskopning biri Avstraliyada (65 metrli), ikkinchisi Rossiyada (22 metrli) va uchinchisi AQSH da joylashgan edi.

Ayni paytda sayyoramizning turli qit'alarida o'nlab o'ta sezgir radioteleskoplar ishlab turibdi. Ko'zgularining diametri 65 m (Avstraliya), 76 m (Angliya), 100 m (GFR), 600 m (Rossiya) va 300 m (AQSH, 65-rasm) va Jizzax viloyatining Zomin tumanida qurilayotgan ko'zgusining diametri 70 metr keladigan radioteleskoplar (66-rasm) astronomlarga Koinotning yuzlab tabiiy radiomanbalaridan tinimsiz ma'lumotlar berib turadi.

Bu teleskoplar Koinotning «radioqiyofa»sini nozik detallari bilan ko'rishga imkon beradi.

14-§. Teleskoplarning o'rnatilishi (montirovkasi)

Ma'lum tanlangan obyektga teleskoplarni yo'naltirish, sutkali harakatdagi bu obyektni kuzatish va rasmga olish murakkab texnik vazifalardan hisoblanadi. Bunday murakkab jarayonni bajarish uchun teleskoplar maxsus qurilma ko'rinishida montirovka qilinadi. Teleskoplar qurilganda odatda ikki – o'zaro perpendikulyar o'q atrofida erkin aylanadigan qilib o'rnatiladi. Bu o'qlar qanday fazoviy yo'nalishlarda o'rnatilishiga ko'ra, teleskoplar qurilishi ikki xil – azimutal va ekvatorial (yoki parallaktik) qurilma deyiladi.

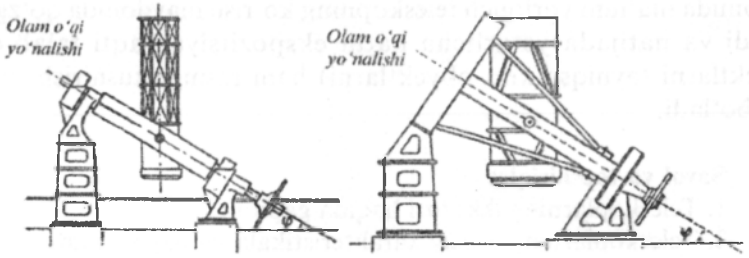
Azimutal qurilmada (67-rasm) teleskop atrofida bemalol aylana oladigan o'qlardan biri vertikal yo'nalishda bo'lib, ikkinchisi gorizontal tekislikda



67-rasm. Azimutal qurilma bo'yicha o'rnatilgan Kavkazdagi 6 metrli teleskop (*a*) va uning minorasi (*b*)

yotadi. Agar teleskop vertikal o'q atrofida aylantirilsa, uning obyektivi bosh optik o'qining davomi osmon sferasida almuqantaratni «chizadi»; gorizontal o'q atrofida aylantirilganda esa vertikal aylana bo'ylab siljiydi. Natijada bu ikki o'q atrofida teleskopni aylantirib, osmondagi ixtiyoriy yoritgichni «nishon»ga olish mumkin.

Aksariyat hollarda, azimutal qurilma bo'yicha nisbatan ixcham teleskoplar o'rnatilib, yirik astronomik instrumentlar ekvatorial qurilma bo'yicha o'rnatiladi. Biroq sobiq Ittifoqning eng yirik 6 metrli (bosh ko'zgusining diametri) teleskopi BTA (Bolshoy teleskop azimutalnoy ustanovki – 67-rasm) azimutal qurilma bo'yicha o'rnatilgan bo'lib, buning sababi shunda ediki, 850 tonna keladigan bunday ulkan teleskop, parallaktik qurilma bo'yicha o'rnatilganda aylanish o'qining egilishi, bu esa o'z navbatida, kuzatishda katta xatoliklarni vujudga keltirishi bilan xavfli edi.



68-rasm. Massiv teleskoplarni rama yordamida parallaktik qurilma ko'rinishiga o'rnatish

Parallaktik qurilmada o'zaro perpendikulyar o'qlardan biri olam o'qi bo'yicha o'rnatiladi (68-rasm). Bunda ikkinchi o'q osmon ekvatori tekisligida yotadi. Agar ekvatorial qurilmada teleskop olam o'qi atrofida aylantirilsa, obyektivning bosh optik o'qi sutkalik parallel bo'yicha, osmon ekvatori tekisligida yotgan o'q atrofida burilganda esa, og'ish aylanasi bo'yicha siljib osmonning ixtiyoriy tomoniga qaray oladi.

Astronomik kuzatishlar uchun qaysi bir qurilma qulay, degan tabiiy savol tug'iladi. Ma'lumki yoritgichlarning sutkalik ko'rinma harakatlari, tekisliklari osmon ekvatoriga parallel joylashgan sutkalik parallellar bo'yicha kuzatiladi. Binobarin bunday harakatdagi ixtiyoriy yoritgichning gorizontal koordinatalari (*A, h)* vaqt o'tishi bilan o'zgarib boradi, ekvatorial koordinatalardan og'ish δ esa o'zgarmay qolib, soat burchagi *t* o'zgarib boradi. Demak, azimutal qurilmali teleskop bilan ma'lum yoritgich kuzatilayotgan bo'lsa, u doim ko'rish maydonida qolishi uchun teleskopni doimiy ravishda har ikkala – o'zaro perpendikulyar o'qlar atrofida burishga to'g'ri keladi.

Ekvatorial qurilmada esa teleskopni faqat olam o'qiga parallel o'q atrofida yoritgichning sutkalik harakati tezligida *soat mexanizmi* deyiluvchi maxsus qurilma yordamida burib, uni ko'rish maydonining ma'lum qismida qo'zg'almas «ushlash» mumkin. Shuning uchun ham ekvatorial qurilma azimutal qurilmaga nisbatan afzal hisoblanadi.

Teleskopning soat mexanizmi–tosh yuklar yoki sinxron elektrodvigatel yordamida ishlovchi mexanizm bo'lib, uning tekis aylanuvchi o'qi shkivli (yoki tishli) uzatma orqali teleskopning olam o'qi bo'ylab yo'nalgan o'qi atrofida birtekis aylantirishga imkon beradi. Teleskop soat mexanizmi yordamida olam o'qi atrofida, osmonning sutkalik aylanish davriga teng, ya'ni 24 soatli davr bilan aylantiriladi. Shunday qilingandagina kuzatish davomida ma'lum yoritgich teleskopning ko'rish maydonida qo'zg'almay turadi va natijada yetarlicha katta ekspozitsiya vaqti talab etuvchi obyektlarni (ayniqsa xira obyektlarni) ham rasmga tushirish imkoniga ega bo'ladi.

Savol va topshiriqlar

1. Teleskoplarning ikki turi haqida gapiring.
2. Teleskoplarning asosiy xarakteristikalarini bayon qiling.
3. Reflektorlarning qanday turlarini bilasiz?
4. Meniskli Maksutov teleskopining afzalligi nimada?

5. Ko'zguli-linzali teleskoplardan qaysilarini bilasiz.
6. Radioteleskoplarning ishlash prinsipi haqida gapiring.
7. Teleskoplarning parallaktik va azimutal montirovkalari haqida gapiring.

15-§. Astrofotografiya

Astronomiyaga XIX asrning o'rtalarida fotografik metodning kirib kelishi juda katta yangilik bo'ldi. Osmonni kuzatishning fotografik metodi vizual metoddan quyidagi afzalliklari bilan farqlanadi:

1. Fotografik emulsiya, ko'zdan farqli o'laroq, yoritgichdan kelayotgan yorug'lik kvantlarini katta ekspozitsiya vaqti bilan yig'a olish xususiyatiga ega bo'lgani tufayli, eng xira obyektlarni ham qayd qila oladi.

2. Uning panoramlik xususiyati juda ko'p elementlardan tashkil topgan va bir-biridan ma'lum burchak ostida yotgan murakkab strukturali obyektlar tasvirini bir vaqtning o'zida qayd qila oladi.

3. Fotomateriallarni uzoq vaqt saqlashning mumkinligi ularni istagan paytda laboratoriyada o'rganishga imkon beradi.

Fotografik emulsiya asosan kumushning bromli va xlorli tuzlaridan AgBr, AgCl tashkil topadi. Kumushning bunday tuzlari $\lambda < 5000A$ to'lqin uzunligidagi nurlanishlarga juda sezgir bo'lib, nurlanish ta'sirida fotografik emulsiya donalarida ro'y beradigan murakkab fotoximik jarayon – kumushni metall holda ajralishiga olib keladi. Oqibatda yorug'lik manbaining tasvirini beruvchi bunday metallik kumush, yorug'lik qancha ko'p yutilsa, shuncha ko'p ajratiladi.

Fotografik emulsiyaning uzun to'lqinli nurlanishlarga jumladan sariq, qizil nurlarga sezgirligini orttirish uchun unga ranglagichlar qo'shilib, maxsus ishlov beriladi. Bu fan tili bilan aytganda fotomaterialni *sensibilizatsiyalash* deyiladi. Bunday emulsiyali fotografik materiallar (fotoplyonka yoki plastinkalar), ortoxromatik (sezgirligi 6000A^0 gacha) va panxromatik (sezgirligi 6500 A^0gacha) fotomateriallar degan nom bilan yuritiladi. Astronomiyada ba'zan sezgirligi 9000 A^0, ba'zan 13000 A^0 gacha orttirilgan infroxromatik plastinkalardan ham foydalaniladi.

Fotografik materiallarni xarakterlovchi asosiy parametr – uning *xarakteristik egriligi* deyilib, ma'lum obyekt tasvirining qorayish zichligi *D* bilan, E yoritganlikning ekspozitsiya vaqtiga *t* ko'paytmasi E*t* orasidagi bog'lanishni xarakterlaydi (69-rasm):

$$D=f(\lg Et)$$

Bunday qonuniyat *o'zaro o'rinlashish qonuni* (zakon vzaimozamenyayemosti) deyilib, u yoritilganlikning ma'lum chegaradagi intervalida (rasmda normal ekspozitsiya sohasida) yaxshi bajariladi.

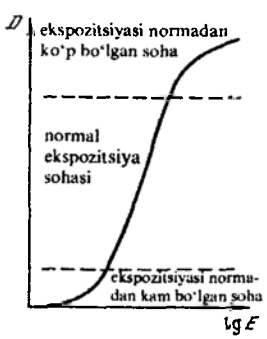
Xarakteristik egrilik negativni kalibrovka qilishga, ya'ni negativda qorayish zichligining yoritilganlik bilan bog'liqligini aniqlashga imkon berib, astronomik obyektlarning haqiqiy ravshanligini va yulduz kattaligini aniqlashga (ya'ni fotometriya qilishga) sharoit yaratadi.

Tasvirning qorayish zichligi D, negativning optik zichligi orqali:

$$D = \lg \frac{I}{I_0}$$

ko'rinishda belgilanishi ham mumkin, bu o'rinda I_0 – fotoplastinkaga tushayotgan nurlanishning intensivligini, I – esa negativdan o'tayotgan nurlanish intensivligini ifodalaydi. Fotomateriallarning xarakteristik egriligi uch qismdan iborat bo'lib, Et ko'paytma qiymati kamayishi bilan egrilikning abtsissa o'qiga og'maligining kamayish uchastkasi *ekspozitsiya vaqti yetishmagan (nedoderjka) soha* deb, og'malik maksimumga erishib, eslatilgan kattaliklar – D va *lg (Et)* orasidagi bog'lanishlar chiziqli bo'lgan uchastka – *normal soha* deyilib va nihoyat, Et ortishi bilan egrilikning og'maligi kamayadigan soha – *ekspozitsiya vaqti ortib ketgan (perederjka) soha* deb ataladi.

Xarakteristik egrilikni yasash uchun negativ yoritilganliklari o'zaro ma'lum munosabatda bo'lgan bir necha maydonchaning tasviri rasmga olinadi. Yoritilganliklarning o'zaro munosabatlari ma'lum bo'lgan bu maydonchalarning qorayish zichligi bilan bog'liqligidan foydalanib, xarakteristik egrilikni yasash jarayoni – fotomaterialni kalibrovka qilish deb yuritiladi. Ekspozitsiya to'g'ri tanlanganda astronomik obyekt tasvirining qorayish zichligi xarakteristik egrilikning normal uchastkasiga to'g'ri keladi.



69-rasm. Fotomaterialning xarakteristik egriligi

Negativning xarakteristik egriligidan foydalanib, undagi tasvirning turli uchastkalariga to'g'ri kelgan yoritilganlikni topish mumkin. Tasvir qismlarining ravshanliklari yoki yorqinliklarining nisbatlarini aniqlashga imkon

beradigan bunday fotometriya *nisbiy fotometriya* deyiladi. Nuqtaviy obyektlarning nisbiy fotometriyasi odatda, yorqinliklari ma'lum bo'lgan yulduzlar bo'yicha qilinadi.

Tasvir qismlarining absolyut yorqinligi yoki ravshanliklarini o'lchashga imkon beradigan fotometriya *absolyut fotometriya* deyilib, buning uchun negativni *kalibrovkalashdan tashqari* yana *standartlash* ham zarur bo'ladi. Negativni standartlash uchun negativning yorqinliklari ma'lum bo'lgan bir necha maydonchasining tasvirlari qayd qilinadi. Nuqtaviy manbalar negativlarini standartlash uchun esa yulduz kattaliklari ma'lum bo'lgan bir necha yulduzlarning tasvirlarini alohida qayd qilish lozim bo'ladi.

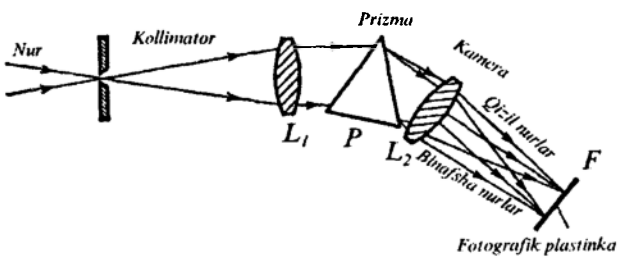
Negativlarning qorayish zichligini o'lchash, yorug'lik intensivligini fotoelektrik yo'l bilan fotometrlashga asoslangan fotoelement yordamida mikrofotometrlarda amalga oshiriladi.

16-§. Spektral apparatlar

Dastlab osmon jismlarining spektrlari vizual spektroskop yordamida, keyin spektrlarni rasmga tushirishga imkon beruvchi spektrograflar yordamida o'rganildi. Ayni paytda spektrograflar qatoridan spektrometrlar – spektrlarni fotoelektrik yo'l bilan qayd qiluvchi asboblar mustahkam o'rin olgan.

Dispersiyalovchi (spektrni yoyuvchi) optik material sifatida prizma yoki difraksion panjara olinishiga ko'ra *spektrograflar prizmali* yoki *difraksion panjarali* bo'lishi mumkin.

70-rasmda *prizmali spektrografning* optik sxemasi keltirilgan. Manbadan kollimator linzasi deyiluvchi L_1 linzaning fokal tekisligida yotgan tirqish orqali unga tushayotgan nur, parallel dasta ko'rinishda uning tarqalish yo'nalishida joylashganidan P prizmaga tushadi. Oq nurni

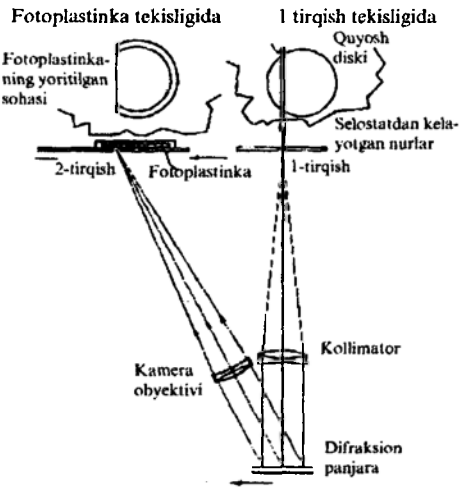


70-rasm. Prizmali spektrografning ishlash prinsipi

tashkil etgan va turli to'lqin uzunliklaridagi monoxromatik nurlar majmuasiga nisbatan prizma turlicha nur sindirish koeffitsiyenti bilan ta'sir etib, ularni turli burchak ostida sindiradi. Natijada turli to'lqin uzunligidagi nurlar bir-biriga burchak ostida (bir xil to'lqin uzunlikdagilari esa o'zaro parallel holda) kamera linzasi deyiluvchi L_2 linzaga tushadi. So'ngra L_2 linzaning fokal tekisligida joylashgan F fotoplastinkada manbaning spektrini hosil qiladi.

Keyingi yillarda astronomiyada prizmali spektrograflar o'rniga *difraksion panjarali spektrograflar* keng qo'llaniladi. Qaytaruvchi difraksion panjara, parallel shtrixlar o'yilgan alyuminlangan ko'zgu bo'lib, shtrixlarning oralig'i va chuqurligi nurning to'lqin uzunligi bilan solishtirilgan holda yasaladi. Yorug'lik nurlariga mo'ljallangan difraksion panjaraning har millimetrlariga odatda 600 ga yaqin o'zaro parallel shtrixlar o'yilib, ixtiyoriy qo'shni shtrix orasi qat'iy bir xil (1,66 mk) bo'lishi ta'minlanadi. Shuning uchun difraksion panjaralarni yasash, murakkab vazifalardan hisoblanadi. Difraksion panjara yordamida spektr hosil qilish yorug'likning *difraksiyasi* hamda *interferensiya* hodisalariga asoslangan.

71-rasmda Quyosh teleskoplarida ishlatiladigan *difraksion panjarali spektrogeliografning* optik sxemasi keltirilgan. Kollimator deyiluvchi ko'zguning fokal tekisligida joylashgan tirqishdan (tirqish tekisligida



71-rasm. Difraksion panjarali spektrogeliograf

teleskop Quyoshning tasvirini yasaydi) kollimator linzasiga tushgan nur undan parallel dasta ko'rinishda o'tib, difraksion panjaraga tushadi. Bir xil to'lqin uzunligidagi nurlar o'zaro parallel holda undan qaytgach, kamera linzasi orqali fotoplastinka tekisligiga tushganda, u yerdagi tirqishda interferensiya hodisasi tufayli ma'lum element chizig'ining (oldindan mo'ljallangan) rangli tasviri joy oladi. Binobarin, bu joydan Quyosh diskining aynan birinchi tirqishga to'g'ri kelgan joyining shu monoxromatik nurdagi tasviri olinadi. So'ngra kuzatuvchi tomonidan Quyoshning birinchi tirqish oldidagi tasviri siljita borilib, uning aynan shu to'lqin uzunligidagi to'la monoxromatik tasviri olinadi va unga *spektrogeliogramma* deyiladi.

Spektral apparatlarning asosiy xarakterlovchi kattaligi *spektral ajrata olish kuchi* deyilib, ular bir-biriga juda yaqin joylashgan ($\Delta\lambda$ oraliqda) λ_1 va λ_2 to'lqin uzunligidagi spektral chiziqlarni o'zaro ajratib qayd qilishi bilan belgilanadi va quyidagicha ifodalanadi:

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}$$

Uning boshqa bir xarakterlovchi parametri *burchagiy dispersiya* deyilib,

$$\delta = \frac{\Delta\alpha}{\Delta\lambda}$$

ifoda bilan aniqlanadi, bu o'rinda $\Delta\alpha$ – bir-biridan $\Delta\lambda$ to'lqin uzunligiga farqlanuvchi va dispersiyalovchi elementdan (prizma yoki difraksion panjara) o'tgan ikki parallel monoxromatik nurlar dastasi orasidagi burchakni xarakterlaydi.

Chiziqiy dispersiya deb esa, kamera ko'zgusiining fokus oraligi f orqali quyidagicha belgilangan ushbu:

$$\delta' = f\frac{\Delta\alpha}{\Delta\lambda}$$

ifodaga aytiladi, u kamera fokal tekisligida spektrning masshtabini belgilab, *mm / A°* da yoki juda kichik dispersiyali spektrlarda *A° / mm* larda o'lchanadi.

17-§. O‘zbekistonda astronomiya

Ulug‘bek rasadxonasi. Osmon jismlarini o‘rganishda, bobokalon-allomalarimizning ham xizmatlari katta bo‘lgan. Ulardan biri – Amir Temurning nabirasi Ulug‘bek bo‘lib, u XV asrning o‘rtalarida Movarounnahrning taniqli astronomlarini Samarqandga to‘plab, bu yerda osmonni tekshiradigan astronomik rasadxona, jumladan eng yirik kuzatish asbobi–sekstantni qurish bo‘yicha maslahat qildi.

Olimlar bir ovozdan bu fikrni quvvatlashgach, Obirahmat daryosining bo‘yida, Kuhak degan tepalik ustida radiusi 40,2 metrga teng bo‘lgan astronomik kuzatish asbobini qurish boshlandi.

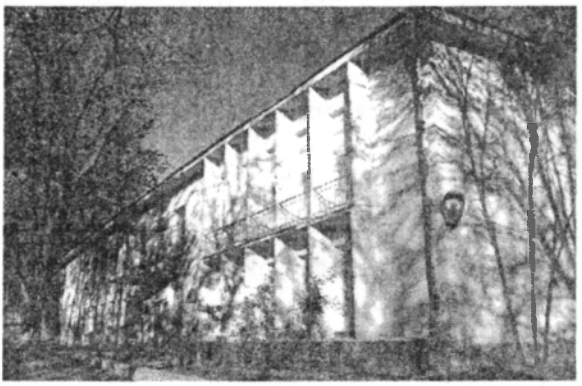
Bu asbob yordamida Ulug‘bek astronomiya maktabi olimlari Quyosh, Oy va sayyoralarning yulduzlar oralab harakatlanishini, mingdan ortiq yulduzlar koordinatalarini va o‘rta asrning taniqli yuzlab shaharlari koordinatalarini aniqladilar.

Mazkur asbobning ishchi yoyi, aylana uzunligining 1/6 qismini, ya’ni 60° ni tashkil etib, uzunligi 50 metrdan ortiq bo‘lgan. Bu astronomik asbobning qurilishi Yer sirtida 11 metrcha chuqurlikda boshlanib, mazkur sirtdan balandligi qariyb 30 metr kelardi. Asbobning 1°ga teng yoyi uzunligi 70,2 santimetrni tashkil etib, o‘lchash aniqligi 10 sekundli yoyga teng bo‘lgan.

Bu ulkan kuzatish asbobi yuz yillar davomida Samarqand tarixan boshdan kechirgan urushlar oqibatida vayron qilindi va keyinchalik izsiz



72-rasm. Ulug‘bek rasadxonasi bosh «teleskopi» – sekstantining qoldiqlari



73-rasm. O‘zR FA Astronomiya institutining ma’muriy binosi

yo‘qoldi. 1908-yili arxeolog Vyatkin tomonidan rasadxona o‘rni aniqlanib, tuproqdan tozalangach, uning qoldiq yoyi – sekstantning yer osti qismi topildi (72-rasm).

Samarqandda o‘rnatilgan bu yirik «teleskop» ning tashqi ko‘rinishi aslida qanday bo‘lganligi hozirgacha aniq bo‘lmay, olimlar orasida munozara hanuz davom etadi.

Ulug‘bek rasadxonasi o‘rta asrda 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 asrning eng taniqli astronomlaridan G‘iyosiddin Jamshid Koshiy, Qozizoda Rumiy, Mo‘yiniddin Koshiy, Ali Qushchilar ishlagan.

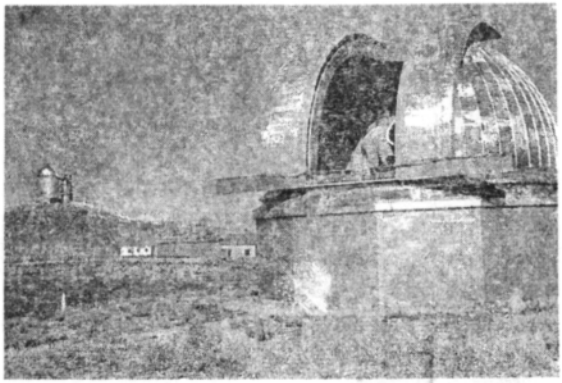
Toshkent astronomiya instituti. 1873-yil 11-sentyabrda Toshkent observatoriyasida astronomik kuzatishlar boshlangani haqidagi xabar matbuotda e’lon qilindi. U paytda Toshkent observatoriyasi Toshkent astronomiya va fizika observatoriyasi deyilib, Turkiston harbiy okrugining harbiy-tipografiya bo‘limiga qarardi.

O‘zbekiston Fanlar Akademiyasining qarori bilan 1966-yil 1-sentyabrdan Toshkent Astronomiya observatoriyasi Toshkent Astronomiya Instituti deb ataladigan bo‘ldi (73-rasm).

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. Astronomiya institutida yulduzlarning xususiy harakatlari,



74-rasm. Observatoriyada 100 yildan ortiq ishlagan normal qo‘shaloq astrograf



75-rasm. Toshkent astronomiya institutiga qarashli Maydanoq balantog‘ observatoriyasi

ularning to'dalari, sayyoralar va Quyosh sistemasining mayda osmon jismlarining orbita elementlarini aniqlashda, yulduzlar kataloglarini tuzishda katta xizmat ko'rsatgan va 100 yildan ko'proq uzluksiz ishlab kelgan normal qo'shaloq astrograf ham mavjud (74-rasm).

1930-yilda Qashqadaryo viloyatining Qamashi tumaniga qarashli tog'lardan birida, dengiz sathidan 3000 metrcha balandlikda Maydanak balandtog' observatoriyasi ishga tushirilib, u ham Kitob kenglik stansiyasi bilan birgalikda Toshkent astronomiya instituti tomonidan boshqariladi 75-rasm).

Savol va topshiriqlar

1. Astrofotografiya nimani o'rganadi?
2. Fotomateriallarning xarakteristik egriligi haqida nimalar bilasiz?
3. Spektroskop va spektrograflarning turlari va ishlash prinsiplari haqida gapiring.
4. O'zbekiston FA Astronomiya instituti va uning filiallari, ularda bajarilayotgan ilmiy-tadqiqot ishlari haqida nimalar bilasiz?

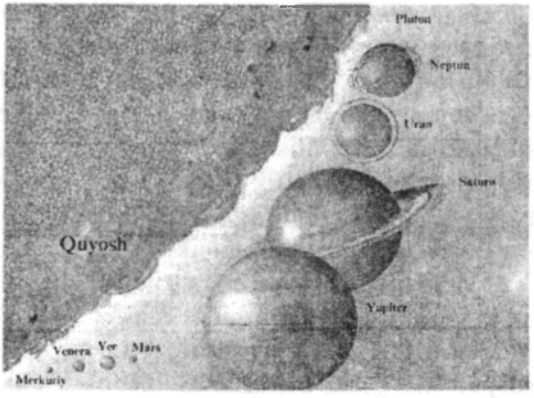
VI BOB. QUYOSH SISTEMASI JISMLARINING FIZIK TABIATI

1-§. Quyoshning fizik tabiati

Quyosh haqida umumiy ma'lumotlar. Quyoshning kattaligi (diametri) uning ko'rinma diametri va ungacha bo'lgan masofa orqali aniqlanadi. Osmon jismlarining ko'rinma diametri esa qaralayotgan osmon jismining (jumladan, Quyoshning) Yerdan uzoqligiga bog'liq bo'ladi. Quyosh atrofida aylanayotgan sayyoramiz ham undan turlicha masofada bo'ladi. Yer Quyoshdan eng yaqin masofada (perigeliyda) bo'lganida Quyoshning ko'rinma diametri 32'35", eng uzoq masofada (afeliyda) bo'lganda esa, uning ko'rinma diametri 31'31" ga teng bo'ladi. Yer Quyoshdan o'rtacha uzoqlikda (149600000 km) bo'lganda Quyoshning ko'rinma radiusi 16'02" ni, bu ma'lumotlar asosida aniqlangan uning chiziqli radiusi: R_o=696000 km ni, hajmi esa V_o=1,41·10^{27} m^3 ni tashkil qiladi. Bunday katta hajmdagi shar ichiga Yer kattaligidagi sharchalardan qariyb 1 million 304 mingtasi joylashib ketadi (76-rasm) .

Quyoshning massasi: M=2·10^{33} kg; bu kattaliklar orqali aniqlangan o'rtacha zichligi: ρ=1,41 g/sm^3; Quyosh sirtida erkin tushish tezlanishi: g=274 m/s^2 ni tashkil qiladi.

Quyoshning aylanishi. Quyosh dog'larini uzluksiz kuzatish ularning Quyosh gardishi sharq tomondan chiqib, g'arb tomonga bir tekis siljib



76-rasm. Quyosh o'z atrofida aylanuvchi sayyoralar bilan solishtirilgandagi ko'rinishi

borishini ko'rsatadi. Shuningdek, Quyoshning sharq va g'arb tomonlarida gardish (limb) chetlari spektridagi chiziqlari siljishini o'rganish, Quyosh o'z o'qi atrofida aylanayotganidan darak beradi.

Quyoshning ekvatori ekliptika tekisligi bilan 7°15′ li burchak hosil qiladi. Quyosh ham Yer aylangani kabi g'arbdan sharqqa tomon, ya'ni uning shimoliy qutbidan qaraganda, soat strelkasi aylanishi yo'nalishiga teskari yo'nalishda aylanishini ko'rsatadi. Quyoshning aylanish davri ham barcha osmon jismlarining aylanish davrlari kabi ikki xil bo'ladi. Birinchisi haqiqiy yoki yulduz davri deyilib, ma'lum bir yulduzga nisbatan aniqlanadi va u siderik davr ham deb ataladi. Ikkinchisi – sinodik davr deyilib, bunda Yerning Quyosh atrofidagi harakati ham hisobga olinadi. Shuni ham e'tiborga olish kerakki, Quyosh qattiq jism bo'lmaganidan uning hamma qismlari Yerdagi kabi bir xil burchak tezligida aylanolmaydi. Quyoshning ekvator qismi 25 sutkalik siderik davr bilan, geliografik kengligi 90° ga yaqin, qutbiy zonalari esa 27,2 sutkalik davr bilan aylanadi. Yerga nisbatan olingan Quyosh aylanishining sinodik davri esa uning ekvatori zonasida siderik aylanish davridan ikki kunga ortiq, ya'ni 27 sutkani tashkil qiladi.

Quyosh doimiysi. Quyoshning nurlanish quvvati, astrofizik va geofizik hodisalarni xarakterlashda muhim rol o'ynaydi. Xususan, Quyosh sirtida va ichida kechadigan fizik jarayonlar haqidagi tasavvurlarning shakllanishida Quyosh nurlanishi intensivligi eng muhim ma'lumotlardan hisoblanadi. Quyoshning nurlanish energiyasini aniq hisoblashlar yana shuning uchun ham zarurki, bu nurlanishning kattaligi ko'pgina boshqa osmon jismlarining nurlanishlarini hisoblashda birlik sifatida qabul qilinadi. Quyosh nurlanishi quvvatini Quyosh doimiysi deb yuritish qabul qilingan. *Quyosh doimiysi* deb bir minutda Quyoshdan Yergacha bo'lgan o'rtacha masofada (Yer atmosferasidan tashqarida) Quyoshdan kelayotgan nurlanish yo'nalishiga tik yotgan 1 sm^2 yuzasidan o'tayotgan Quyosh energiyasining to'la miqdoriga aytiladi.

Quyosh doimiysini o'lchash uchun, ikki maxsus asbob yordamida yuzlab kuzatishlar va hisoblashlar qilishga to'g'ri keladi. Bu asboblardan biri *pirgeliometr* deyilib, uning yordamida ma'lum vaqtda (Quyoshning gorizontdagi ma'lum balandligida) aniq yuzaga tushayotgan to'la energiyasi absolyut energetik birliklarda hisoblab chiqariladi. Biroq pirgeliometr yordamida olingan ma'lumotlar, Quyosh doimiysini

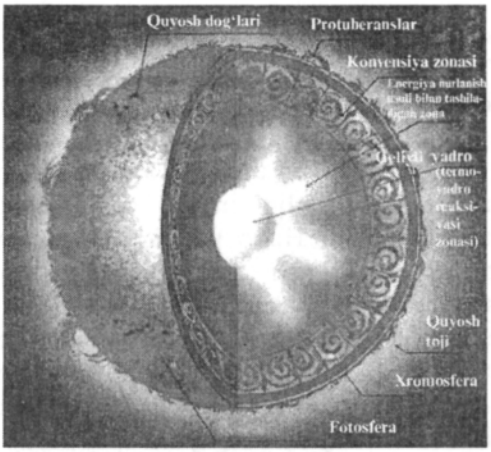
hisoblash uchun yetarli bo'lmaydi, chunki Quyosh energiyasining ma'lum qismi Yer atmosferasida yutilib qoladi. Quyoshning yutilgan energiyasi boshqa maxsus asbob – *spektrobolometr* yordamida o'lchanadi. Bu asbobning sezgirligi turli to'lqin uzunliklardagi nurlanishlarga bir xil bo'lib, uning yordamida har bir to'lqin uzunligidagi nurlanish intensivligining havo massasiga bog'lanishini xarakterlovchi grafik chiziladi. Havo massasi deb ma'lum yo'nalishdagi havo qatlami optik qalinligini, uning zenit yo'nalishdagi optik qalinligiga nisbati bilan o'lchanadigan kattaligiga aytiladi. Ekstropolyatsiyalash yordamida havo massasi nolga teng bo'lgandagi nurlanish intensivligi aniqlanadi. Bu kattalik nurning Yer atmosferasida yutilmagandagi qiymatiga teng bo'ladi. Ushbu operatsiya spektrning barcha uchastkalari uchun bajarilib, Quyosh spektrida spektrobolometr yordamida aniqlangan energiyaning taqsimlanishi bu olingan ma'lumotlar yordamida tuzatiladi. Shuni aytish kerakki, spektrobolometrda intensivlikning miqdori, pirgeliometrdagidan farqli o'laroq nisbiy birliklarda beriladi. Aniqlangan ma'lumotlarga Quyoshning ultrabinafsha va infraqizil nurlarda chiqargan va Yer atmosferasida to'la yutilib qolgan nurlanish energiyalari ham hisoblab qo'shilsa, u holda Quyoshning ma'lum yuzaga tushayotgan to'la energiyasi aniqlanadi. So'ngra bu aniqlangan energiya miqdori asosida Quyosh doimiysi hisoblanadi.

Quyosh spektrining ultrabinafsha va infraqizil uchastkalaridagi nurlanish energiyasi maxsus raketalar, sun'iy yo'ldoshlar va Yer atmosferasidan tashqariga ballonlar yordamida chiqarilgan apparatlar yordamida aniqlanadi. Yuqorida eslatilgan metod yordamida aniqlangan Quyosh doimiysi:

$$Q = 1{,}95 \text{ kal/sm}^2 \text{ min} = 1{,}36\ 10^6 \text{ erg/(sm}^2 \text{ .s)} = 0{,}136 \text{Vt/sm}^2$$

tashkil etadi. Bu kattalikning to'g'riligi keyingi yillarda raketa va havo sharlariga o'rnatilib, Yer atmosferasidan tashqariga chiqarilgan pirgeliometr yordamida aniqlangan Quyosh doimiysi qiymati bilan qiyoslab tasdiqlandi.

Quyosh doimiysi kattaligi, radiusi $R=1$ *a.b.* ga teng shar sirtiga ko'paytirilsa Quyoshning to'la energiyasi topiladi. Shu yo'l bilan aniqlangan Quyoshning to'la energiyasi



77-rasm. Quyoshning ichki tuzilishi

$E = 4\pi R^2 Q = 3{,}9 \cdot 10^{33}$ erg/s ga teng bo'ladi.

Quyoshning ichki tuzilishi. Quyoshning temperaturasi 6000°C dan (sirtida) 15000000°C gacha (markaziy qismida) bo'lgan plazma shardan iborat bo'lib, uning ichki va tashqi qismlari fizik tabiatiga ko'ra bir-biridan farqlanuvchi turli qatlamlarga bo'linadi (77-rasm).

U qatlamlar quyidagicha nomlanadi:

1. Quyoshning yadro reaksiyalari ro'y beradigan markaziy qismi *yadroviy reaksiya zonasi* deb yuritiladi va Quyosh markazidan 0,3 R_o gacha o'z ichiga oladi.

2. *Energiyani nuriy yo'l bilan tashuvchi zona.* Bu zonada nurlanish muvozanati kuzatilib, energiyani tashish protsessi nurlanishni yutish va so'ngra qayta nurlanish bilan davom etadi. Mazkur zona taxminan 0,3-0,8 R_o oralig'ini o'z ichiga oladi.

3. *Konvektiv zona.* Bu qatlam Quyosh radiusining taxminan 0,8-1,0 R_o qismini tashkil qiladi. Bu zonada energiya asosan konvektiv yo'l bilan tashiladi.

Quyosh atmosferasi qatlamlari. Quyoshning tashqi uch qatlami – *fotosfera, xromosfera va toj* uning atmosferasini tashkil qiladi. Oddiy ko'z bilan yoki teleskop orqali kuzatilganda, Quyosh atmosferasining eng pastki qatlami bo'lmish fotosferanigina ko'rish mumkin. Xromosfera va Quyosh toji maxsus teleskoplardagina kuzatiladi.

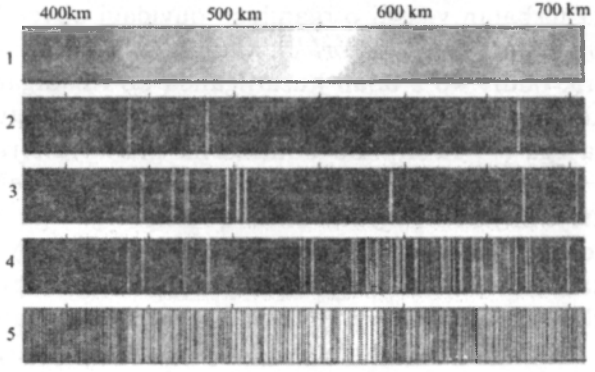
2-§. Fotosfera spektri. Uning kimyoviy tarkibi

Fizika kursidan ma'lumki, nurlanayotgan jism va undan taralayotgan nurlanish o'tayotgan muhitning tabiatiga ko'ra, manbaning spektri: tutash, yutilish va nurlanish (emission) spektrlari ko'rinishida bo'ladi.

Cho'g'langan jismni prizma yoki diffraksion panjara yordamida hosil qilingan spektri tutash spektrni beradi. Agar cho'g'langan jismdan kelayotgan nurlar yo'liga ma'lum bir gaz sham tutilsa, u holda tutash spektri fonida sham gazini tashkil qilgan atomlarning yutilish (fraungofer) chiziqlari paydo bo'ladi. Birinchi marta 1814-yili bu chiziqlar tabiatini tushuntirgan fizik Fraungofer sharafiga ushbu chiziqlar uning nomi bilan yuritiladi.

Shamning o'zi alohida hosil qilgan spektri esa tutash spektrdan holi bo'lib, birinchi holda yutilish spektri chiziqlari hosil bo'lgan joylarda paydo bo'lgan nurlanish (yorug') spektral chiziqlaridan tashkil topadi.

Fotosfera spektri – chiziqli yutilish spektridan iborat bo'lib, uning ko'rinadigan zonasi 3900 A (angestrem, $1\ A = 10^{-10}\ м$) dan 6900 A gacha bo'lgan intervalni o'z ichiga oladi (78-rasm). Bu intervalda vodorodning Balmer seriyasidagi chiziqlari, ionlashgan va neytral kalsiy, temir, marganets, magniy, titan va boshqa metall atomlarining chiziqlari keng tarqalgandir. Fotosfera spektrida ionlashgan kalsiyning H va K deb nomlangan chiziqlari (to'lqin uzunliklari $\lambda = 3900$ A va $\lambda = 3990$ A) vodorodning H_α ($\lambda = 6563$ A) va H_β ($\lambda = 4860$ A) natriyning D_1 ($\lambda = 5896$ A) va D_2 ($\lambda = 5890$ A) chiziqlari eng intensiv hisoblanadi.



78-rasm. Quyosh spektrini (5) ayrim elementlar spektrlari bilan solishtirish

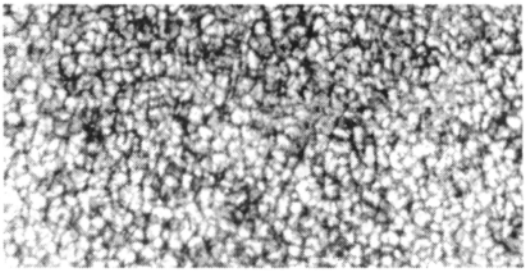
Fotosfera spektrida Yer atmosferasidagi gaz molekulalarining, xususan suv bug'lari, azot va kislorod molekulalarining ham chiziqlari hosil bo'ladi. Bu chiziqlarni beruvchi gaz molekulalari fotosferaga aloqador bo'lmaganligi sababli, fotosfera fizik tabiatini Quyoshning spektral chiziqlari asosida o'rganishda Yer atmosferasining ushbu chiziqlariga tayaniladi. Fotosfera spektrining 4300 – 5000 Å li, ya'ni ko'k-yashil rangli zonasida intensivlik eng yuqori bo'ladi. Aslida, Quyosh spektri uzoq ultrabinafsha va infraqizil sohalarga ham ega. Biroq nurlanishning bu sohalari ko'zning ko'rish chegarasidan tashqarida va ular Yer atmosferasida kuchli yutilishi tufayli dastlab ularni o'rganish katta qiyinchilik bilan kechdi. Keyingi yillarda Yer sun'iy yo'ldoshlaridan foydalanib olingan Quyosh spektri uning tabiati 2000 Å to'lqin uzunligidagi ultrabinafsha zonasigacha ko'rinadigan uchastkasi bilan deyarli bir xilligini ko'rsatdi. Undan qisqa to'lqinli sohada esa tutash spektrining intensivligi keskin kamayib, yutilish chiziqlari nurlanish chiziqlariga aylanadi.

Spektr infraqizil sohasining nurlanishi to'lqin uzunligi *15 mk* ga qadar Yer atmosferasida qisman yutiladi va natijada spektrning bu zonasi suv bug'lari, kislorod va is gazi molekulalarining yutilish tasmalariga boy bo'ladi. *15 mk* dan to *1 sm* gacha bo'lgan sohaning nurlanishi esa Yer atmosferasi tomonidan kuchli yutiladi.

3-§. Fotosfera obyektlari

Fotosfera qalinligi 300 kilometrga yaqin bo'lib, unda boshqa qatlamlarga nisbatan yaxshi o'rganilgan quyidagi obyektlarni kuzatish mumkin: *granulyatsiya (donadorlik), mash'allar va Quyosh dog'lari.*

Fotosfera, oddiy ko'z bilan kuzatilganda ko'rinadigandek bir tekis ravshanlikdagi sirtdan iborat bo'lmay, asalari uyasini eslatuvchi donador strukturaga ega (79-rasm). Bu donadorlik–*granulyatsiya* («granul» – yunoncha so'z bo'lib, donadorlik demakdir) deb yuritiladi. Granulyatsiyani kuchli ajrata olish qobiliyatiga ega bo'lgan yirik teleskoplarda kuzatish uchun sharoit yaxshi bo'lganda (Yer atmosferasi changlardan holi, havoning turli yo'nalishlaridagi oqimi juda kamayganda) ko'rish mumkin bo'ladi. Quyosh granulyatsiyasi birinchi marta XIX asr oxirlarida Jansen (Medon) va A.P. Ganskiylar (Pulkovo) tomonidan olingan fotografiyalarda ko'rindi.



79-rasm. Quyosh fotosferasining donodorlik strukturasi

Keyingi yillarda granulyatsiya haqidagi tasavvurlar Yer atmosferasining yuqori qatlami–stratosferada kuzatish natijalari bilan boyitildi.

Quyoshni va boshqa osmon jismlarini o'rganish maqsadida strotosferaga uchirilgan astronomik stansiyalar granulyatsiya donalarining kattaligi, fizik tabiati va ulardagi gaz massasi oqimining xarakteri bilan tanishtirdi. Bu uchishlar bilan sobiq SSSRda V.A. Krat, AQSHda esa M. Shvartsshild rahbarligidagi guruh shug'ullandi. 1970-yilda uchirilgan «Stratoskop-П» Quyosh stansiyasi yordamida olingan granulyatsiyaning spektriga ko'ra, granulyatsiyadagi donadorlik konvektiv yacheykalar bo'lib, ularning markaziy qismida gaz oqimining ko'tarilishi ($\upsilon = 0,2$ km/s) chegaralari bo'ylab esa uning qayta tushishi kuzatiladi. Yacheykalarning kattaligi 300 kmdan 1000 km gacha, ba'zan undan kattaroq bo'ladi. Granularning formasi fotosferaning dog'li sohalarida, dog'ning radial yo'nalishi bo'yicha cho'zinchoq bo'lishi, granula bo'ylab ko'tarilayotgan plazma oqimi quyosh dog'ining magnit maydoni ta'siriga berilishidan darak beradi. Granulalar fotosferada yo'qolib va yangidan paydo bo'lib turadi. Ularning o'rtacha «yashash» davri 6-7 minutdan oshmaydi.

Fotosferada kuzatiladigan mash'allar ravshanligi jihatdan ajralib turadigan zanjirsimon obyektlardir. Spektral analiz mash'allarning ravshanligi fotosferanikidan 10-20 foizga ortiq ekanligini ko'rsatadi. Mash'allarni faqat Quyosh ko'rinma diskining chekkalari yaqinidagina kuzatish mumkin, disk markazi atrofida esa ular deyarli ko'rinmaydi. Buning sababi, Quyosh diski markazida nurlanish, uning chuqurroq sohalaridan chiqayotganligi tufayli chetlariga nisbatan intensivligidadir.

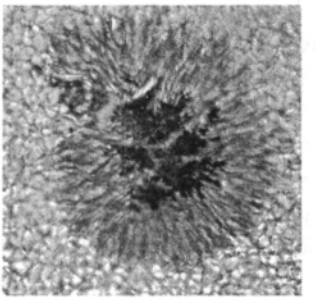
Mash'allar magnit maydonga ega bo'lib, maydon kuchlanganligi 50-100 erstedni tashkil qiladi. Fotosferaning muammolarga boy obyektlaridan biri Quyosh dog'laridir.

4-§. Quyosh dog'lari

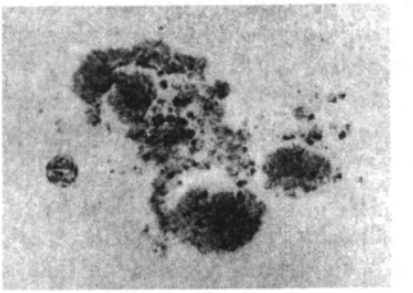
Quyosh dog'lari dastlab granulalar orasida kichik nuqta shaklida tug'iladi. Dog'ning bu tug'ilish bosqichi – *pora* deb yuritiladi. Poralar asosan mash'alli sohada joylashgan granulalar orasida vujudga keladi. Quyosh dog'i ikki qismdan iborat bo'lib, uning markaziy timqora qismi *yadro* yoki *soya* deyiladi (80-rasm) .

Yadroni o'rovchi qismi esa *yarim soya* deb yuritiladi. Dog'larda juda kuchli magnit maydoni mavjud bo'lib, maydon kuchlanganligi ayrim dog'larda 4000-4500 erstedgacha yetadi. Dog'larning temperaturasi uni o'rovchi fotosfera temperaturasidan 1000-1500°gacha past, ya'ni 4500°K ga yaqin bo'ladi. Shuning uchun Quyosh dog'lari fotosferada qora obyekt sifatida namoyon bo'ladi. Quyosh dog'larida magnit maydonning mavjudligi 1908-yilda Xeylning spektral kuzatishlari tufayli ma'lum bo'ldi.

Dog'larning diametri 40000 kilometrdan ortiq bo'lsa, uni oddiy ko'z bilan ko'rish mumkin bo'ladi. Shu bois dog'larni juda qadimda ham Quyosh botishi yoxud chiqishi oldidan uning sirtida ko'rishgan. Miloddan bir necha yuz yil oldingi Xitoy qo'lyozmalarida Quyosh dog'lari kuzatilganligi qayd etilgan. Biroq qadimda kuzatilgan dog'lar, Quyosh gardishi oldidan o'tayotgan birorta sayyoraning (Merkuriy yoki Veneraning) unda proyeksiyalanishi deb noto'g'ri talqin qilinar edi.



80-rasm. Quyosh dog'larining soya va yarim soyali sohalari



81-rasm. Quyosh sirtidagi dog' guruhlari

Birinchi bo'lib G. Galiley 1609-yilda o'zi yasagan teleskopda dog'larni kuzatib, ular bevosita Quyosh sirtiga tegishli obyektlar ekanligini aniqladi.

Quyosh dog'lari yakka holda kam uchraydigan obyektlar bo'lib, asosan guruh-guruh holda uchraydi (81-rasm). Dog' guruhlarida bir yoki ikki yirik dog' bo'lib, u yana bir necha tartibsiz joylashgan mayda dog'chalar va poralardan iborat bo'ladi. Qizig'i shundaki, guruhdagi ikki yirik dog'dan biri shimoliy magnit qutbiga, ikkinchisi esa janubiy magnit qutbiga ega bo'ladi. Guruhdagi bu ikki yirik dog'dan g'arbdagisi *lider*, sharqdagisi esa *dumdagi dog'* deb yuritiladi. Guruh dog'lari strukturasiga ko'ra, sinflarga bo'linadi. Agar guruhda bir xil qutbga ega bo'lgan dog'lar yoki birgina dog' bo'lsa *unipolyar*, qarama-qarshi qutblangan ikki dog' yoki dog'lar guruhidan tashkil topganda esa *bipolyar* deyiladi. Guruhdagi dog'lar qutblanishi jihatidan aniq bir qonuniyatga bo'ysunmaydi.

Dog'larning o'lchami xilma-xil bo'lib, ularning maydonining diametri bir necha ming kilometrdan bir necha yuz ming kilometrgacha boradi. 1858-yilda kuzatilgan yirik dog'ning maydonining diametri 230 ming kilometrni tashkil qilib, Yer diametridan 28 marta katta bo'lgan.

Quyosh dog'larining yarim soya qismida gaz massasining uzluksiz tashqariga tomon oqib chiqishi kuzatiladi. Oqimning o'rtacha tezligi sekundiga 2 kilometrni tashkil qiladi. Yarim soyadagi bu hodisa Doppler effekti asosida Kodaykanal (Hindiston) observatoriyasi astronomi J.Evershed tomonidan aniqlandi va bu hodisa olim sharafiga *Evershed effekti* deb yuritildi. Yarim soya tuzilishini o'rganish u dog' radiusi yo'nalishida yotuvchi qora va yorug' tolalardan tashkil topganligini ko'rsatadi. Yarim soya bo'ylab gaz oqimi *qora tolalar* bo'ylab kuzatilib, *yorug' tolalar* bu harakatda ishtirok etmasligi spektral tahlil asosida ma'lum bo'ldi.

Quyosh dog'larining yashash vaqti turlicha bo'ladi. Poralarni e'tiborga olmaganda, dog'lar bir necha oygacha yashaydi. Bir necha oy mavjud bo'ladigan dog'lar juda kam uchraydi. Poralar esa bir necha soatdan bir necha sutkagacha «yashaydi» yoki bu davr ichida dog'ga aylanadi.

Quyoshda dog'larning soni vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadi. Dog'lar sonining o'zgarib turishi, ma'lum davriylik asosida kechishi 1775-yili kopengagenlik P. Gorribov va keyinroq nemis astronomiya ishqibozi G. Shvabe tomonidan ko'p yillik kuzatishlar natijasida aniqlandi. Shvetsariyalik astronom R. Volf kundalik dog'lar sonini hisoblash uchun

quyidagi formuladan foydalandi (keyinchalik u Volf soni deb ataladigan bo'ldi):

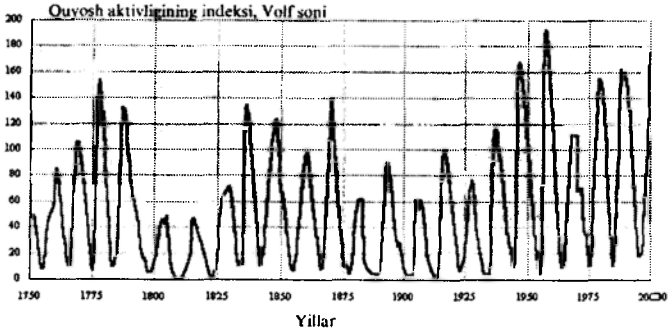
$$W=k(10g+f),$$

bu o'rinda k – teleskop quvvatini ifodalovchi koeffitsiyent bo'lib, R. Volf foydalangan teleskop uchun $k=1$; f – Quyoshdagi dog'larning umumiy sonini, g – esa dog' guruhlarining sonini ifodalaydi.

Volf o'z observatoriyasida bir necha yil davomida kuzatilgan Quyosh dog'lari sonining o'zgarishi va Galiley zamonasidan buyon kuzatilgan dog'lar soniga tayangan holda, Quyosh dog'lari soni 11,1 yillik davr bilan o'zgaradi degan xulosaga keldi. Bu davr *Quyosh aktivligi davri* deb yuritiladi (82-rasm).

Dog'lar asosan Quyosh ekvatori atrofida ±(40°÷45°) li geliografik kenglik zonasida uchrab, undan katta kengliklarda deyarli kuzatilmaydi. Quyosh aktivligining minimumi davrida dog'lar ±45°li geliografik kengliklarda vujudga kelib, keyin uning ko'payishi davomida ularning paydo bo'lishi zonasi ekvator tomon yaqinlashib keladi. Bu hodisa Kerington tomonidan aniqlanib, G.Shpyorer tomonidan o'rganilgan va shu bois Shpyorer qonuni yoki ba'zan ko'rinishiga ko'ra «Maunder kapalagi» ham deb yuritiladi.

Dog'larning paydo bo'lish nazariyalari. Quyosh dog'larining kelib chiqishi haqidagi dastlabki nazariyalar nuriy muvozanat sohasida kuzatilayotgan gazning adiabatik sovushiga asoslangan. Bu

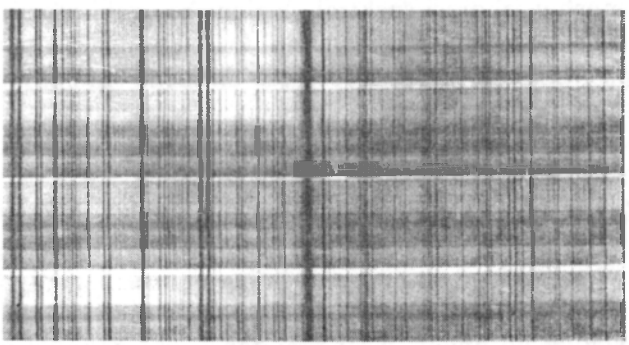


82-rasm. Quyosh dog'larining yillar davomida o'zgarishini (Quyosh aktivligini) xarakterlovchi egrilik

nazariyalardan biri 1921-yilda Ressel tomonidan, boshqa biri esa 1926 yilda Rosseland va Berknis tomonidan ilgari surildi. Biroq Quyoshning sirtqi qatlamida vodorodli konvektiv zonaning aniqlanishi adiabatik sovish nazariyasi uchun hal qilish qiyin bo'lgan qiyinchiliklarni tug'dirdi.

Quyosh dog'larining sovishini magnit maydon ta'siri orqali tushuntiradigan gipoteza keyinroq 1941-yili Birman tomonidan va Xeyl tomonidan taklif qilindi. Birman nazariyasiga ko'ra dog'larda magnit maydon konveksiyasi mavjud bo'lib, u dog' o'rniga yo'nalgan energiya oqimini susaytiradi va natijada bu jarayon dog' sohasida temperaturaning pasayishini vujudga keltiradi. Bu esa o'z navbatida dog'ni fotosfera fonida qora bo'lib ko'rinishiga sabab bo'ladi. Biroq keyingi yillarda dog'larning soya qismida ham donodorlik yacheykalarning kuzatilishi, bu nazariya obro'siga biroz putur yetkazdi. Shuni aytish kerakki, kuzatilgan yadrodagi granulyatsion yacheykalar fotosfera granulalari bilan solishtirilganda, magnit maydonning konvektiv oqimga bevosita ta'siri borligi ma'lum bo'ldi. Natijada konveksiya dog' sohasida butunlay bo'g'ilmasa-da harqalay tormozlanishiga shubha qolmadi.

Xeyl nazariyasiga ko'ra, konveksiya tufayli Quyosh sirtiga ko'tarilgan issiqlik energiyasi uning katta sirt maydoni bo'ylab taqsimlanishi natijasida sovib, qora dog'ni hosil qiladi. Bu ilmiy gipoteza konveksiya oqimi faqat magnit maydon kuch chiziqlari bo'ylab ko'tarilishi va dog'larda magnit maydoni haqidagi klassik tasavvurga binoan uning kuch chiziqlari quyosh sirti bo'ylab yoyilishiga asoslanadi.



83-rasm. Quyosh dog'ining spektrlari (ikki tomondan fotosfera spektri orasiga olingan o'rtadagi qora polosa)

22ч 63 8с

Garchi Birman va Xeyl gipotezalari hozirgi zamon kuzatishlari natijalariga ko'ra o'zini to'la oqlay olmasa-da, dog'larda plazmaning sovishi, Quyosh ichki energiyasini sirtga tashuvchi konveksiyaning magnit maydoni tomonidan qisman tormozlanishidan ekanligiga bugun yetarlicha dalillar mavjud.

Quyosh dog'larining spektri. Quyosh dog'larining spektri fotosfera spektri bilan bir xil, ya'ni yutilish spektri bo'lib, unda uyg'onish potensiali kichik bo'lgan spektral chiziqlar fotosferanikiga nisbatan kuchaygani holda potensiali katta bo'lganlarining intensivligi, aksincha, kamaygan holda bo'ladi. Quyosh dog'lari spektridagi dog'ga tegishli fizik parametrlarni (harakat tezligi, magnit maydon kuchlanganligi va hokazo) aniqlash maqsadida, dog' spektrini olishda, spektrograf tirqishining balandligi shunday tanlanadiki, bunda spektr dog'ning ikki tomonidan fotosferani ham o'z ichiga oladi.

Dog' spektrida spektral chiziqlar sokin fotosferanikidan farqli o'laroq, uning yarimsoya qismida plazmaning harakati borligidan darak berib, asosan dog'ning bu qismida spektrning qizil yoki binafsha tomoniga siljiydi (83-rasm).

Ma'lum λ to'lqin uzunligining siljishi $\pm\Delta\lambda$ ni tashkil qilsa, u holda nuriy tezlik (tezlikning qarash chizig'i bo'yicha tashkil etuvchisi) Doppler effektiga ko'ra

$$\upsilon = \frac{\pm\Delta\lambda}{\lambda} c$$

formulalardan topiladi. Bu yerda c – yorug'lik tezligini ifodalab, tezlikning musbat ishorasi spektral chiziqni beruvchi atomlar va erkin elektronlardan iborat plazma massasini kuzatuvchiga nisbatan υ tezlik bilan uzoqlashishidan, minus ishora esa aksincha shunday tezlik bilan yaqinlashishidan darak beradi.

Shuningdek, nurlanayotgan plazma atomlari dog'ning magnit maydonida bo'lganda spektral chiziqlarning bo'laklarga bo'linishi kuzatiladi (ayniqsa dog'ning yadroga tegishli qismida). Bu hodisa Zeeman effekti deb yuritiladi. Zeeman effektiga ko'ra, kuzatiladigan dog' sohasida magnit maydon kuchlanganligi vektorining qarash chizig'i yo'nalishiga nisbatan qanday joylashganligiga qarab, spektral chiziq ikkita yoki uchta tashkil etuvchiga bo'linadi. Agar maydon kuchlanganligi vektori (H) qarash chizig'i bilan bir xil yo'nalgan bo'lsa, u holda spektral chiziq

ikkita komponentaga (+σ, –σ) ajralib, ular aylanma qutblangan bo'ladi. Agar H vektorning yo'nalishi, qarash chizig'i yo'nalishi bilan 90° li burchakni tashkil qilsa, u holda spektral chiziq 3 ta komponentaga (+σ, π, -σ) bo'linib, ular chiziqli qutblangan bo'ladi. Komponentlarning intensivligi birinchi holda o'zaro $I_{-\sigma}=I_{+\sigma}$ teng bo'lib, ikkinchi holda $I_{-\sigma}=I_{+\sigma}=I_{\pi}$ /2 nisbat ko'rinishida bo'ladi.

Magnit maydoni kuchlanganligining kattaligi H hosil bo'lgan komponentalar to'lqin uzunliklarining ayirmasiga proporsional bo'ladi, ya'ni:

$$H = k\Delta\lambda_H$$

bu o'rinda:

$$\Delta\lambda_H = \frac{\lambda_{+\sigma} - \lambda_{-\sigma}}{2} = \lambda_{\pi} - \lambda_{-\sigma} = \lambda_{+\sigma} - \lambda_{\pi}$$

Savol va topshiriqlar

1. Quyosh tabiatiga ko'ra osmon jismlaridan qaysi biriga kiradi?
2. Quyoshning spektri va kimyoviy tarkibi haqida nima bilasiz?
3. Quyoshning ichki tuzilishini sxematik ko'rinishda bayon qiling.
4. Fotosferada qanday obyektlar kuzatiladi?
5. Quyosh dog'larining fizik tabiati haqida gapiring.
6. Dog'lar soni qanday o'zgaradi?
7. Quyosh aktivligi va uning sikli haqida nima bilasiz?

5-§. Quyoshning temperaturasi

Astrofizikaning murakkab masalalaridan biri osmon jismlari temperaturasini aniqlashdir. Ma'lumki, temperatura modda holatini xarakterlaydigan asosiy kattalik bo'lib, uning fizik xususiyatlari ko'p jihatdan temperaturasiga bog'liq bo'ladi. Astronomlar uchun bu masalaning qiyinchiligi shundaki, ular, birinchidan, Yer tajribalaridagi kabi tekshirilayotgan jismga o'rnatilgan maxsus priborlar yordamida bevosita temperaturani o'lchash imkoniyatiga ega emas va, ikkinchidan, osmon jismlari temperaturasini aniqlashda ko'p hollarda osmon yoritgichlari nurlanishlarini absolyut qora jism nurlanishi deb qarab va uning qonunlarini qo'llab temperatura aniqlanadi. Biroq haqiqatda bu qonunlarni qo'llash yoritgichlar uchun har doim ham o'rinli bo'lavermaydi, chunki eslatilgan qonuniyatlar termodinamik

muvozanatda bo'lgan nurlanadigan muhit uchungina o'rinlidir. Shu tufayli topilgan kattaliklar ma'lum xatoliklarni o'z ichiga oladi. Shunga qaramay, yulduzlar va xususan, Quyosh temperaturasini aniqlashda ma'lum shartlar bilan Plank, Stefan-Boltsman va Vinning siljish qonunlaridan fodalaniladi. Quyosh spektrida energiyaning to'lqin uzunligi

bo'yicha taqsimlanish egriligida maksimum nurlanish $\lambda = 4300$ Å to'lqin uzunligiga to'g'ri keladi. Bu kattalik orqali Vinning siljish qonuniga ko'ra:

$\lambda_{max} T = 2,9 \cdot 10^{-3} K \cdot m$ aniqlangan temperatura $T = 6744\ K$ chiqadi.

Quyoshning 1 m^2 yuzasida 1 s da chiqadigan energiya miqdori:

$$6,26 \cdot 10^7 J/(c \cdot m^2)$$

u holda Stefan-Boltsman qonuni orqali aniqlangan effektiv temperatura $\varepsilon_0 = \sigma T^4_{eff}$ formuladan

$$T = 5760\ °K$$

bu o'rinda $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} J/(c \cdot m^2 \cdot K^4)$

Jismning *effektiv temperaturasi* deb shunday absolyut qora jismning temperaturasiga aytiladiki, uning 1 sm^2 yuzasi butun nurlanish spektri bo'yicha chiqargan energiyasi berilgan jismning 1 sm^2 yuzasi chiqaradigan energiyaga teng bo'ladi.

Ravshanlik temperaturasi deyiluvchi temperatura esa ma'lum to'lqin uzunligi (λ, $\lambda+\Delta\lambda$) intervalida Plank formulasi:

$$\varepsilon_\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}$$

dan foydalanib topiladi. Plank formulasi absolyut qora jism uchun o'rinli ekanligi e'tiborga olinsa, ravshanlik temperaturasi quyidagicha ta'riflanadi. *Jismning ravshanlik* temperaturasi deb uning ma'lum to'lqin uzunligidagi 1 sm^2 yuzasi chiqaradigan to'la energiyasi shu to'lqin uzunligida $1sm^2$ yuzasi chiqaradigan shunday energiyaga teng bo'lgan absolyut qora jismning temperaturasiga aytiladi, Quyosh spektrining

5500 Å to'lqin uzunligi uchun aniqlangan ravshanlik temperaturasi 6400 K atrofida bo'ladi. Siyrak plazmada temperatura, bu plazmani tashkil qiluvchi zarralarning kinetik energiyasi bo'yicha aniqlanadigan

temperatura bilan o'lchanadi va u plazmaning *kinetik temperaturasi* deb yuritiladi. Plazmada zarralarning kinetik energiyasi $\frac{m\upsilon^2}{2} = kT_k$, bu o'rinda

υ – ma'lum atomning eng katta ehtimoliy tezligi, $k = \frac{m}{\mu}R$, m – atomning massasini, μ – molekulyar og'irligini, R – Ridberg doimiysini xarakterlaydi. U holda:

$$T_k = \frac{\mu\upsilon^2}{2R}$$

bo'ladi.

Agar λ – atomning nurlanish to'lqin uzunligini va $\Delta\lambda$ – spektral chiziqning Dopplercha siljishini belgilasa, unda tezlik u quyidagi munosabatdan topiladi: $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\upsilon_r}{c}$, bu o'rinda c – yorug'lik tezligi. Natijada oldingi formulaga muvofiq kinetik temperatura quyidagi ifodadan topiladi:

$$T_k = \frac{mc^2}{2k}\left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda}\right)^2$$

6-§. Quyosh ichki qatlamlarining tuzilishi

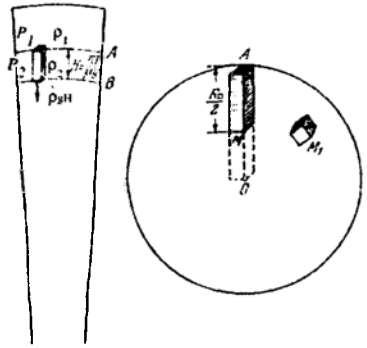
Quyosh markaziga tomon temperatura ortishi bilan bosim ham ortib boradi. Ma'lum qatlamdagi bosim uning ustki qismidagi qatlamlar og'irligi bilan belgilanadi.

Bosimning Quyosh markaziga tomon ortib borishi, o'z navbatida, zichlikning ortib borishiga olib keladi. Quyoshning ichidagi bunday H balandlikdagi qatlamning ustki va quyi qismidagi bosimlar farqi bu qatlamning o'rtacha zichligi orqali quyidagicha topiladi (84-rasm):

$$P_2 - P_1 = \rho\, gH \qquad (1)$$

bu o'rinda zichlik,qatlam chegarasida ρ_1 va ρ_2 zichliklarga ko'ra

$$\rho = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} \qquad (2)$$



84-rasm. Quyosh markazida bosimni aniqlashga doir chizma

dan topiladi. Bu qatlam uchun Mendeleyev-Klapeyron tenglamasini qo'llasak:

$$PV = \frac{m}{\mu} RT \tag{3}$$

yoxud

$$\frac{m}{V} = \frac{\mu}{RT} P \tag{3'}$$

bo'ladi. Qatlam uchun ortacha bosim

$$P = \frac{P_1 + P_2}{2} \tag{4}$$

u holda (3') va (4) ga ko'ra zichlik:

$$\rho = \frac{\mu}{RT} \cdot \frac{P_1 + P_2}{2} \tag{5}$$

ni topamiz. Endi (5) ni (1) ga qo'ysak:

$$P_2 - P_1 = \frac{\mu g}{2RT} H(P_1 + P_2) \tag{6}$$

Bu o'rinda $\frac{RT}{\mu g}$ – *uzunlik* o'lchami bo'lib, muhim fizik ma'noga ega kattalikdir, aniqroq qilib aytganda,

$$H = \frac{RT}{\mu g} \tag{7}$$

qalinlikdagi qatlamning temperaturasi o'zgarmas bo'lsa, bu qatlamning quyi va yuqori chegaralarida bosim va zichlik bir-biridan qariiyb uch marta farq qiladi. Darvoqe (7) ni (6) ga qo'ysak:

$$P_2=3P_1 \qquad (8)$$

bo'lishini ko'ramiz. H *balandlik shkalasi* deyilib, T=10 000 °C, μ=1/2 (ionlashgan vodorod uchun), $g=2,7\cdot10^2\ m/c$ bo'lganda $H=6\cdot10^5 m$ ni tashkil etadi. Binobarin Quyoshda 600 km qalinlikdagi qatlamning quyi chegarasida zichlik, uning yuqori chegarasidagi zichlikdan uch marta ortiq bo'lar ekan.

Shuningdek, agar Quyosh bir jinsli, ya'ni uning qa'rida modda bir tekis taqsimlangan deb qaralsa, u holda Quyosh ichki qismining tuzilishi va fizik parametrlari haqida bir qancha ma'lumotlarni qo'lga kiritish mumkin. Ma'lumki, bir jinsli deb qaralayotgan Quyoshning ichki xossasi real Quyoshning o'rta qismiga to'g'ri keladigan sharoitga yaqin bo'ladi.

Quyoshning o'rtacha zichligi ρ=1,41 g/sm³ ligidan uning o'rta qismida bosim, ko'ndalang kesimi 1 sm² va balandligi $R_\odot/2$ bo'lgan ustunchaning og'irligiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$P=\bar{\rho}_\odot \frac{R}{2}\odot g \qquad (9)$$

Bu o'rinda g – erkin tushish tezlanishining kattaligi

$$g=G\frac{\frac{1}{8}m_\odot}{\left(\frac{R_\odot}{2}\right)^2}=\frac{1}{2}\frac{Gm}{R_\odot^2}\odot=\frac{1}{2}g_\odot=1,37\cdot10^2\frac{sm}{s^2} \qquad (10)$$

bo'ladi. Chunki zichlik bir xil bo'lib, *R/2* radius bilan chegaralangan sferaning ichida Quyoshning 1/8 massasi mujassamlangan. U holda Quyoshning o'rta qismida bosim quyidagi tenglamadan topiladi:

$$P=\frac{G}{4}\bar{\rho}_\odot\frac{m_\odot}{R_\odot}=6,6\cdot10^{13}\ din/sm^2 \qquad (11)$$

Bosim va zichlikka ko'ra, Quyoshning o'rta qismi temperaturasi gaz-holat tenglamasidan quyidagicha aniqlanadi:

$$T=\frac{\mu P}{R\bar{\rho}_\odot}\ \frac{\mu}{4}\frac{GM_\odot}{R\,R_\odot}=2,8\cdot10^6 K \qquad (12)$$

Quyosh temperaturasi, uni bir jinsli emasligini e'tiborga olib hisoblaganda bu qiymatdan biroz farq qilib, $3,4 \cdot 10^6 K$ ni tashkil etadi. Turli metodlarni qo'llab, Quyoshning turli qatlamlarida va markazida aniqlangan bosim, zichlik va temperaturaning qiymatlari quyidagi jadvalda keltirilgan.

Markazdan uzoqlik	Temperatura	Bosim	Zichlik
R/R_0	T (K)	$P(\frac{din}{sm^2})$	ρ kg/m³
0	$1,5 \cdot 10^7$	$2,2 \cdot 10^{16}$	$1,5 \cdot 10^5$
0.20	10^7	$4,6 \cdot 10^{15}$	$3,6 \cdot 10^4$
0.50	$3,4 \cdot 10^6$	$6,1 \cdot 10^{13}$	$1,3 \cdot 10^3$
0.80	$1,3 \cdot 10^6$	$6,2 \cdot 10^{11}$	35,0
0.98	10^5	10^9	1,0

Jadvaldan ko'rinadiki, markazda temperatura 15 million gradusgacha, bosim bir necha yuz milliard atmosferagacha (1 atm.$=10^5$ H/m^2) boradi. Bunday sharoitda atomlarning tezligi juda katta bo'lib, xususan vodorod atomi uchun sekundiga yuzlab kilometrga yetadi. Bosim yuqori bo'lgani tufayli bunday tezlikda atomlar tez-tez to'qnashib turadi. To'qnashuvchi atomlar ayrimlarining yadrolari bir-biriga juda yaqin kelib, yadro reaksiyalarini (yadroviy sintezni) vujudga keltiradi. Bunday yadroviy reaksiyalar yuqori temperatura va juda katta bosim sharoitida gina ro'y berganidan termoyadro reaksiyalari deb yuritiladi. Quyosh energiyasining asosiy manbai ana shunday reaksiyalar bo'lib, ular haqida alohida to'xtalamiz.

Savol va topshiriqlar

1. Quyoshning effektiv temperaturasi deb qanday temperaturaga aytiladi? Quyoshning effektiv temperaturasining miqdori qanchaga teng?
2. Quyoshda balandlik shkalasi deb qanday fizik kattalikka aytiladi? Uning fizik ma'nosini tushuntiring.
3. Quyoshning o'rta qismida (ya'ni Ro/2) bosim va temperaturaning miqdori qanchaga teng?
4. Quyosh markazidagi temperatura, bosim va zichliklarning o'rtacha miqdorlarini ayting.

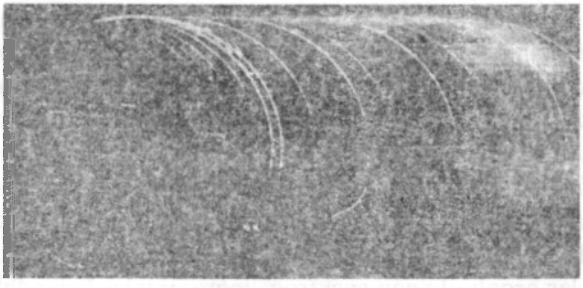
7-§. Xromosfera va uning obyektlari

Xromosfera Quyosh atmosferasining o'rta qatlami bo'lib, qalinligi 12÷15 ming km ga yaqin. Xromosfera («xromos» – yunoncha rangli) nurlanishi fotosferaga nisbatan juda kuchsiz bo'lib, asosiy nurlanish bir necha kuchli spektral chiziqlarning to'lqin uzunliklaridagina kuzatiladi.

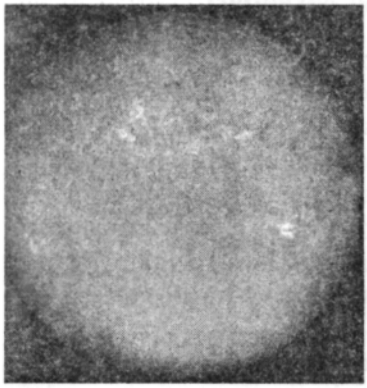
Bu spektral chiziqlar vodorod, geliy, ionlashgan kalsiy atomlarining chiziqlari bo'lib (85-rasm), xromosferani o'rganish bu chiziqlarning to'lqin uzunliklarida kuzatish va rasmga tushirish imkoniyatini beradigan teleskoplarda olib boriladi. Bunday teleskoplar xromosfera-fotosfera teleskoplari deb ataladi.

Oddiy refraktor teleskopida Quyoshning tasviri yasalgach, unga xromosfera qaysi nurda tekshirilmoqchi bo'lsa, aynan shu to'lqin uzunligidagi nurnigina (ko'pincha Hα -λ 6562 A° yoki Ca II ning H va K -λλ 3968 A°, 3934 A°) o'tkaza oladigan interferension-polyarizatsion filtr (IPF) o'rnatiladi. Filtrdan so'ng xromosferani tanlangan spektral chiziq to'lqin uzunligidagi nurlarda ko'rish yoki kinokamera yordamida rasmga tushirish mumkin (86-rasm). Xromosferaning biror spektral chiziq to'lqin uzunligidagi nurda olingan rasmi spektrogeliogramma deb yuritiladi.

Spektrogeliogrammadan ko'rinadiki, xromosferaning strukturasi bir jinsli bo'lmay tolali xarakterga ega. Xromosferada Quyosh dog'lari ham kuzatilsa-da, biroq unda dog'lar fotosferadagi aniqligini yo'qotgan holda ancha xiralashib ko'rinadi. Xromosferaning yuqori sifatli spektri Quyoshning to'la tutilishi paytida olinadi. Oy diski bilan Quyosh gardishining to'la to'silishida (tutilishning ikkinchi kontakti momentida) Quyoshning sharq tomonida faqat xromosfera «o'rog'i» yorqin



85-rasm. Xromosferaning emission spektri (Quyosh to'la tutilishi paytida olingan)



86-rasm. Quyoshning vodorodning Hα chizig'iga tegishli spektrogeliogrammasi

shu'lalanadi. Shundan so'ng biroz o'tmay xromosfera «o'rog'i» Quyoshning g'arb tomonida (tutilishning uchinchi kontakti momentida) shu'lalanadi. Xromosferaning spektri sharqiy va g'arbiy «o'rog'i» shu'lalangan momentlarda olinib o'rganiladi. Undagi ravshan spektral chiziqlar – geliy, vodorod va ionlashgan kalsiy atomlariga tegishlidir. Spektrda oson uyg'onuvchi (uyg'onish potensiali nisbati kam bo'lgan) atomlarning emission chiziqlari xiralashib, ularning yuqori uyg'onish potensialiga ega bo'lgan chiziqlari ravshanlashadi.

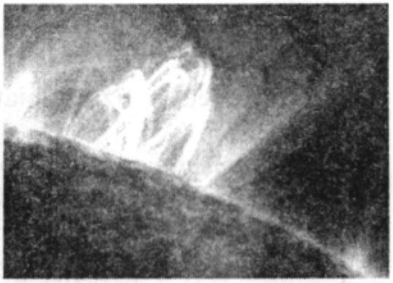
Xromosferada tabiatan bir-biridan farqlanuvchi qo'yidagi obyektlar kuzatiladi: *spikulalar, flokkulalar, protuberanetslar va chaqnashlar.*

Spikulalar – xromosferadagi o'lchamlari nisbatan kichik obyektlardir. Ular o'tkir uchli konus ko'rinishida bo'lib, o'qi Quyosh radiusi bo'ylab yo'naladi. Spikulalar Quyosh diski chetida, arrani eslatuvchi tishli aylana ko'rinishida uni chegaralaydi. Spikulaning balandligi bir necha ming kilometrgacha, asosining diametri esa ming kilometrgacha boradi. Spikulalar uzoq vaqt yashamaydi va hayotining so'nggida sekundiga 20-40 kilometr tezlik bilan Quyosh atmosferasining tashqi toj zonasigacha ko'tarilib, ko'pchiligi u yerda yo'qoladi va qisman xromosferaga qaytadi. Binobarin, xromosferaning Quyosh toji bilan modda almashinuvi asosan spikulalar vositasida amalga oshadi. Spikulalarning yashash davri 2-5 minutdan oshmaydi.

Ma'lum bo'lishicha, aktiv zonalarda (magnit maydonli) spikulalar aniq bir yo'nalish bo'yicha yotib, ularning dinamikasi ham bir xil kechadi. Spikulalar xromosfera panjarasi deyiluvchi yirik strukturani hosil qiladi. Mazkur struktura, fotosfera ostidagi to'lqin harakati tomonidan vujudga keltiriladi deb taxmin qilinadi.

Flokkulalar – xromosferasining fotosfera mash'allari ustidagi sohalari bo'lib, ular ham mash'allar kabi ravshanligi bilan ajralib turadi. Faqat ionlashgan kalsiy (K va H) va Hα chiziqlariga mos to'lqin uzunliklaridagi nurlarni o'tkaza oladigan filtrlar orqali olingan spektrogeliogrammalar balandlik ortgan sayin xromosfera flokkulalari ravshanliklarining ortishini ko'rsatadi.

Kalsiyli va vodorodli flokkulalar ravshan ko'rinishining sababi flokkulalar egallagan maydonning temperaturasi, atrof xromosferaga nisbatan yuqori bo'lishidadir.



87-rasm. Quyosh protuberantslari

Ma'lumki, xromosfera granulalardan kelayotgan to'lqin oqimi bilan qizdiriladi. Mash'allar ustiga to'g'ri keladigan xromosferaning qizdirilgan bu qismlari fotosferaning aktiv sohasidan ko'tarilayotgan quvvatli oqimning natijasidir. Flokkulalarda temperaturaning balandlik bo'ylab ortishi mazkur quvvatli oqim qatori balandlik bo'ylab atmosferaning siyraklashishi bilan ham tushuntiriladi. Mash'allar va flokkulalar tabiatlarining bir-biriga yaqinligi, ular vujudga kelishida aniq bir mexanizm sabab bo'ladi degan fikrning tug'ilishiga asos bo'ldi. Flokkulali sohalarda Quyosh dog'lari bo'lsa, uning ravshanligi va maydoni dog'ning aktivligiga bog'liq. Agar Quyoshdagi dog' murakkab dog'lardan bo'lsa, u holda flokkula maydonining ayrim sohalarida ravshanlik o'zgarib turadi. Bu flokkulalar ham, fotosfera mash'allari kabi, Quyosh dog'lari bilan genetik bog'lanishda ekanligidan xabar beruvchi dallilardan ekanligini ko'rsatadi.

Protuberanetslar – xromosfera gardishining chekka qismlarida limb chegarasidan bir necha yuz ming kilometrgacha ko'tarila oladigan «olovli tillar»dir (87-rasm). Ular turli formalarda, xususan pichan g'arami, halqasimon shakllarda bo'lib, ko'pincha Quyosh sirtiga perpendikulyar bo'ladi. Protuberanetslarning asosi xromosferada yotib, uch qismi Quyosh atmosferasining toj qismigacha boradi. Protuberanetslar xromosfera va Quyosh tojida modda almashinuvida asosiy «tomirlardan» hisoblanadi. Protuberanetslarning temperaturasi 20000 K ga yaqin.

Protuberanets diskka proyeksiyalanganda uning ko'rinishi qora tola shaklida bo'ladi. Protuberanetslar Quyoshning eng yirik obyektlaridan bo'lib, ularning uzunligi va balandligi bir necha yuz ming km gacha, asosining qalinligi esa bir necha yuz km gacha yetadi.

8-§. Protuberanetslarning sinflari. Xromosfera chaqnashlari

Protuberanetslar fizik tabiatiga ko'ra uch guruhga bo'linadi: *sokin, aktiv va eruptiv.*

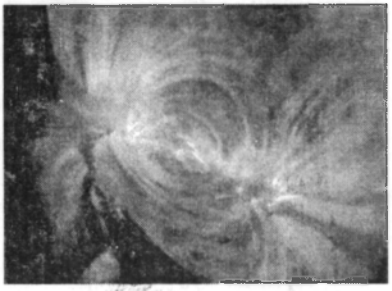
Sokin protuberanetslar vaqt o'tishi bilan shaklini deyarli o'zgartirmaydi va uzoq vaqt yashay olishi bilan boshqalardan farq qiladi. Bunday protuberanetslar vaqt davomida o'z ravshanligini ayrim uchastkalaridagina o'zgartirib, ichki harakat bilan chegaralanadi.

Aktiv protuberanetslar asosan Quyosh dog'lari bilan bog'langan bo'lib, uzluksiz turli harakatlarda ishtirok etadi. Ba'zan ular ma'lum kanal bo'ylab xromosferadagi «tortishish markazi» deb yuritiladigan nuqtalarga tomon harakatlanadi.

Eruptiv protuberanetslarga xos xususiyatlardan biri – ular kutilmaganda va katta tezlik bilan tartibsiz harakatda bo'lishidadir. Bunday protuberanetslarning harakat tezligi sekundiga 500 dan 1000 km gacha bo'ladi. Aktiv protuberanetslarning aksariyati murakkab Quyosh dog'lari bilan bog'langan.

Xromosfera chaqnashlari. Xromosfera kuzatilayotgan eng quvvatli obyektlardan biri chaqnashlardir. Chaqnashlar asosan aktiv sohalarda, aniqrog'i, dog'li zonalarda kuzatiladi. Bu obyektlar juda murakkab bo'lib, chaqnash jarayoni, quvvati jihatdan minglab vodorod bombasi portlaganda ajraladigan energiyasiga teng. Chaqnash davomida Quyoshdan yulduzlararo bo'shliqqa millionlab tonna korpuskulyar zarrachalar oqimi sekundiga 500÷1000 km tezlik bilan otiladi. Chaqnash kuzatiladigan joyda ultrabinafsha, rentgen va radiodiapazonda nurlanish bir necha martaga ortadi. Chaqnashlarning eng quvvatlilari kuzatilganda, ular asosan protonlardan iborat kosmik nurlar bilan nurlanishi ma'lum bo'ladi. Protonli chaqnash deb yuritiladigan bu chaqnashlarning nurlanishlari Yer atrofida ochiq fazodagi kosmonavtlar hayoti uchun ayniqsa xavflidir. Garchi chaqnashlar xarakterli quvvati jihatdan turli xilda bo'lsa-da, aslida ular tabiatiga ko'ra bir-biriga o'zaro yaqin. Chaqnashlar protuberanetslardan farq qilib, toj qismiga ko'tarilmaydi va Quyosh gardishida ham ravshan ko'rinadi. Chaqnashning boshida dog' atrofidagi flokkulali sohada joylashgan ravshanroq nuqta qisqa vaqt ichida ravshanligini keskin orttirib, u egallagan maydon ham shunga proporsional ravishda tez ortadi. Ayrim quvvatli chaqnashlarni e'tiborga olmaganda chaqnashlarning o'rtacha vaqti bir necha minutdan oshmaydi.

Dog'li sohalarda chaqnash-ning qayta-qayta hosil bo'lishi ko'pin-cha ma'lum bir joylarda qaytarilishi bilan e'tiborli.



88-rasm. Xromosfera chaqnashlari

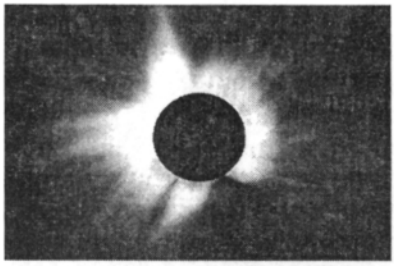
Shuni aytish kerakki, dog'li guruhda turli qutbli magnit maydoniga ega bo'lgan dog'lar orasida magnit maydon kuchlanganligi nolga teng bo'lgan chiziq («nolli chiziq» deb yuritiladi) chaqnashlar kuzatiladigan asosiy zonalardan hisoblanadi. Quyosh chaqnashlari asosan vodorodning Hα (λ=6562A°) chizig'ida kuzatilib, eng quvvatlilarinigina oq nurda ko'rish imkoni tug'iladi. Rasmda bir guruhga tegishli turli qutbli ikki dog' orasida tug'ilgan xromosfera chaqnashi tasvirlangan (88-rasm).

Chaqnashlarning spektri Quyosh diski chekkasida olingan xromosferaning spektridan keskin farq qilmaydi va asosan vodorod, geliy hamda ionlashgan kalsiyning emission chiziqlaridan iborat bo'ladi.

Chaqnashlarning Quyosh sirtida geliografik koordinatalar bo'yicha taqsimlanishi dog'larning taqsimlanishi bilan deyarli bir xil bo'ladi. Ular egallagan maydoni va ravshanliklariga ko'ra, besh balli sistemada (–1, 1, 2, 3,+3) xarakterlanadi.–1 balli chaqnash 20 minutgacha yuz bergani holda, +3 balli quvvatli chaqnashlar jarayoni qariyb uch soatcha davom etadi. Chaqnash vaqtida xromosfera strukturasini tashkil qilgan detallarning ravshanligi keskin ortib, chaqnash egallagan maydon milliardlab kvadrat kilometrgacha cho'ziladi.

9-§. Quyosh toji

Toj Quyosh atmosferasining sirtki qismi bo'lib, balandligi turli radial yo'nalishlarda turlicha bo'ladi. Ayrim radial yo'nalishlarda Quyosh tojining balandligi 10 million kilometrgacha yetadi. Tojning ravshanligi Oyning to'linoy fazasidagi ravshanligiga ham yetmasligi tufayli, uni oddiy ko'z bilan ko'rishning iloji yo'q. Asrlar davomida Quyosh tojini faqat Quyosh to'la tutilgandagina kuzatishgan. Faqat XX asrning o'rtalariga kelib, olim Lio (Fransiya) yaratgan koronagraf yordamida Quyosh tojini tutilishlarsiz ham kuzatish imkoni paydo bo'ldi. Koronograf – oddiy refraktorda yasalgan Quyosh tasvirini «sun'iy oy» bilan to'sish va so'ngra



89-rasm. Quyosh toji

interferension-polyarizatsion filtrdan (IPF) o'tkazish orqali ma'lum to'lqin uzunligida tojning tasvirini olishga imkon beruvchi maxsus teleskopdir. Bunda «sun'iy oy» – konus sirtli, asosining diametri refraktor yasagan Quyosh tasvirining diametriga teng bo'lgan ko'zgu bo'lib, u yordamida Quyoshning fotosfera bilan chegaralangan tasviriga tegishli nurlar teleskop trubasidan tashqariga chiqarilib yuboriladi. Quyosh diski atrofidagi tojning tasviri IPF ga tushadi. Bu filtr toj spektridagi ravshan spektral chiziqlardan birining (ko'pincha Fe XIV λ=5303 A° chizig'i) to'lqin uzunligiga mos (ya'ni faqat o'sha to'lqinlarni o'tkazadigan) qilib yasaladi. Agar toj spektrini olish zaruriyati tug'ilsa, IPF o'rniga spektrograf o'rnatiladi.

Toj ravshanligiga qarab, ikki qismga bo'linadi: Quyosh diski chegarasidan 0,5÷1 $R_\odot$ masofagacha cho'zilgan ravshan qismli ichki toj (89-rasm) va bu chegaradan tashqarida yotgan tashqi toj. Ichki tojda yoysimon va bulutsimon obyektlar kuzatiladi. Bu obyektlar xromosferaning aktiv sohalari, ayniqsa protuberanetslar bilan ta'sirlanadi va natijada o'zgarib-harakatlanib hamda yo'qolib turadi. Tojning spektri, kuchsiz tutash spektri fonidan va bu fonda joylashgan yorug' (emission) chiziqlardan tashkil topadi. Emission chiziqlarning ravshanligi tojning balandligi ortgan sayin xiralashib boradi. Tojdan kelayotgan nur qutblangan bo'lib, Quyosh sirtidan 0,5$R_\odot$ ($R_\odot$ – Quyosh radiusi) – balandlikda qutblangan nurlar, uning butun nurlanishining 50 foizini tashkil qiladi. Nurning bunday qutblanishi, xarakteriga ko'ra, tojda nurni sochayotgan zarrachalar tabiati haqida fikr yuritishga imkon beradi. Ma'lum bo'lishicha, yorug'likning bunday kuchli qutblanishi faqat uning *erkin elektronlarda sochilishi* tufayligina bo'lishi mumkin. Astronomlarning bu fikri dastlabki kuzatishlardanoq tasdiqlandi.

Ma'lumki, qarash chizig'i bo'ylab tojning qismlariga fotosferadan tushayotgan nurni elektronlar faqat 90°li burchak ostidagina emas, balki undan katta va kichik burchaklarda ham sochadi. Shuning uchun tojda qutblanish qisman kuzatiladi. Quyoshdan ancha uzoqdagi toj qismida sochilayotgan nurlar 90° yaqin burchak ostida bo'ladi, binobarin bu zonada qutblanish maksimumga intiladi. Biroq undan ham balandda, tashqi toj

qismida, qutblanish kamayadi va bu qismdan kelayotgan nurlar fraungofer chiziqlarini berib, oddiy Quyosh spektriga o'xshash, biroq juda kuchsiz (xira) spektrni beradi. Bu qismdagi nurlanish haqiqiy tojga tegishli bo'lmay, sayyoralararo bo'shliqdagi *chang zarrachalarda sochilayotgan Quyosh nurlarining spektriga* tegishlidir.

Tojdagi erkin elektronlar va ionlarning konsentratsiyasi o'zaro teng bo'lib, hisoblashlar har kub santimetrga teng toj ustunida ularning soni taxminan 10^8 ga tengligini ko'rsatadi. Quyosh toji spektridagi emission chiziqlar *tojdagi atomlarning yuqori darajada ionlashgan chiziqlariga mos keladi.* Ulardan eng intensivlari Fe XIV (to'lqin uzunligiga 5303 A°), ya'ni 13 elektronini yo'qotgan temir atomining chizig'i, FeX (to'lqin uzunligiga 6374 A°) va boshqa kuchsiz chiziqlardir. Bundan yuqori uyg'onish potensialiga ega bo'lgan ionlashgan atomlar spektral chiziqlarining tojda hosil bo'lishi sababi, u yerda atmosfera siyrak bo'lganidan uzoq vaqt davomida elementar zarrachalar, xususan, erkin elektronlarning ma'lum vaqt birligi ichida, to'qnashishlar soni juda kam bo'lganidan ular katta tezlikka erisha oladilar. Natijada katta energiyali bu zarrachalar, atomlarni yuqori darajada ionlashtirishga muvaffaq bo'ladilar.

10-§. Quyoshning radionurlanishi

Quyoshning radionurlanishi ikki qism – doimiy va o'zgaruvchan komponentlardan iborat. Bulardan birinchisi sokin Quyoshga, ikkinchisi o'zgaruvchan Quyoshga tegishli. Quyosh toji, ko'zning ko'rish chegarasidagi Quyoshning chiqaradigan nurlarini deyarli yutmaydi, biroq radionurlanishlarni kuchli yutadi, sindiradi va qaytaradi. Quyosh tojining o'zi millimetrdan to metrli to'lqin uzunligigacha bo'lgan radionurlarni chiqaradi. Bunda millimetrli nurlar Quyosh tojining ostki qatlamlaridan, santimetrli va metrli to'lqin uzunligiga ega bo'lgan radionurlar esa atmosferaning sirtqi qatlamlaridan chiqariladi. Quyosh tojining radionurlanishiga ko'ra, aniqlangan ravshanlik temperaturasi toj balandligining ortishi bilan kamayib boradi.

Shuningdek, tojdan uzluksiz korpuskulyar zarralarning oqimi chiqib turishi aniqlangan. Bu oqimning tezligi Quyoshdan uzoqlashgan sayin ortib borib, Yer yaqinida u 300–400 km/sek ga yetadi. Quyosh tojining sayyoralararo bo'shliqda bu xilda kengayishi «Quyosh shamoli» deb yuritiladi.

11-§. Quyosh yadroviy energiyasining manbalari

Hisoblashlardan ma'lumki, Quyoshning markaziy qismidagi temperatura 15 million gradusdan ziyod bo'lib, bosimi ikki yuz milliard atmosferadan ortadi. Bunday sharoitda atomlar juda harakatchan bo'lib, ularning tezliklari sekundiga bir necha yuz kilometrga teng. Zichlikning katta bo'lishi esa, atom va ionlarning tez-tez to'qnashuviga sabab bo'ladi. Natijada ayrim katta tezlikli to'qnashuvlar, yadro reaksiyasining vujudga kelishiga olib keladi.

Quyoshda ikki xil termoyadroviy reaksiya asosiy rol o'ynaydi. Bulardan biri proton-protonli siklli reaksiya deyilib, bu reaksiya natijasida to'rtta vodorod atomi hisobiga geliy hosil bo'ladi (90-rasm). Reaksiya borishida og'ir vodorod (deyteriy) va geliyning izotopi hosil bo'ladi. Umuman reaksiyaning borishi quyidagicha kechadi:

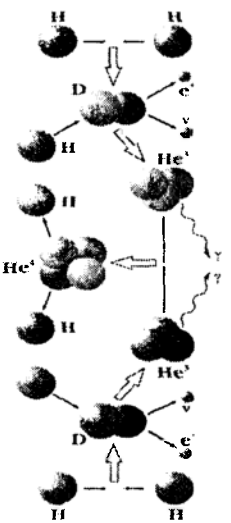
$$H^1+H^1 \rightarrow D^2+e^++\nu$$
$$D^2+H^1 \rightarrow He^3+\gamma$$
$$He^3+He^3 \rightarrow He^4+2H^1$$

Bunday sharoitda 11 mingdan 16 ming gradusgacha bo'lgan plazmada ajralgan energiya miqdori quyidagi ifodadan topiladi:

$$\varepsilon = 9{,}6\cdot10^6\cdot\rho\chi^2T^4 \text{ erg/s},$$

bu o'rinda ρ – zichlik (g/sm^3 larda), χ – vodorodning nisbiy miqdori.

Mazkur yadro reaksiyalar asosan Quyosh markazida kuzatilib, uning yadrosidan uzoqlashgan sayin tezda so'na boshlaydi. Markazdan 0,2–0,3 $R_\odot$ masofa orasida faqat proton-proton siklli reaksiya hukmron bo'ladi. Markazdan 0,3 $R_\odot$ masofada temperatura 5 million gradus atrofida bo'lib, yadro reaksiyalarining kechishi uchun sharoit butunlay yo'qoladi.



90-rasm. Quyosh markazida kechadigan proton-proton siklli termoyadro sintezi reaksiyasi. (H – vodorod yadrosi, D – deyteriy yadrosi He^3 – geliy izotopi yadrosi, e^+ – pozitron, ν – neytrino, γ – nurlanish kvanti

12-§. Quyosh aktivligi va uning Yer atmosferasi hamda biosferasiga ta'siri

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

Bir-biridan 150 million kilometr uzoqlikda joylashgan bu ikki osmon qismi (aniqrog'i Quyosh va uning yo'ldoshi) orasidagi bog'lanishni qanday tushuntirish mumkin, bu katta masofada vositachi rolini nima o'ynaydi, degan savol tug'iladi.

Yerda Quyosh hayot manbai ekanligi va bunda uning nurlari yorituvchi va issiqliq baxsh etuvchi asosiy vosita ekanligi qadimdan ma'lum. Biroq keyingi yillarda Quyosh elektromagnit to'lqinlarining ko'zga ko'rinmaydigan qisqa to'lqinli diapazonlarida ham yetarlicha intensiv nurlanish borligi aniqlandi. Bu nurlar ultrabinafsha, rentgen va qisman gamma nurlari bo'lib, Quyoshdagi aktiv hodisalar, bu nurlar intensivligining ortishida asosiy manba bo'lib xizmat qiladi. Quyosh chaqnashlari va eruptiv protuberanetslardagi portlash tufayli bu nurlar oqimiga katta energiyali elementlar zarrachalar oqimi ham qo'shiladi. Quyosh shamoli deyiluvchi bu oqimning intensivligi Quyosh aktivligining fazasiga mos ravishida o'zgarib boradi. Quyoshdan kelayotgan korpuskulyar zarrachalar, radiatsion nurlar intensivligining bu xilda o'zgarib turishi Quyoshning aktivlik darajasiga bog'liq bo'lib, dog'lar sonining o'zgarib turishi bilan bir xilda kechadi.

Shubhasiz, «Quyosh shamoli» Yerga yetib kelgach, turli geofizik hodisalarning kelib chiqishiga sabab bo'ladi. Geofizik hodisalar esa o'z navbatida, sayyoramizning biologik sferasiga ta'sir etadi. Xususan, Quyosh radiatsiyasi tufayli ionosferaning ionlanish darajasi ortadi. Bu esa o'z navbatida, atmosferaning bu qatlamlarida elektr o'tkazuvchanlik, elektromagnit nurlarni qaytara olish qobiliyatini o'zgartiradi. Ba'zan Quyoshdan kelayotgan kuchli korpuskulyar oqim ionosferada qisqa uzunlikdagi elektromagnit to'lqinlar yutilishi darajasini shu qadar

orttiradiki, natijada atomlarning yuqori darajada ionlanishishi tufayli uzoq masofaga qisqa radio to'lqinlari uzatilishida bir necha minutli uzilish kuzatiladi. 1959-yili 9-may kuni Quyoshda kuchli xronosfera 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 mazkur chaqnashlardan otilgan korpuskulyar oqim Yerga yetgach, osmonda 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 aktivligiga mos kelishini aniqladi. Olimlardan R.P. Bogacheva va V.M. Boykolar esa oxirgi bir necha o'n yillik davr mobaynida Riga va O'zbekistonda poleomiyelit kasalliklari dinamikasini o'rganib, bu kasalliklarning avji Quyosh aktivligi fazasiga juda mos kelishini topishdi.

Olimlar Quyosh chaqnashining yurak-tomir kasalliklariga ta'sirini o'rganib, miokard infarkti 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 shaharlarida o'tkazilgan eksperiment kishi diqqatini o'ziga jalb etadi. Olim o'z eksperimentini Quyosh aktivligi va avtomobil avariyalari, ko'cha tasodifiy hodisalari orasida bog'lanish borligini aniqlashdek antiqa masalaga bag'ishladi.

Ma'lum bo'lishicha, Quyosh shamoli Yerga yetib kelgan kunlari avtomobillar bilan yuz beradigan halokatli hodisalar oddiy kunlarga nisbatan 3-4 baravar ortiq chiqadi.

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

Savol va topshiriqlar

1. Xromosfera qatlami, uning spektri va kimyoviy tarkibi haqida ma'lumot bering.
2. Xromosferadagi aktiv obyektlar – protuberantslar va xromosfera chaqnashlari haqida gapirib bering.

3. Quyosh toji deb Quyosh atmosferasining qaysi qatlamiga aytiladi va u qanday kuzatiladi?
4. Tojning spektri va unga ko'ra aniqlangan tojning kimyoviy tarkibi qanday?
5. Tojning radionurlanishi haqida nimalar bilasiz?
6. Quyosh aktivligi deganda nimani tushunasiz?
7. Quyosh aktivligi qanday geofizik hodisalarda o'z aksini topadi?
8. Quyosh aktivligining inson salomatligiga qanday ta'siri bor?

VII BOB. SAYYORALARNING FIZIK TABIATI

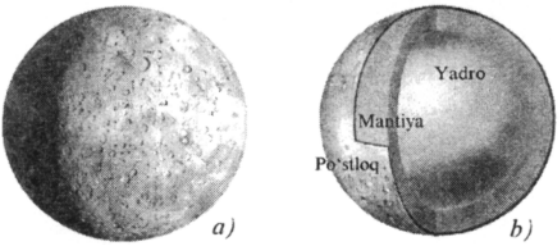
1-§. Merkuriy

Bu sayyora Quyosh sistemasidagi sakkizta sayyora ichida Quyoshga eng yaqini bo'lib, qadimda rimliklar uni sayohatchilarning panohi, savdo-sotiq xudosi nomi bilan Merkuriy, arablar esa uni Utorud deb atashgan (91 a-rasm). Utorudning orbitasi boshqa sayyoralarnikidan farq qilib, anchayin cho'zinchoq ellips ko'rinishidadir. Shu bois bu sayyoraning Quyoshdan uzoqligi 0,31 dan to 0,47 astronomik birlikkacha o'zgarib turadi, o'rtacha uzoqligi esa 58 million kilometrni tashkil qiladi. Merkuriyning diametri 4880 km bo'lib, uning sirtida tortishish kuchi Yernikidan 2,6 marta kam. Boshqacha aytganda, og'irligi Yerda 80 kG bo'lgan odam Merkuriyda atiga 30 kG chiqadi.

Utorud o'z orbitasi bo'ylab sekundiga o'rtacha 48 kilometr tezlik bilan harakatlanib, Quyosh atrofini 88 kunda to'la aylanib chiqadi. Qizig'i shundaki, Quyosh oilasi «kenja»sining bir kuni uning ikki yiliga teng, boshqacha aytganda sayyoraning bir kecha-kunduzi Yerning 176 kuniga tengdir.

Merkuriy sirtining kunduzgi o'rtacha temperaturasi +345 gradusgacha (Selsiy shkalasida) ko'tarilgani holda, kechasi – 180 gradusgacha pasayadi. Biroq shuni aytish kerakki, sayyora sirtining mayda tuprog'i issiqlikni yomon o'tkazganligi tufayli bir necha o'n santimetr chuqurlikda temperatura sirt temperaturasidan keskin farq qilib, 70-90 gradusni tashkil qiladi va juda kam o'zgaradi.

Merkuriyning relyefi va fizik tabiatiga tegishli ma'lumotlarni qo'lga kiritishning murakkabligi shundaki, bu sayyoraning harakat yo'li doimo



91-rasm. Merkuriyning sirt va ichki tuzilishi

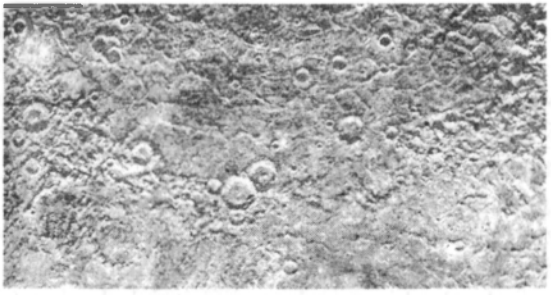
Quyoshdan kichik burchak masofada bo'ladi. Hatto sayyora Quyoshdan eng katta burchakka (29 gradusga yaqin) uzoqlashganda ham Quyoshning yorqin nurlari uni kuzatishga xalaqit qiladi.

1973-yilning oxirlarida sayyora tomon yo'lga chiqqan «Mariner-10» avtomatik stansiyasi 1974-yilning 21-sentyabrida, Merkuriydan 47 ming 981 kilometrlik masofada o'tayotib, sayyora sirtining 500 ga yaqin sifatli rasmini oldi. Bu rasmlar kenja sayyora «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 olingan suratlardan shundoqqina ko'rinib turibdi (92-rasm).

Merkuriy sirt jinslarining zichligi Oynikiga yaqin (3,0-3,3 g/sm^3) bo'lib, o'rtacha 5,44 g/sm^3 ekanligi, uning markaziy qismida temir yadrosi borligini ko'rsatadi. Eng kamida bu Merkuriy markazida silikat jinslar katta bosim ostida metallik holatga o'tayotganidan darak beradi (91-b rasm).

Sayyoralararo avtomatik stansiya «Mariner-10» Merkuriyning siyrak atmosferasi borligini ma'lum qildi. Sayyora sirtida atmosferaning bo'lish-bo'lmasligi odatda, talay omillar bilan aniqlanadi. Biroq bular ichida sayyoraning sirtida tortishish kuchining kattaligi va temperatura eng muhim rol o'ynaydi. Temperaturaning ortishi tufayli atmosferani tashkil etgan molekula va atomlarning tartibsiz issiqlik harakatlari ortadi. Oqibatda ma'lum tezlikka erishgan havo molekulalari sayyorani butunlay tark etadi. Xuddi shu sababdan Yer ham har kunda 100 tonnacha vodoroddan «judo» bo'ladi.

Kichik massali Merkuriy (Yer massasining 5,5 foiziga teng) sirtida bu qadar yuqori temperaturagacha (+420°C) qizish, sayyora atmosferasi asosiy qismining yo'qolishiga sabab bo'lgan deb qaraladi.



92-rasm. Merkyriyning «Mariner-10» olgan relyefi

Sayyora atmosferasi asosan geliydan tashkil topgan bo'lib, bosimi bu gazning Yer sirtidagi bosimdan 200 milliard marta kamlik qiladi. Sayyora sirtidagi barcha gazlar bosimi esa Yernikidan yarim million martacha kam. Biroq olimlar Merkuriy sirtida kutgan boshqa bir gaz – karbonat angidridning yo'qligi astronomlarni hayron qoldirdi.

1975-yil 16-martda «Mariner-10»ning Merkuriy yaqinidan uchinchi marta o'tishi sayyora magnit maydonini aniqlashga imkon berdi. Bunda avtomatik stansiya, sayyora sirtidan atigi 320 kilometrgina keladigan balandlikdan o'tdi va uning ekvator sohasida kuchlanganligi 3,5 erstedli, qutbida esa 7 erstedli magnit maydonini qayd qildi. Shuningdek, sayyoraning magnit dipoli Merkuriyning aylanish o'qi bilan 7 gradusli burchak hosil qilishi aniqlandi. Aniqlangan magnit maydonining strukturasi sayyoralarning magnit maydonlarining vujudga kelishi haqidagi mavjud gipotezani shubha ostida qoldirdi.

Gap shundaki, keyingi yillarda Yer magnit maydonining paydo bo'lishi, uning aylanishi natijasida metall yadrosida vujudga keladigan uyurmaviy tokning oqibatidan deb qaralardi. Shu bois sayyora qancha massiv bo'lsa va qancha tez aylansa, unda magnit maydonining kuchlanganligi shuncha katta bo'ladi degan xulosa fanda ma'lum darajada hukmronlik qilardi. Kichik massali va o'ta sekin aylanuvchi (boshqa sayyoralarga nisbatan) Merkuriyda Mars va Yerdagidan katta kuchlanishli maydonning mavjudligi jumboq.

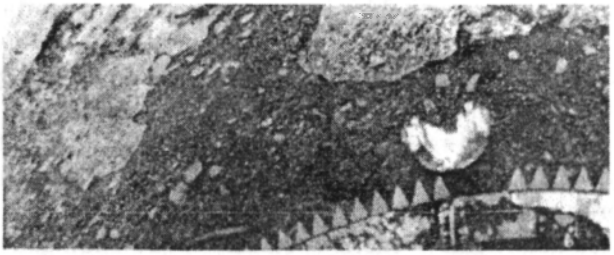
Merkuriyga yaqin «qarindosh» bo'lgan Oy tuprog'ida mikroorganizmlarning yo'qligi, iqlim sharoiti keskinligi Utorudda hayot bo'lishi uchun sharoit yo'q deb dadil aytishga to'la imkon beradi.

Merkuriyning yo'ldoshi yo'q.

2-§. Venera (Zuhro)

Qadim rim mifologiyasidagi sevgi xudosi nomi bilan Venera deb yuritiladigan bu sayyoraning Quyoshdan o'rtacha uzoqligi 108 million kilometrdir. Venera (sharqda Zuhro nomi bilan tanilgan) orbitasi bo'ylab sekundiga 35 kilometrli tezlik bilan harakatlanib, 225 kunda Quyosh atrofida bir marta to'la aylanib chiqadi.

Ravshanligi jihatidan Quyosh va Oydan keyin turadigan va qadimdan «Tong yulduzi» deb nom olgan bu sayyora ming yillar davomida kishilar diqqatini o'ziga tortib, «qo'zg'almas» yulduzlar fonida harakatlanishi ma'lum bo'lgan dastlabki «adashgan yoritgich»lardan hisoblanadi.



93-rasm. Zuhro sayyorasining «Venera» avtomatik stansiyasi tomonidan olingan rasmi

1610-yildayoq G. Galiley o'zi yasagan teleskopda bu sayyorani kuzatib, u Oy kabi turli fazalarda bo'lishini ko'rdi. Bu hodisa Zuhro ham Oy kabi sferik shakldagi osmon jismi ekanligining dastlabki isboti edi. Zuhroning 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'lishdi: sayyoraning harakati Quyosh diskida proyeksiyalandi. Bunday g'aroyib hodisa taniqli rus olimi M. V. Lomonosov tomonidan sinchiklab kuzatildi. Olim Veneraning Quyosh diskidan o'tishini kuzatayotib, sayyora qalin atmosfera bilan qoplanganligini aniqladi. Uzoq yillar davomida ana shu qalin atmosfera «paranji» misol Zuhroning sirt tuzilishini bizdan yashirib kelardi.

Kezi kelganda shuni aytish kerakki, Veneraning Quyosh diskiga proyeksiyalanib o'tishi juda kam uchraydigan hodisa bo'lib, Lomonosovning XVIII asrdagi mazkur kuzatishidan so'ng atigi 3 martagina kuzatildi, uning navbatdagi o'tishi esa 2004-yilning 8-iyunida bo'ldi. Sayyora sirtini spektral o'rganishlar uning atmosferasi asosan karbonat angidriddan iboratligini ko'rsatdi.

Sayyorani tekshirishni o'tgan asrning 60-yillarida boshlagan sayyoralararo stansiyalar yordamida uni o'rganish metodi «Tong yulduzi»ga tegishli ko'p jumboqlarni hal qilishga imkon berdi. Natijada Veneraning o'z o'qi atrofida va Quyosh atrofida haqiqiy aylanish davrlari birinchi marta to'g'ri aniqlandi.

Ma'lum bo'lishicha, sayyoraning aylanish o'qi uning orbita tekisligiga deyarli tik joylashib (anig'i 87 gradus), unda Yerdagidek yil fasllari kuzatilmaydi. Shuningdek, radiolokatsion kuzatishlar Zuhroning o'z o'qi

atrofida aylanish davri 243 kunga tengligini hamda u Quyosh sistemasining o'z o'qi atrofida sharqdan g'arbga aylanuvchi yagona sayyorasi ekanligini ma'lum qildi (boshqa sayyoralar o'z o'qlari atrofida g'arbdan sharqqa aylanadi).

«Tong yulduzi» ning bir kuni, ya'ni Quyoshga nisbatan o'z o'qi atrofida aylanish davri 117 kunga teng bo'lib, bir yili uning ikki kunidan biroz ko'proqni tashkil qiladi.

1967-yilda uchirilgan «Venera-4» stansiyasiga o'rnatilgan magnitometr yordamida o'tkazilgan o'lchashlar Venerada deyarli magnit maydon yo'qligini yoki eng ko'pi bilan u Yer magnit maydoni kuchlanganligidan 5000 marta kuchsiz maydonga ega ekanligini ma'lum qildi.

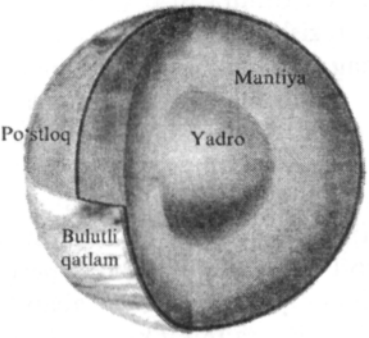
1970-yilda uchirilgan «Venera-7»ning planeta sirtiga qo'ndiriluvchi apparati Zuhro sirtiga muvaffaqiyat bilan ohista qo'ndirildi va 23 minut davomida atmosferaning bosimi, temperaturasi va tarkibiga tegishli ma'lumotlarni o'lchab turdi.

Ayniqsa, 1975-yil oktyabrda Yerdan sayyoraga uchirilgan «Venera-9» va «Venera-10» apparatlari, o'z «qo'shnisi»ni o'rganish tarixida muhim o'rin tutadi. Bu ikkala stansiya sayyoraning sun'iy yo'ldoshlari orbitalariga chiqarilib, birinchi marta ularning qo'ndiriluvchi apparatlari sayyora sirtining ilk tasvirlarini Yerga uzatdi (93-rasm). Bu apparatlar, sayyoraning sirt tuprog'ida tabiiy radioaktiv elementlar miqdorini, shamol tezligini, suv bug'larining atmosferadagi miqdorini, shuningdek uning temperaturasi, bosimi va yoritilganliklarini o'lchadi.

1978-yili esa «Tong yulduzi» tomon «mehmonga» to'rtta avtomatik stansiya yo'lga chiqdi. Bulardan ikkitasi sobiq Ittifoqning «Venera-11», «Venera-12», qolgan ikkitasi AQSHning «Pioner-Venera-1» va «Pioner-Venera-2» stansiyalari edi.

Stansiyalarning qo'ndiruvchi apparatlariga o'rnatilgan kompleks asboblar, sayyora atmosferasi gaz va bulutli qismlarining kimyoviy tarkibini yana ham aniqroq o'lchashga, bulutli qatlam strukturasi va zarrachalari konsentratsiyasi, temperaturasi, bosimi va zichligini hamda uning bir necha rayonlariga tegishli shamol tezligini o'lchashga imkon berdi. Veneraning sun'iy yo'ldoshi bo'lib qolgan «Pioner-Venera-1» qo'shimcha tarzda sayyora atmosferasining dinamikasi, sirkulyatsiyasi, turbulentligi va issiqlik balansiga tegishli ma'lumotlarni Yerga uzatdi.

Xulosa qilib aytganda, Veneraga uchirilgan kosmik apparatlar yordamida uning atmosferasi va sirtiga tegishli quyidagi yangi



94-rasm. Veneraning ichki tuzilishi

ma'lumotlar qo'lga kiritildi: sayyora atmosferasining bosimi juda yuqori bo'lib, u 90 atmosferani ko'rsatdi. Uning 97 foizini karbonat angidrid, suv bug'lari, 1,5 foizini kislorod tashkil qilishi ma'lum bo'ldi. Sayyora sirti yaqinida o'lchangan uning temperaturasi +470 gradusgacha (Selsiy shkalasida) yetdi. Zuhro atmosferasida ham Yerdagi kabi ionosfera qatlami borligi aniqlandi, u taxminan 140 kilometrcha balandlikda bo'lib, u yerda elektronlarning konsentratsiyasi bir kub santimetrda yarim milliondan ortadi. «Tong yulduzi»ning Yerga yana bir «qarindosh»ligi shundaki, uning osmonida ham qalin bulutlar kuzatilib, ularning «tizgini» shamolning qo'lida bo'ladi.

Qizig'i shundaki, sayyora atmosferasida bulutlar bir necha qavatga ega. Asosiy bulutlar qatlamining yuqori chegarasi taxminan 65 kilometr, pastki chegarasi esa 48-49 kilometr balandlikda yotadi. 65 kilometrdan to 85 kilometrgacha oraliqda siyrak tutunsimon qatlam joylashib, ultrabinafsha diapazonda yaxshi ko'rinadi.

Zuhroning bulutlari tuzilishiga ko'ra bir necha kilometrgacha ko'rish mumkin bo'lgan Yerdagi siyrak tumanga juda o'xshab ketadi.

«Pioner-Venera-2» bergan ma'lumotlarning tahlili, Venera sirti o'zaro kuchsiz bog'langan mayda tuproqdan tashkil topganini ma'lum qildi. Dielektrik singdiruvchanlik metodi bilan aniqlangan uning zichligi bir kub santimetrda 1 grammdan (sirtida) 4 grammgacha (taxminan 3 metr chuqurlikda) bo'lishini bildirdi.

Sayyoraning o'rtacha zichligi haqida olingan ma'lumotlar asosida «Tong yulduzi»ning zichligi Mars va Merkuriynikidan ancha ortiqligi aniqlandi.

Uzoq yillar davomida olimlarni o'ylantirgan sayyoraning asosiy «tilsimi» uning sirtiga tegishli yuqori temperaturasi bo'ldi. Darhaqiqat, Yerga nisbatan Quyoshga juda ham yaqin bo'lmagan va qalin atmosfera bilan qoplangan Zuhro sirtida temperaturaning bu qadar yuqori (+470°C) bo'lishining sababi nimada degan tabiiy savol tug'iladi.

Gap shundaki, garchi sayyoraning qalin «to'ni» – atmosferasi ichidan Quyosh nurlanishining juda kam miqdori uning sirtiga o'tsa-da, biroq bu «to'n» sirtidan ajralib, kosmik bo'shliqni «ko'zlagan» issiqlik nurlanishiga deyarli yo'l bermaydi. Natijada «parnik effekti» deyiluvchi bu effekt sayyora sirtining qattiq qizishiga sabab bo'lgan.

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, garchi oxirgi yillarda «Tong yulduzi»ga tegishli talay kashfiyotlar qilingan bo'lsa-da, biroq hali u bilan bog'liq ko'plab jumboqlar yechimini kutadi. Sayyoraga aloqador ko'plab «tilsim»larning yechilishi uchun ancha izlanishlar qilish talab etiladi.

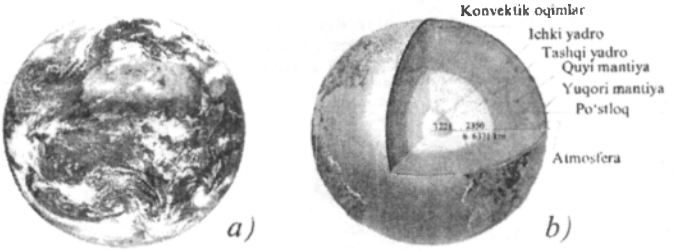
Zuhroning tabiiy yo'ldoshlari topilmagan.

3-§. Yer sayyorasi

Biz ustida yashayotgan osmon jismi, Quyoshdan uzoqligi bo'yicha uchinchi o'rinda turadi, o'rtacha uzoqligi 149,6 million kilometrni tashkil etadi. Sayyoramizning ekvatorial radiusi 6378 kilometr, ya'ni qutb radiusidan taxminan 21 kilometrga ortiq. Yer Quyosh atrofida sekundiga 30 kilometr tezlik bilan harakatlanib, uni 365,24 kunda bir marta to'la aylanib chiqadi. Bir yilda to'rt fasl kuzatilishining sababi Yer o'qining orbita tekisligiga 66,5 daraja og'maligi tufaylidir.

Yer o'z o'qi atrofida yulduzlarga nisbatan 23 soatu 56 minutyu 4 sekundda to'la aylanib chiqadi. Biroq uning Quyoshga nisbatan aylanish davri biroz uzunroq bo'lib, 24 soatni tashkil qiladi. Sayyoramizning Quyoshga nisbatan aylanish davrining uzunligiga sabab Quyoshning yulduzlar oralig'ida yillik ko'rinma siljishidir (bunday siljish Yerning Quyosh atrofida haqiqiy harakatlanishi tufayli sodir bo'ladi).

Yerning o'rtacha zichligi 5,5 g/sm^3 ga teng bo'lib, massasi taxminan 6.10^{24} kilogrammni tashkil etadi. Sayyoramizning atmosferasi minglab kilometr balandlikka cho'zilgan, og'irligi qariyb 5 ming 160 trillion tonna keladi. Bunday «to'n» Yerda hayotning paydo bo'lishi va riv ojlanishida muhim rol o'ynagan. Xususan, 20-30 kilometr chamasi b alandlikda



95-rasm. Yerning sirtqi va ichki tuzilishi

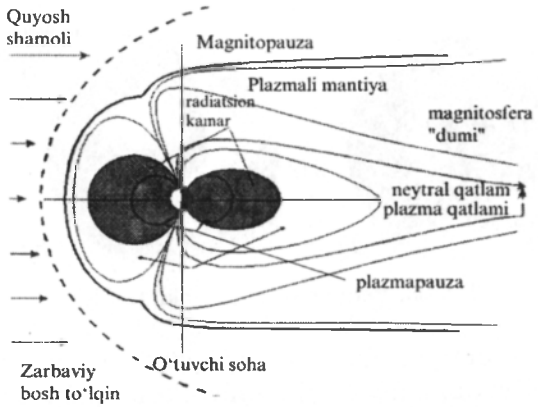
joylashgan ozon qatlami Quyoshning qisqa to'lqinli ultrabinafsha nurlarini kuchli yutib, barcha tirik jonivorlarni, jumladan, odamzotni ularning xavfli ta'siridan asraydi. Atmosferaning 21 foizga yaqinini kislorod, taxminan 78 protsentini azot, qolgan qismini esa boshqa gazlar: argon, karbonat angidrid va suv bug'lari tashkil qiladi (95-a rasm).

Yer gidrosferasiga (Yer yuzidagi qattiq, suyuq va gaz holatidagi suvlarning majmui) ko'ra boshqa sayyoralardan keskin farq qiladi. Unda faqat suyuq holatdagi suvning hajmi 1 million 370 ming trillion kub metr bo'lib, umumiy maydoni 3 ming 610 milliard kvadrat metrga teng. Boshqacha aytganda, u Yer sirtining qariyb 71 foizini 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 xususiyatlari bois Yerda optimal issiqlik rejimi vujudga kelishida muhim rol o'ynaydi. Suvsiz organik hayot Yerda vujudga kela olmasdi.

Suvning qattiq bo'lagi – muz ham sayyoramizning anchagina qismini egallab, asosiy qismi Antarktida va Grenlandiya quruqligini qoplaydi. Uning umumiy massasi 24 ming 200 trillion tonnaga teng. Bordiyu bunday miqdordagi muz erisa edi, dunyo okeanining sathi 60 metrga ko'tarilib, yana quruqlikning 10 foizi suv ostida qolgan bo'lardi.

Yerning qattiq qatlami litosfera deyilib, bu qismda sayyoramizning asosiy qatlami mujassamlashgan. Garchi bir qarashda litosfera sirtida turib, uning ichki tuzilishi haqida ma'lumotga ega bo'lish mumkin emasdek tuyulsa-da, aslida sayyoramizning inertsiya momenti va zilzilalari asosida uning ichki tuzilishi haqida yetarlicha aniq ma'lumotlar olish mumkin.

Gap shundaki, seysmik to'lqinlar bo'ylama va ko'ndalang bo'lib, bo'ylama to'lqinda zarrachalar to'lqinning tarqalish yo'nalishi bo'yicha



96-rasm. Yer magnit maydonining strukturasi

siljigani holda, ko'ndalang to'lqinda ularning harakati tarqalish yo'nalishi bilan to'g'ri burchakni tashkil qiladi. Ko'ndalang to'lqinlarning tarqalish tezligi bo'ylama to'lqinlarnikidan katta bo'ladi. Shuningdek, seysmik to'lqinlar turli zichlikdagi qatlamlar chegarasidan qaytish va sinish xususiyatiga ham egadirlar. Bunday ma'lumotlar asos qilib olingan metodlarga tayangan holda litosferaning ichki tuzilishi haqida yetarli darajada ishonchli ma'lumotlar olingan.

Xususan, suyuqlik zarrachalarining ko'ndalang to'lqin siljishiga qarshilik qilmasligi tufayli ko'ndalang to'lqinlar suyuqlikda tarqala olmaydi. Shu asosda litosferaning quyi chegarasida suyuq yadro borligi asrimizning boshidayoq aniqlangan edi (95-b rasm). Keyingi tadqiqotlar bu yadro asosan ikki – radiusi 1300 kilometrgacha yetadigan qattiq va uning ustida 2100 kilometr qalinlikdagi suyuq qismlardan iboratligini ma'lum qildi. Bu usullar yordamida bajarilgan tekshirishlar litosferaning qattiq qatlami ham bir jinsli bo'lmay, taxminan 40 kilometr chuqurlikda keskin chegara borligini bildirdi. Bu chegaraviy sirt uning kashfiyotchisi nomi bilan Moxorovichich sirti deb ataladi. Bu sirtdan yuqori qatlam litosfera po'stlog'i, osti esa mantiya deb yuritiladi.

Mantiyaning zichligi 3,3 g/sm^3 dan (Moxorovichich sirtida) 5,5 g/sm^3 gacha (yadro chegarasida) ortadi. Yadro chegarasida zichlik keskin ortib 9,4 g/sm^3 ni tashkil qiladi. Yer markazida zichlik 14,5–18 g/sm^3 gacha tartibda bo'lib, mantiyaning quyi chegarasida bosim 1 million 300 ming

atmosferaga boradi. Yerning temperaturasi markazga tomon ortib borib, mantiyaning quyi chegarasida Kelvin shkalasida 5000 gradusgacha, markazda esa taxmiian 10000 gradusgacha boradi.

Yer – ulkan magnit bo'lib, uni kompas strelkasining sayyoramiz magnit maydoni kuch chiziqlariga parallel turishi uchun harakatlanishidan bilish mumkin. Qizig'i shundaki, geomagnit qutblar Yer qutblari bilan ustma-ust tushmaydi. Shimoliy geomagnit qutbning geografik kengligi 78°,5 ni, uzunlamasi esa 290° (sharqiy uzunlama)ni tashkil qiladi. Boshqacha aytganda, geomagnit o'q Yer o'qiga 11,5° li burchakka og'ishgan. Geomagnit maydonning kuchlanganligi ekvatordan qutbga tomon 0,25-0,35 dan 0,6-0,7 erstedga qadar ortadi.

Yer atrofi fazosi geomagnit maydoni kuchlanganligining sayyoralararo doimiy magnit maydoni kuchlanganligidan (5-10 gammadan) ortiq bo'lagi Yer magnitosferasi deyiladi. Bu sfera Yer o'qiga nisbatan simmetrik bo'lmaydi. Magnitosfera Yerning kunduzgi tomonida «siqilgan» bo'lib, 8-14 Yer radiusicha masofaga cho'zilgani holda tungi tomonida sayyoramiz «magnit dumi»ni vujudga keltirib, bir necha o'nlab Yer radiusi masofasigacha cho'ziladi (96-rasm).

Oxirgi yillarda sayyoramiz osmon jismlarining ajralmas qismi sifatida aktiv o'rganilayotganiga qaramay hali unga tegishli muammolar qo'shni sayyoralarnikidan kam emas. Ayniqsa, uning ichki tuzilishi haqidagi ma'lumot hali juda «kambag'al» hisoblanadi.

Biroq Yer «o'z qo'limizda» bo'lib, boshqa osmon jismlarini o'rganishga nisbatan uni tadqiq qilishda katta imkoniyatlarimiz borligini hisobga olsak, sayyoramiz sirlarini ochishga katta umid bilan qarashga asos bor.

Yerning yagona tabiiy yo'ldoshi – Oy bor.

4-§. Oy – Yer yo'ldoshi

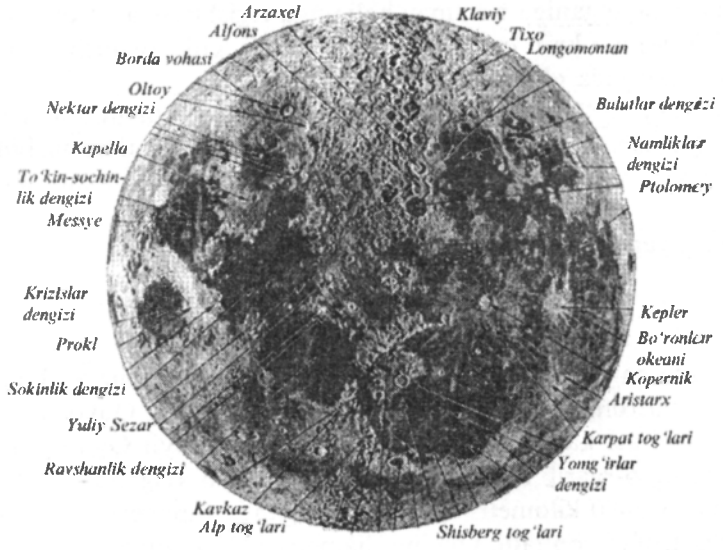
Oy Yerga eng yaqin osmon jismi bo'lib, u sayyoramiz yo'ldoshidir. Oyning Yer atrofidagi orbitasi barcha sayyoralarning Quyosh atrofida aylanish orbitasi kabi ellips shaklidadir. Shu tufayli Oyning Yerdan uzoqligi biroz o'zgarib turadi. U Yerga eng yaqin kelganda (orbitaning perigeyida) 363400 kilometr, eng uzoqlashganda (apogeyda) esa 405400 kilometr masofada bo'ladi. Oyning diametri 3476 kilometr bo'lib, uning hajmi Yer hajmining ellikdan bir qismini tashkil qiladi. Oy sirtida

tortishish kuchi Yerdagidan 6 marta kam. Oy osmonda g'arbdan sharqqa tomon siljib, 27 kun 8 soatda Yer atrofini bir marta to'la aylanib chiqadi. Oy o'z o'qi atrofida ham xuddi shuncha vaqtda bir marta aylanib chiqadi. Shu bois u bizga (ya'ni Yerga) doimo bir tomoni bilan ko'rinadi. Oy o'zidan nur chiqarmaydi. Quyoshdan tushayotgan nurlarni qaytarishi hisobiga bizga ko'rinadi.

Oyda atmosfera deyarli yo'q. Oyning massasi Yerning massasidan 80 marta kichikdir.

Oyda olam qutbi Yerdan qaraganda, atrofida yulduzlar aylanma harakat qiladigan Qutb yulduziga mos kelmaydi. Yerda, Olamning shimoliy qutbi Kichiq Ayiq yulduz turkumining α yulduziga to'g'ri kelsa, Oy uchun qutb – Ajdaho yulduz turkumining ω yulduziga to'g'ri keladi va u yerda shu yulduz atrofida boshqa yulduzlar aylanma harakatlanayotgandek tuyuladi (Oy o'z o'qi atrofida aylanganligi tufayli).

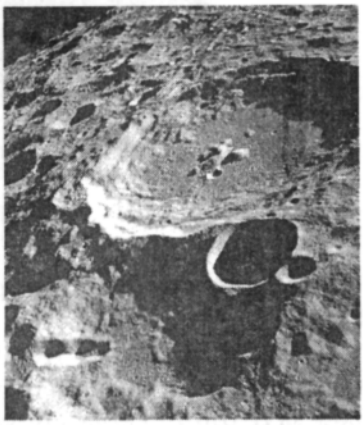
Oy relyefida Yernikiga o'xshash obyektlar ko'plab topiladi. Oyda ham pasttekisliklar, tepaliklar va tog'lar bor. Bu obyektlarni birinchi marta Galileo Galiley 1610-yilda Oyni o'zi yasagan teleskopdan kuzatib topgan edi. U pasttekisliklarga «dengizlar» deb nom bergan. Dengizlar



97-rasm. Oy relyefining tasvirlanishi

degan nom shartli ravishda hozirgacha qo'llanilsa-da, aslida u yerlarda suvdan asar ham yo'q (97-rasm).

Oy sirtida ham Yerdagi kabi vulqon otilishi hodisalari bo'lib turishini 1958-yili sobiq Ittifoq Fanlar Akademiyasi bosh astronomik observatoriyasi (Pulkovo) professori N.A.Kazirov aniqladi. O'sha yili olim Alfons krateridan gaz otilishini teleskopdan kuzatdi.



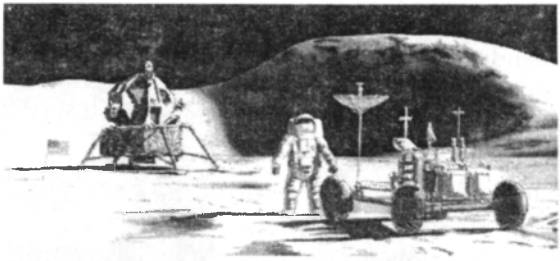
98-rasm. Oyning yirik kraterli zonalari

Oydagi tog'lardan eng yiriklari Alp, Apenin va Kavkaz tog'lari deb nomlangan. Tog'larning balandligi ba'zan 9 kilometrgacha yetadi. Shuningdek, Oyda halqali tog'lar ko'plab uchraydi (98-rasm). Sirklar deb ataluvchi yirik halqali tog'lardan Klaviy va Shikkardlarning diametrlari 200 kilometrgacha yetadi. Yerdagi tog'lardan farqli o'laroq, Oy tog'lari ko'proq tik chiqqan bo'ladi. Oy orqa tomonining relyefi birinchi marta 1959-yili uchirilgan «Luna-3» avtomatik stansiyasi olgan rasmlardan ma'lum bo'ldi va Oyning to'liq globusini tayyorlashga imkon berdi. Oy orqa tomonining relyefi, bizga ko'rinadigan old tomoni relyefidan biroz farq qilib, «dengizlar» deyiluvchi pasttekisliklar kamroq kuzatiladi.

«Luna-16», «Luna-20», «Luna-24» avtomatik stansiyalari Oy tuprog'i va jinslaridan namunalar 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'i tarkibi, seysmik va vulqonli hodisalar, kosmik nurlar hamda shu kabi ko'plab hodisalarni uzoq vaqt davomida o'rgandi.

Oydan keltirilgan tuproq namunalarining analizi, Oy tuprog'i asosan to'rt xil jinslardan: *mayda donador, g'ovak yirik donador jinslardan, brekchiya* deyiluvchi minerallar siniqlaridan va *regolit* (mayda zarrachalar va changlar)dan tashkil topganligini ko'rsatdi. Bulardan birinchi uch xili kimyoviy jihatdan bir xil bo'lib, regolit esa meteor moddalar aralashmasidan iboratliligi aniqlandi va u Oy materiklari uchun xarakterli jins degan xulosaga kelindi.



99-rasm. Oy sirtini «Apollon» ekipaji yordamida tekshirish

1969-yilning iyunida AQSHning «Apollon-11» kosmik apparatida ikki astronavt – Armstrong va Oldringlar Oyga qo'ndi. Oy ustida ular uzoq sayr qilib, Yerga Oy sirti toshlari, tuprog'i, kristallarini olib qaytishdi. «Apollon»lar Oyga 12 astronavtni muvaffaqiyatli qo'ndirib, Oyning relyefi, fizik tabiatiga tegishli qimmatli ma'lumotlarni qo'lga kiritishdi (99-rasm).

Osoyishtalik «dengizi»dan olingan namunaning («Apollon-11») tarkibi 40-45% alyuminiy, 4-6% titan va magniyga ega bo'lib chiqdi. Bo'ronlar «okeani»dan 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 jinslarda anchagina farq topiladi. Bu masalada ayniqsa, Oy changi deb nomlangan Oy sirti qatlami tabiati jihatidan diqqatga sazovordir. Uning tarkibi kristall siniqlari, temir-nikel aralashmali shisha donachalari, bir jinsli tiniq shisha parchalaridan tashkil topgan bo'lib, yuqori vakuum sharoitida joylashgani tufayli juda yopishqoqligi ma'lum bo'ldi.

Oyni o'rganishning tabiat fanlari uchun muhimligi, uning atmosferadan xoliligidadir. Oyga o'rnatilgan kichik teleskop Yerdagi katta teleskoplar yordamida olingan osmon jismlari rasmlaridan bir necha marta sifatli materiallar olishga imkon beradi. Oyda o'rnatilgan o'rtacha kattalikdagi observatoriya Yerdagi o'nlab observatoriyalar xizmatini a'lo darajada o'tay olishi mumkin. Shuningdek, muayyan Yer atmosferasi elektromagnit nurlarining juda kam qisminigina o'tkazib, qolgan qismlari uchun «tiniq» emas. Oyda esa barcha to'lqin uzunliklarida Koinotni o'rganish imkoniyati mavjud. Kosmosdan sayyoramiz tomon turli to'lqin uzunligidagi 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 qiymatdagi energiyaga ega bo'ladi. Kosmik nurlarning Yer atmosferasida ko'plab yutilib qolishi, ularni to'la o'rganishga imkon bermaydi. Oy sirtida turib bu nurlarni o'rganish esa, fiziklar uchun juda samarali bo'lib ko'p yangiliklar bera oladi.

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

Yaqin yillarga qadar Oyning kelib chiqishi haqida hukmronlik qilgan gepotezani biolog Charlz Darvinning o'g'li matematik va astronom Djoris Darvin taklif qilgan edi. Bu gepotezaga muvofiq, Oy Yerdan uning evolyutsiyasining dastlabki bosqichida ajralib chiqqan deb tushuntiriladi. Sayyoralarning Quyoshdan ajralganligi haqidagi kosmogonik gepoteza, hisoblashlar natijasida o'zini oqlamagach, Darvinning gepotezasi asosiga ham putur yetdi.

Hozirgi davrda Oyning kelib chiqishi haqida ikkita gepoteza mavjud bo'lib, bulardan biriga ko'ra (Yuri, Derbiger va Alven) Oy Quyosh atrofida Yerga yaqin masofada aylanuvchi kichik sayyora bo'lgan va vaqt o'tishi bilan Yerga yaqinlashib, u bilan «ushlanib» qolgan. Natijada Yerning tabiiy yo'ldoshiga aylangan.

Ikkinchi gepotezaga ko'ra (B.Yu. 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 gepotezaga ko'ra, Oyning «yoshi» Yerdan 100-200 million yilga kamroq bo'lishi zamonaviy ma'lumotlarga mos kelishi bilan diqqatga sazovordir. Bu ikki gepotezadan qay biriga ko'proq yon berish hozircha qiyin bo'lsada, Oyning ichki strukturasini va yoshini aniq o'rganish, yaqin kelajakda bu kosmogonik muammoni hal qilishga to'la imkon beradi.

5-§. Mars (Mirrix)

«Urush xudosi» nomi bilan yuritiladigan Yer tipidagi to'rtinchi sayyora Mirrixning orbitasi Yernikidan 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'lganligidan qarama-

qarshi turish paytida uning uzoqligi 55 dan 102 million kilometrgacha o'zgarib turadi. Mars Yerga yaqin kelgan hol, uning buyuk qarama-qarshi turishi deyiladi. Sayyoraning buyuk qarama-qarshi turishi har 15-17 yilda kuzatilib, oxirgisi 1988-yilda bo'lgan.

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

«Urush xudosi» o'zining fizik tabiati jihatidan Quyosh sistemasi sayyoralari ichida Yerga «qarindosh»ligi bilan ajralib turadi. Mars sutkasi Yernikidan kam farq qilib, 24 soatu 37,5 minutga teng. Shuningdek, sayyorada yil fasllari bo'lishini ta'minlovchi aylanish o'qining orbita tekisligiga og'maligi ham Yernikidan oz farq qiladi, ya'ni – 64°,4. Biroq «qizil sayyora» yilining uzunligi biznikidan ancha ortiq bo'lib, 687 Yer sutkasiga (669 Mars sutkasiga) tengdir. Mars Quyoshdan Yerga nisbatan o'rtacha 1,5 marta uzoqligi tufayli uning yuza birligiga tushadigan Quyosh energiyasi, Yerning shunday yuza birligiga tushadigan energiyaning 43 foizinigina tashkil qiladi. Shuning uchun sayyoraning yillik o'rtacha temperaturasi Selsiy shkalasida – 60° ni tashkil qilib, sutka davomida keskin o'zgaradi. 35 gradusli kenglikda, kuz faslida, tush paytiga yaqin temperatura –20°, kechqurun –40°, kechasi esa –70° ga boradi. Qish paytida 40° li kenglamada temperatura –50° dan, 60° li kenglamada esa –80°÷ –90° dan ortmaydi. Mars sirtining minimal temperaturasi –125° dan pastga tushmaydi.

Mirrixning 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. Biroq sayyoraga tegishli aniq ma'lumotlar «Mars» va «Mariner», «Viking» (AQSH) tipidagi sayyoralararo avtomatik stansiyalar yordamida qo'lga kiritildi. Ma'lum bo'lishicha, Mars atmosferasining 95% karbonat angidriddan 2,5% azot, 1,5÷2% argon, juda kam miqdordagi kislorod (0,2%) va suv bug'idan (0,1%) tashkil topgan ekan.

Teleskop yordamida Marsning qutblarida juda qadimdan kuzatiladigan oq «qalpoq»lari, yaqin yillarga qadar «urush xudosi»ning asosiy jumboqlaridan hisoblanar edi. Qizig'i shundaki, bu «qalpoq»lar, Yerning shimoliy va janubiy qutblarida kuzatiladigan shimoliy muz okeani va Antraktidaga juda o'xshab ketadi. Shuningdek, Mirrixning

bu «qalpoq»lari sayyora qaysi faslni «boshidan kechirayotgani»ga ko'ra o'zgarib turadi.

Qishda ularning egallagan maydoni ortib, shimoliy yarim sharda 62 graduslik kenglikkacha, janubiy yarim sharda esa –55 gradusgacha bostirib keladi. Shuni unutmaslik kerakki, qish har ikkala yarim sharda bir vaqtda bo'lmaydi, Yerdagidek bir-biridan yarim yilga (Mars yili bilan) farq qiladi. So'ngra bahor boshlanishi bilan, «qalpoq» larning keskin erishi boshlanadi va yozda ulardan aytarli iz qolmaydi.

Maxsus metodlar yordamida «qutb qalpoqlari»ning o'rganilishdan ular muz holatidagi karbonat angidrid ekani ma'lum bo'ldi. Keyinchalik kosmik apparatlar, Mars qutblarida temperatura, karbonat angidridning 6,1 bar bosimida (sayyoraning sirtida atmosfera bosimi) kondensatsiyalanish temperaturasiga (–125°S) yaqin ekanligini aniqlash bilan yuqoridagi fikrni tasdiqladi.

Sayyora atmosferasining tarkibi aniqlangach, «qutb qalpoqlari»ning sayyora atmosferasi fizikasida roli katta ekanligi ma'lum bo'ldi. Chunonchi, bahorda «qutb qalpoq»larining kuchli erishi va bug'lanishi hisobiga qutb teppasida atmosferaga juda ko'p miqdorda karbonat angidrid uloqtirilib, bosimning keskin ortishiga sabab bo'ladi. Oqibatda kuchli shamol vujudga kelib, u juda katta gaz massasini janubiy yarim sharga olib o'tadi. Garchi bunda shamol tezligi sekundiga taxminan 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 milionlab tonna chang atmosferaga ko'tariladi. 1971-yili xuddi shu xildagi bo'ron ko'tarilib, sayyora sirtini paranji misol bizdan to'sdi. Bu davrda ko'tarilgan va butun sayyora diskini qoplagan qizg'ish chang bulutlari hatto «qutb qalpoqlari»ni ham ko'rishga imkon bermadi. 1971-yil dekabrda sobiq Ittifoqning «Mars-3» va AQSH ning «Mariner-9» kosmik apparatlari bo'ron ayni «quturgan» paytda sayyoraning rasmlarini oldi.

Marsning relyefi bir-biridan keskin farqlanuvchi rayonlardan iborat bo'lib, bular ichida juda katta maydonni kraterlar egallaydi. Kraterlar sohasi shimolda ekvatordan 40 graduslik kenglikkacha borgani holda, janubda ekvatordan 80 graduslik kengliklargacha yastanadi.

Marsning 20 dan 55 gradusgacha shimoliy kengliklar orasidan joy olgan va qariyb 2000 kilometrgacha cho'zilgan Ellada pasttekisliklarining «Viking» tomonidan olingan rasmlari, uning kraterlardan xoli va atrofga

nisbatan ancha cho'kkan pasttekisliklar ekanligini ko'rsatdi. Janubiy yarim shardagi boshqa bir yirik pasttekisliklar Argir deb yuritiladi. Argirdan shimoli-g'arb tomonda ulkan vulqonli tog' Tarsis yastanadi. Uning ortida shimoliy yarim sharda mashhur Amazoniya va Utopiya pasttekisliklari joylashgan. 50 paralleldan to 70 graduslik parallelgacha Katta Sahro yastanib, u shimoliy qutbni o'rab turuvchi tog' halqasi bilan chegaralanadi.

Mars relyefining asosiy ajoyibotlaridan biri – *sayyora tog'laridir*. Sayyoraning Tarsis rayonida to'rtta konus shaklidagi tog' ko'kka bo'y cho'zadi. Ular vulqonli jarayonlar ta'sirida vujudga kelgan tog'lar bo'lib, bu tog'lardan eng janubda joylashgani Arsiya tog'i asosining diametri 130 kilometrni tashkil qiladi (100-rasm). Bu tog'lar ichida eng yirigi Olimp tog'i bo'lib, u Yerdagi vulqonlik tog'lardan bir necha marta ustunlik qiladi. Olimp tog'i konus asosining diametri 600 kilometrga, balandligi esa 27 kilometrga boradi (Yerdagi eng yirik tog'ning balandligi 9 kilometr, eng yirik vulqon asosining diametri esa 250 kilometrdan ortmaydi).

Har to'rttala tog'da ham vulqon to'xtaganiga yuz millionlab yil o'tgan deb taxmin qilinadi. Olimp tog' 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* (101-a rasm). Arsiya tog'idan 20 gradus sharqda bunday jarliklardan biri joylashgan, uning uzunligi 400 kilometrgacha, kengligi ayrim joylarida 30 kilometrgacha, chuqurligi esa



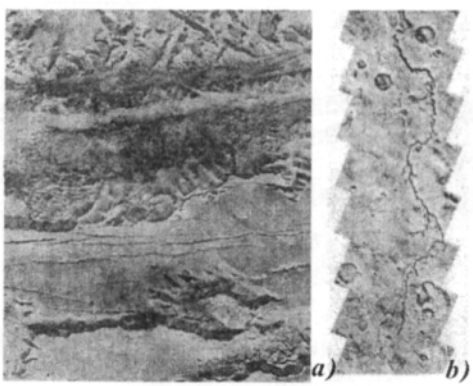
100-rasm. Marsning Xris va Tarsis vohasi

2 kilometrgacha boradi. Bunday jarlik janubdagi 10 parallel bo'ylab yo'nalgan yana ham «bahaybat» *kanyon* deyiluvchi vodiy bilan tutashib ketadi. Mariner vodiysi deb nom olgan bu kanyon 3600 kilometrgacha cho'zilib, chuqurligi 5-7 kilometrgacha yetadi. «Mariner-9», «Mars-4, -5» va «Viking»lar olgan rasmlardan ko'rinishicha, kanyonlar atrofidagi jarliklar hozir ham yemirilishda davom etib, qizig'i – o'pirilgan qismlar suyuq loy ko'rinishida uning tubiga va atrofga oqadi. Mariner vodiysining kengligi ayrim joylarda 200 kilometrgacha yetadi.

Mars sirtida kuzatiladigan boshqa bir «tilsim» – *daryo o'zanlaridir*. Bular ichida 30 graduslar chamasi janubiy kenglikda joylashgan Nirgal nomli daryo o'zani 400 kilometrga cho'zilgan Marsning qadimiy daryolaridan hisoblanadi. Nirgal juda katta havzaga quyilishi «Mariner-9» olgan rasmlarda yaqqol ko'rinadi (101-b rasm).

Shuningdek, uzunligi 700 kilometrgacha boradigan boshqa bir daryo o'zani bo'lgan Maadimning ayrim joylarida kenglik 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 topish, bir necha yillar davomida uzoq tortishuvlarga sabab bo'ldi. Marsning «qutb qalpoqlari»ning karbonat angidrid muzidan tashkil topganligi, mazkur daryolarda bir vaqtlar suyuq holda CO_2 oqqan degan dastlabki gipotezaning tug'ilishiga sabab bo'ldi. Biroq keyinchalik, sayyora atmosferasining tarkibi va fizik tabiatiga (temperaturasi, bosimiga) tegishli aniq ma'lumotlar olingach, bunday



101-rasm. Marsdagi jarliklar va uzunligi 400 km ga cho'zilgan daryo o'zani

sharoitda karbonat angidrid faqat qattiq yoki gaz holatda bo'la olishi ma'lum bo'ldi. Binobarin, millionlab yillar oldin Mirrix sirtida daryo o'zanlari ko'rinishida o'z izini qoldirgan suyuqlik – karbonat angidrid emasligi aniq.

Mirrixning qurigan daryolari haqida tug'ilib, yildan-yilga ko'proq tasdig'ini topayotgan gipoteza, qadimda bu daryo o'zanlari bo'ylab suv jo'sh urgan degan nazariyani olg'a suradi. Gap shundaki, Marsda hozirga qadar muz holatida suv zapaslari borligining foydasiga «gapiruvchi» faktlar yetarlichadir.

Bu dalillarni e'tiborga olgan holda, mashhur planetologlar V.Moroz va K.Saganlar Marsdagi daryo o'zanlari, bir vaqtlar bu o'zanlar bo'ylab oqqan suvning «muruvvati»dan boshqa narsa emas, degan xulosaga keldilar.

Marsda hayotning bor yoki yo'qligi masalasi, uzoq yillardan buyon olimlarni qiziqtirib keladi. 1975-yili buni aniqlashga qaratilgan, har birining massasi uch yarim tonnadan keladigan AQSHning «Viking-1» va «Viking-2» kosmik apparatlari sayyora tomon yo'lga chiqdi. «Viking-1» 350 million kilometr yo'lni ortda qoldirib, 1976-yilning 20-iyulida Xris tekisligiga, «Viking-2» esa 4-sentyabrda bu joydan 6400 kilometr shimoli-sharq tomonda joylashgan Utopiya tekisligiga qo'ndirildi. «Viking-1» qo'ngan kuniyoq «qizil sayyora» sirti yumshoqligidan Yerdagilarni ogoh qilib, atrof tasvirini Yerga uzatdi. Tasvirlarda har xil kattalikdagi harsang toshlar va tuproq barxanlari yaqqol ko'zga tashlanadi. Bunday barxanlar paydo bo'lishida bo'ronning qo'li borligi shundoq ko'rinib turibdi (102-rasm).



102-rasm. Marsda bo'ronlar izi («Viking» nigohida)

«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, janubiy g'arb tomondan esa boshlagan shamol bilan almashgan, uning maksimal tezligi sekundiga 6,7 metrgacha yetgan, bosim 7,7 millibarga (1bar. 1 atm. atrofida) teng bo'lib, erta tongda temperatura Selsiy shkalasida minus 85,5 gradusni, kunduzi esa minus 30 gradusni tashkil qilgan. Yerga uzatilgan tasvirlar ayrim kraterlar tubidan va yoriqlardan tuman gaz ko'tarilayotganini ma'lum qildi. Bunday tuman, asosan suv bug'idan tashkil topganining aniqlanishi «qizil sayyora» bag'rida yetarlicha suv zapaslari (muz holatda) borligi haqidagi gipotezaning isboti uchun yana bir muhim dalil bo'ladi. Mars tuprog'ini analiz qilish maqsadida kosmik stansiyaning maxsus apparati o'z «hovuchi» bilan ariqcha yasadi. Bu sun'iy ariqchaning tasviridan uning chekkalari ho'l qum qazilgandagidek o'pirilib tushgani ham yuqoridagidek, unda suvning mavjudligi haqidagi fikr foydasiga «gapiradi».

Mirrixning sirt tuprog'i namunasining analizi, uning tarkibida temir (12-15% gacha), kremniy (20% gacha), alyuminiy (2-4% gacha), kalsiy (3-5% gacha) magniy (5% gacha), oltingugurt (3 % gacha) hamda kam miqdorda fosfor, rubidiy va stronsiylar borligini ma'lum qildi.

Marsda hayot masalasini aniqlashga qaratilgan dastlabki eksperementlar unda mikroorganizmlarning mavjudligi foydasiga «gapirgani» holda oxirgi eksperement bu versiyani shubha ostiga qo'ydi.

Natijada olimlar «urush xudosi»da hayotning eng sodda ko'rinishlari – mikroorganizmlar bor, degan qat'iy qarorga kelish uchun yetarli ilmiy asosga ega bo'lolmadilar.



103-rasm. Marsning Fobos deb ataluvchi yo'ldoshi

Marsning ikkita tabiiy yo'ldoshi bor. Ulardan biri Fobos («Qo'rqinch»), ikkinchisi esa Deymos («Dahshat») deb ataladi(103-rasm). Har ikkala yo'ldosh ham 1877-yil avgust oyida amerikalik A. Xoll tomonidan topilgan. Qizig'i shundaki, bu ikkala yo'ldosh ham shar shaklida bo'lmay, kartoshka shaklini eslatadi. Fobosning ikki o'zaro perpendikulyar o'lchamlari mos ravishda 18 va 22 kilometr bo'lib, Deymosning bunday o'lchamlari 10 va 16 kilometrni tashkil etadi. Fobos Mirrixdan o'rtacha 6 ming kilometr narida uning atrofida 7 soatu 30 minutda aylanib chiqqani holda, Deymos 30 soatu 18 minutda aylanib chiqadi. Yer atrofida aylanadigan Oydan farqli ravishda Marsning unga yaqin «oyi» – Fobos g'arbdan chiqib sharqqa botadi. Qizig'i shundaki, bir sutkada Fobos kun botish tomondan 3 marta chiqib, kun chiqish tomonda 3 marta botadi.

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

Sayyoraning bu ikki «oyi» Marsdan uzoq bo'lmagan mayda sayyoralar orbitasidan «adashib» chiqib, bir necha o'nlab million yillar ilgari «urush xudosi»ning domiga duch kelgan va u bilan «ipsiz bog'langan» osmon jismlaridandir deb tushuntiradi gipoteza.

Savol va topshiriqlar

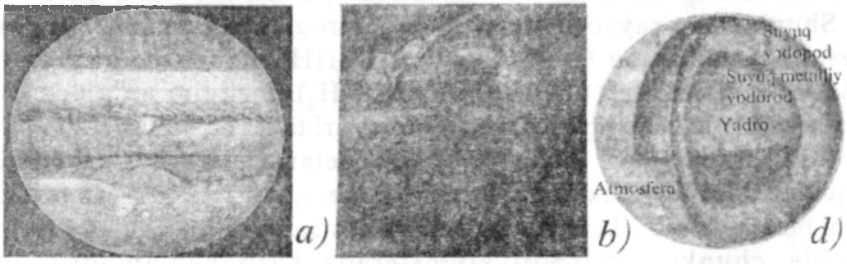
1. Merkuriyning fizik tabiati qanday?
2. Veneraning fizik tabiati haqida ma'lumot bering.
3. Marsning fizik tabiati haqida nimalar bilasiz?
4. Bu sayyoralarni kosmik apparatlar yordamida o'rganib, qanday yangi ma'lumotlar olingan?
5. Marsni o'rganishning istiqbollari haqida nimalar bilasiz?
6. Mars yo'ldoshlarining orbitalari va kattaliklari haqida ma'lumot bering.
7. Marsda hayot bormi?

6-§. Yupiter (Mushtariy)

Quyosh sistemasining sayyoralari ichida eng yirik 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 qiladi. Bu ulkan sayyora 778 million kilometr masofada Quyosh atrofida aylanadi. Sayyoraning Quyosh atrofida aylanish tezligi sekundiga 13 kilometr bo'lib, 12 yilda bir marta to'la 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 sayyoralar aylanishlaridan farq qilib, ekvator qismi tezroq – 9 soatu 50,5 minutli, o'rta kenglamalari esa sekinroq – 9 soatu 56 minutli davr bilan aylanadi. Sayyoraning turli kenglamalari turlicha burchak tezlikda aylanishlariga sabab u tuzilishiga ko'ra qattiq bo'lmay, gaz-suyuq holatidagi osmon jismi ekanligidadir. Buning ustiga, uning ko'ringan sirti atmosferasi «suzib yuruvchi» bulutlardan tashkil topgan.

Sayyoraning 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 sayyoraning zichligi Yernikidan 3,5 marta kam (1,3 g/sm^3) bo'lsa-da, kattaligi tufayli uning massasi Yer massasidan 318 marta ortiqdir. Shu bois Yupiterning tortishish kuchi Yerdagidan atigi ikki yarim martagina ko'p, ya'ni 60 kilogrammli odamning og'irligi Yupiterda 150 kilogrammdan ortadi. Gigant sayyoraga teleskop orqali qaralganda uning sirtida turli xil



104-rasm. Yupiter (a) uning Qizil dog'i (b) va ichki tuzilishi (d)

obyektlar kuzatiladi. Bu obyektlar ichida tabiati haligacha jumboqligicha saqlanayotgan, ekvatorga parallel qora-qizg'ish tasmalar kishi diqqatini o'ziga jalb etadi (104 a-rasm).

Bu tasmalar so'nggi yillar olingan ma'lumotlar asosida sayyora atmosferasining qalin bulutlari deb tushuntiriladi. Ular sayyoraning parallellari bo'ylab yo'nalgan bo'lib, ekvatorga nisbatan simmetrik ko'rinish hosil qiladi. Sayyora bulutlarining bunday zanjirli strukturasi ± 40 gradusli kenglikkacha borib, ayrim hollarda, diametri 1 ming kilometrgacha boradigan qo'ng'ir yoki ko'kish dog'larni hosil qiladi.

Mushtariyning qadimiy «tilsim»laridan biri – 1878-yili topilgan uzunligi 30 ming, eni 13 ming kilometrga cho'zilgan Katta *Qizil dog'dir* (104 b-rasmga qarang). Qizig'i shundaki, bu dog' sayyoraning sirt detallari qatori uning sutkalik aylanishida ishtirok qilishi bilan birga, goh u yoniga, goh bu yoniga bir necha gradusgacha siljiydi. Bunday hol Katta Qizil dog' sayyora sirti bilan bog'lanmagan degan xulosaga olib keldi. G. Goltsin taklif etgan g'oyaga ko'ra, Katta Qizil dog' sayyora atmosferasining uzoq davom etadigan gigant uyurmasidir. O'xshashlik prinsipi asosida ishlab chiqilgan uning bu nazariyasi keyingi yillarda bir necha omillar bilan tasdiqlangan gipoteza hisoblanadi. AQSHning «Pioner-X» va «Pioner-XI» kosmik apparatlari yordamida Katta Qizil dog'dan olingan rasmlarda uning detallari, strukturasi anchayin tiniq ko'rinsa-da hali bu yirik dog'ga tegishli muammolar oz emas, jumladan uning qizil rangi ham hozirgacha sirli hisoblanadi.

Yupiter *atmosferasi* Yernikidan keskin farq qilib, vodorod, geliy, metan va ammiak gazlaridan tashkil topgan. Atmosferaning asosiy qismini vodorod va geliy tashkil qiladi. «Pioner-X» avtomatik stansiya Yerga yuborgan «radiogrammasi»da sayyora atmosferasida geliy miqdori sayyora atmosferasining taxminan 13% ini tashkil qilishini ma'lum qilgan.

Shuningdek, sayyoraga tegishli spektrogrammalar analizi uning *atmosferasida* metan (CH_4) va ammiak (HH_3) dan tashqari sezilarli miqdorda atsetilen (C_3H_2) va etan (C_2H_6) borligini aniqladi. Bu birikmalar Quyoshning ultrabinafsha nurlari ta'sirida atmosferada ro'y beradigan fotoximik reaksiya tufayli metanning parchalanishidan vujudga keladi deb taxmin qilinadi. Yupiter atmosferasida CO va CO_2 kabi molekulyar birikmalarning topilishi astronomlar uchun «syurpriz» bo'ldi, chunki vodorodli atmosferada karbonat angidrid tez parchalanishi kuzatiladi va shu bois olimlar Mushtariy atmosferasida

uni kutmagan edilar. Kam miqdorda bo'lsa-da, Mushtariy o'z «to'pi»da zaharli-sianli vodorod (HCN) va vodorodli germaniy (GeH_4) kabi birikmalar zaxirasini asraydi.

Gigant sayyora atmosferasida *suv bug'lari*ning topilishi ham katta voqea bo'ldi, chunki bulutli qatlamlardagi minus 120 ÷ 130 gradusdan past temperaturada suv bug'lari doimo muz holatidagina bo'lishi mumkin deb taxmin qilinar edi.

Mushtariyning «Pioner-X» tomonidan aniqlangan *magnitosferasi* asosan uch qismdan iborat bo'lib, 20 sayyora radiusi masofasigacha cho'zilgan ichki qismida dipolli (ikki qutbli) magnit maydon hukmronlik qiladi. 60 sayyora radiusi qadar cho'zilgan o'rta qismida esa sayyoraning magnitosferasi markazdan qochma kuch ta'sirida kuchli deformatsiyalanishi oqibatida sfera ko'rinishini yo'qotib, disk ko'rinishini oladi va nihoyat 90 radiusgacha boradigan tashqi qismida «quyosh shamoli» (Quyoshdan kelayotgan plazma oqimi) ta'sirida u kuchli deformatsiyalanadi.

Gigant sayyoraning magnit maydoni zaryadli kosmik zarrachalar bilan ta'sirlanib, ularni o'z sferasida «qafas»ga tushiradi va natijada bunday holat sayyora atrofida Yernikiga o'xshash kuchli *radiatsiya kamarlari*ning paydo bo'lishiga olib keladi. Toroidal shaklidagi (tęshikkulcha ko'rinishli) radiatsion kamar sayyoraning ekvator tekisligiga biroz og'gan holda bo'lib, 1,5 dan to 6 sayyora radiusigacha masofaga cho'ziladi. Sayyoraning *magnitosferasi va radiatsiya kamarlari* zaryadli zarrachalar uchun ulkan tabiiy tezlatgich bo'lib xizmat qiladi. Yerda qayd qilinadigan kichik energiyani elektronlar Yupiterning bu tabiiy tezlatgichlari mahsuli ekanligi, ular uchun xarakterli – 10 soatlik davr sayyoraning aylanish davri bilan bir xilligidan aniqlaydi.

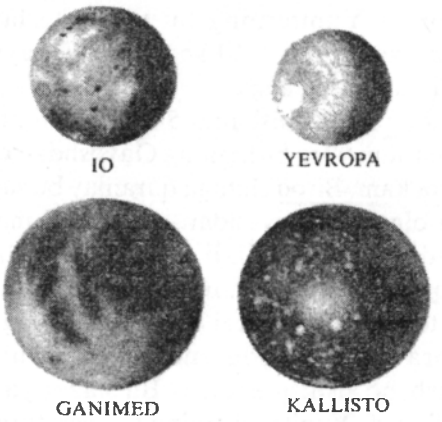
Yupiter Quyoshdan Yerga nisbatan 5 marta ortiq masofada bo'lgani bois unga tegishli ma'lum yuza birligining Quyoshdan oladigan energiyasi Yernikidan 27 marta kam. Biroq shunga qaramay bu sayyoraning ma'lum yuzasi Quyoshdan olgan energiyasidan qariyb 2,5 marta ko'p energiya bilan, asosan radio va infraqizil diapazonlarda nurlanadi. Bu Mushtariyning qa'rida noma'lum mexanizmli energiya manbai yulduzlarniki kabi termoyadro sintezi bo'la olmaganligidan darak beradi. Binobarin, sayyora nurlanishida energiyaning birdan-bir manbai gravitatsion siqilish bo'lishi mumkin. Bu nazariya haqiqatga yaqin gipoteza deb tan olingan. Yupiter sirtining temperaturasi uning kunduzgi

va tungi qismlarida bir xil bo'lib, selsiy shkalasida minus 133 gradus ekanligi qayd qilingan.

Sayyora haqida qo'lga kiritilgan eng so'nggi ma'lumotlar asosida uning ichki tuzilishi matematik modellashtirildi. Ushbu modelga ko'ra, Yupiter atmosferasining balandligi 2 mingdan 6,5 ming kilometrgacha cho'zilgan. Agar o'rtacha balandlik (4,2 ming km) atmosfera qatlamining tubidagi bosim hisoblansa, uning miqdori 200 ming atmosferaga, temperatura esa 2000 gradusga teng bo'ladi. Sayyora sirti suyuq vodorodning geliyli aralashmasidan iborat g'ovak okean ko'rinishida bo'lib, taxminan 0,91 sayyora radiusiga teng. Aftidan ularning tizimli harakati Mushtariyning magnit maydonini vujudga keltiradi. Hisoblashlar taxminan 0,74 sayyora radiusi chuqurligidan so'ng 1 million atmosferali bosimda vodorod suyuq metall holatiga o'tishini ko'rsatadi. Nihoyat, bu modelga ko'ra markaziy qism metall silikatlar, magnit oksidi, temir va nikel metallari aralashmasidan iborat qaynoq suyuq yadrodan tashkil topgan (104 d-rasm). Bu qismda bosim $20 \div 100$ mln atmosferaga yetgani holda, temperatura $15 \div 25$ ming gradusga yetadi.

Yupiter o'z yo'ldoshlari bilan katta bir «oilani» tashkil qiladi, uning atrofida 50 dan ortiq yo'ldosh aylanadi. Bu «oy» lardan to'rtta eng yirigi 1610-yilda G. Galiley tomonidan topilgan bo'lib, ular Galiley yo'ldoshlari deyiladi.

Mushtariy yo'ldoshlarini 3 guruhga bo'lish mumkin. Birinchi guruhga yirik to'rtta Galiley yo'ldoshlari (Io, Yevropa, Ganimed, Kallisto) va



105-rasm. Yupiterning Galiley yo'ldoshlari

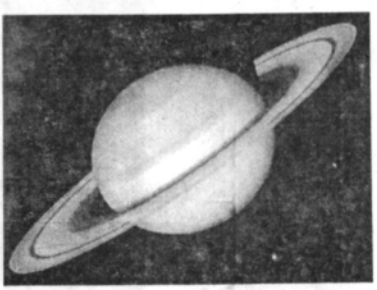
uning sirtidan atigi 110 ming kilometr masofada aylanuvchi Amalteya kiradi (105-rasm). Bu guruhning eng uzoq yo'ldoshi Kallisto sayyoradan 1,8 mln kilometr narida uning atrofida 16,7 Yer sutkasiga teng davr bilan aylanadi. Unda eng kichik yo'ldosh Amalteya bo'lib, diametri 150 km, eng yirigi Kallistoniki esa 5300 kilometrdir. Galiley yo'ldoshlarining o'rtacha zichligi, sayyoradan uzoqlashgan sayin 3,2-3,6 g/sm^3 dan (Io uchun) 1,6 g/sm^3 gacha (Kallisto uchun) kamayadi. «Pioner-10»ning ma'lum qilishicha, Ganimed va Io ning atrofida atmosfera mavjud. Ganimed sirtida temperatura selsiy shkalasida minus 115 gradusga boradi. Galiley yo'ldoshlarining albedosini (Quyosh nurlarini qaytara olish qobiliyatlarini) o'rganish ularning sirti qalin muz bilan qoplangan degan taxminni beradi.

Uchinchi guruh yo'ldoshlari sayyoradan o'rtacha 23 mln kilometr masofada taxminan 2 yillik davr bilan aylanadi.

7-§. Saturn (Zuhal)

Sayyora qadimgi Rimning vaqt va taqdir xudosi – Saturn nomi bilan atalgan. U arablarda Zuhal, yunonlarda Kronos nomi bilan yuritilgan bo'lib, Quyosh sistemasining qurollanmagan ko'z bilan ko'rish mumkin bo'lgan oxirgi sayyorasidir. Shuning uchun ham qadimda uzoq yillar Zuhalning orbitasi Quyosh sistemasining chegarasi deb ta'kidlangan. Saturn kattaligi jihatidan faqat Yupiterdan keyin turadi, uning diametri 120 ming 800 kilometr (106-rasm). Quyoshdan o'rtacha uzoqligi 9,5 astronomik birlik, ya'ni 1 milliard 427 million kilometr narida yotadi. Massasi Yernikidan 95 marta ortiq, zichligi 0,7 g/sm^3. Uning sirtida erkin tushuv tezlanishi 11 m/s^{2}ga teng.

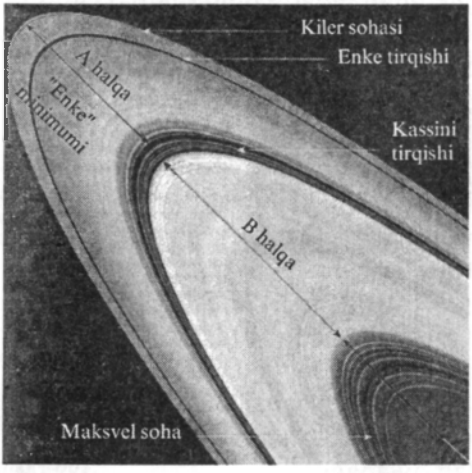
Orbitasi bo'ylab halqali bu sayyora sekundiga 9,6 kilometr tezlik bilan uchib, 29 yilu 5 oy 16 kun deganda Quyosh atrofini bir marta to'la aylanib chiqadi. Saturnning o'z o'qi atrofida aylanishi Yupiterniki kabi turli kengliklarda turlichadir. Ekvator zonasining aylanish davri 10 soatu 14 minut bo'lgani holda, qutbga yaqin rayonlari 10 soatu 28 minutli davr bilan aylanadi.



106-rasm. Halqali Saturn

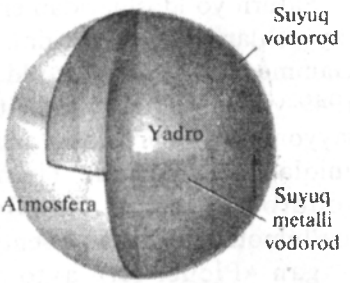
Sayyoraning ekvator tekisligi uning orbita tekisligiga 26 gradus 45 minutli burchakka og'ishgan. Saturn, atrofida eni 60 ming kilometrgacha, qalinligi 10-15 kilometrgacha yetadigan halqasi borligi bilan boshqa sayyoralardan keskin farq qiladi. Garchi bu halqa dastlab 1610-yili G. Galiley tomonidan kuzatilgan bo'lsa-da, olim halqaning haqiqiy shaklini belgilab bera olmadi. Buning sabablaridan biri Galileyning «qo'lbola» teleskopida yasalgan tasvirning sifatsizligi bo'lsa, ikkinchisi – o'sha davrda sayyora Yerga «yonbosh» turgani tufayli uning halqasi kuzatuvchiga qirrasi bilan ko'ringanida edi. Saturnning bu xilda «yonbosh» turishi Quyosh atrofini bir marta to'la aylanib chiqishi davomida Yerda ikki marta kuzatiladi.

Keyingi yillarga tegishli tadqiqotlar sayyora halqasi haqidagi ma'lumotlarni keskin boyitdi. Saturnni o'rganishda yirik qadam 1979-yilning 1-sentyabrida 6 yillik sayyoralararo «sayr»dan so'ng Zuhaldan 21 ming 400 kilometr naridan o'tgan Amerikaning «Pioner-XI» avtomatik stansiyasi tomonidan qo'yildi. U astronom M.S. Bobrov natijalarini ma'lum darajada tasdiqlab, halqa zarralarining kattaliklari bir necha santimetrgacha borib, o'rtacha bir santimetr atrofida ekanligini ma'lum qildi. Avtomatik stansiya diametri 400 kilometrcha keladigan sayyoraning yangi yo'ldoshini topdi. Spektroskopik va radiometrik kuzatishlarga tayanib aniqlangan xalqa temperaturasi esa minus 200 gradusga yaqin bo'lib chiqdi.



107-rasm. Saturn halqalari «Voyajer»lar nigohida

1980-yilning kuzida Saturn yaqinidan AQSHning boshqa bir stansiyasi – «Voyajer-1» o'tdi. Og'irligi 825 kilogrammli bu stansiya 1977-yilning 5-sentyabrida «Titan-Kentavr» uchiruvchi raketa yordamida Yerdan Zuhalga tomon yo'l olgan edi. Stansiyaning sayyora yaqinidan turib olgan rasmlari halqa o'nlab, hatto yuzlab mustaqil halqachalardan tuzilganini va uning tekisligida kattaligi 80 kilometrgacha bo'lgan mayda-mitti yo'ldoshlar ham aylanishini ma'lum qildi (107-rasm).

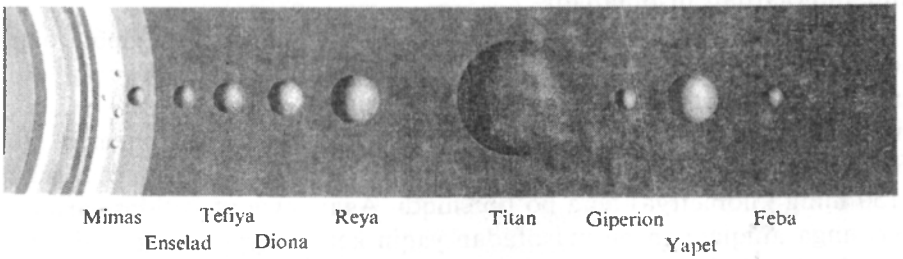


108-rasm. Saturnning ichki tuzilishi

Spektroskopik va radiometrik metodlar yordamidagi kuzatishlar sayyora sirtida temperatura Selsiy shkalasida minus 180^0 atrofida ekanligini qayd qildi.

Sayyora atmosferasida Yupiternikidagi kabi metan gazi bilan birgalikda ammiak uchraydi. 1974-yili sayyora atmosferasida etan (C_2H_6) topildi. Zuhalning element tarkibi Quyoshnikidan farq qilmay, vodorod va geliy 99% ni tashkil etadi deb qaraladi. Sayyora atmosferasi markazga tomon zichlasha borib, bosim va temperatura kritik qiymatdan ortishi bilan (vodorod uchun 3 atm va 33^0K) u, keskin chegarasiz suyuq holatga (suyuq vodorod) o'ta boshlaydi (108-rasm).

Saturnning atrofida sezilarli magnit maydoni mavjudligi «Pioner-XI» tomonidan aniqlandi. Yer va Yupiterning magnit maydonlaridan farqli o'laroq, bu sayyoraning magnit o'qi uning aylanish o'qi bilan ustma-ust tushadi.



109-rasm. Saturnning yirik yo'ldoshlari

Saturn yo'ldoshlaridan eng yirigi Titan bo'lib, Quyosh sistemasidagi sayyoralarning «oy»laridan kattaligi jihatidan ikkinchi o'rinda, ya'ni Ganimeddan (Yupiter yo'ldoshi) keyin turadi. Diametri 4850 kilometr. 1949-yildayoq J.Koyper Titan spektrida metanning «iz»larini ko'rib, sayyoraning bu yo'ldoshi qalin atmosferaga ega ekanligini birinchi bo'lib aniqladi. Keyinchalik Titan atmosferasida yetarlicha ko'p miqdorda vodorod kuzatildi. Zuhalning bu yirik yo'ldoshi haqida olingan ma'lumotlar, 1979-yil 9-sentyabrda Titandan 356 ming kilometr naridan o'tgan «Pioner-XI» avtomatik stansiyasi tadqiqotlari bilan to'la tasdiqlandi. Shuningdek, bu kosmik apparat yordamida Saturnning yana bir yo'ldoshi topildi va u kosmik stansiya sharafiga «Pioner qoyasi» degan nom oldi.

Saturn yo'ldoshlaridan yana biri – Yapet (diametri 425 kilometr) sirt tuzilishi jihatidan juda «rang-barang»ligi bilan kishi diqqatini o'ziga tortadi. Bu yo'ldoshning ravshanligi, Saturn atrofida aylanish davri davomida qariyb olti martagacha o'zgaradi. Buning ikkita sababi bo'lishi mumkin: birinchisiga ko'ra Yapet sferik formaga ega emas deb tushuntirilsa, ikkinchisi Saturn yo'ldoshining yorug' va qorong'i yarim sharlari Quyosh nurlarini ikki xil qaytarishi natijasi deb uqtiriladi. 1980 yili «Voyadjer-1» Saturn yaqinidan o'tayotib, uning 6 ta yangi yo'ldoshini topdi.Ayni paytda bu sayyora atrofida topilgan yo'ldoshlar soni 30 tadan ortiq (109-rasm).

Vaqt va taqdir xudosiga tegishli asosiy jumboq uning atrofida bunday yirik halqaning paydo bo'lishi tarixidir. Shuningdek, nima uchun sayyora sirtida o'rtacha ellik ming kilometrcha narida aylanuvchi bu tosh chang va muz bo'lakchalari vaqt o'tishi bilan qo'shilib uning yo'ldoshiga aylana olmaydi, degan savol ham astronomlar «uyqusini qochirgan» muammolardan hisoblanadi.

Sayyoraning paydo bo'lishi, uni tushuntirishga qaratilgan gipotezalar ichida fransuz astronomi Roshning ilmiy farazi diqqatga sazovordir. Bu nazariyaga ko'ra, sayyoralarning yo'ldoshlari, markaziy sayyoradan ma'lum kritik masofadan kichik oraliqda mustaqil yashay olmas ekan. Saturn uchun hisoblangan bu kritik masofa, uning ikki yarim radiusiga (150 ming kilometrga) teng bo'lib chiqdi. Agar sayyora yo'ldoshlaridan biri unga aniqlangan bu masofadan yaqin kelsa, sayyoraning tortishish maydoni vujudga keltirgan ko'tarish kuchining gradiyenti ta'sirida yo'ldosh halokatga yuz tutib, parchalanib ketadi. Hisobi joyida bo'lgan

bu nazariyaga ko'ra Saturnning halqasi, sayyoraning yo'ldoshlaridan birining qadimda «ehtiyotsizlik» qilib unga yaqin kelgani tufayli bo'lsa kerak, degan gumonning tug'ilishiga sabab bo'ldi.

Keyinchalik sayyoralar atrofidagi 2,5 sayyora radiusiga teng kritik masofa hamma sayyoralar uchun ham o'rinli bo'lgan umumiy qonun ekanligi tasdiqlandi va bu kritik masofa chegarasi – gipoteza muallifi sharafiga, Rosh chegarasi deb yuritiladigan bo'ldi. Darvoqe', yana shuni aytish joizki, Zuhalning uchinchi topilgan yo'ldoshi Yanus ham bu kritik chegaraga juda yaqin bo'lib, kelajakda mazkur yo'ldoshning ham halok bo'lishi ehtimoli oz emas.

8-§. Uran

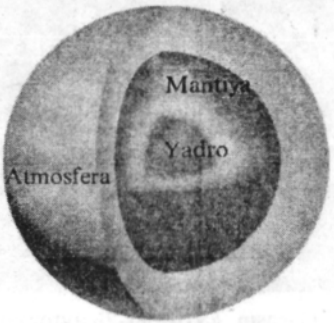
Uran sayyorasi aslida musiqachi, keyinchalik mashhur astronom darajasiga ko'tarilgan V. Gershel tomonidan 1781-yili tasodifan topildi. Ma'lum bo'lishicha, sayyora ochilgunga qadar qariyb yuz yilcha ilgaridan kuzatilib kelingan ekan. Biroq astronomlar unga har doim xira bir yulduzcha sifatida qarab, ortiqcha e'tibor bermagan ekanlar. Sayyora orbitasini birinchi bo'lib peterburglik akademik A.I. Leksel hisoblab chiqdi.

Uranning diametri 51 ming 200 kilometr. Massasi Yernikidan 14,6 marta katta, o'rtacha zichligi 1,27 g/sm^3. Bu sayyora Quyoshdan o'rtacha 19,2 astronomik birlik masofada uning atrofida aylanadi. Sayyora gardishini ko'rish uchun uni kam deganda 100 martacha kattalashtiruvchi teleskopda kuzatish zarur bo'ladi.

Uranning orbital tezligi sekundiga 0,8 kilometrni tashkil qiladi va Quyosh atrofida 84 yilda bir marta aylanib chiqadi. Biroq u o'z o'qi atrofida nisbatan tez aylanadi. Sutkasining uzunligi 16 soatu 24 minutni tashkil etadi.

Garchi sayyora sirti detallarini ko'rib bo'lmasa-da, davriy ravishda uning sirti ravshanligi o'zgarib turishi yaqqol seziladi.

1986-yilning 24-yanvarida AQSH ning «Voyadjer-2» sayyoralararo avtomatik stansiyasi Yerdan jo'naganidan 8 yarim yil



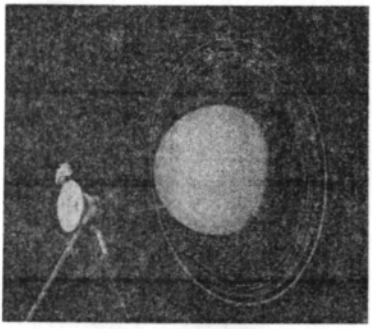
110-rasm. Uranning ichki tuzilishi

keyin Uran sayyorasidan 81 ming 200 kilometr naridan o'tayotib u 12 foizga yaqin geliy va taxminan 3 foiz metandan tashkil topganini aniqladi

Olingan ma'lumotlar, uning markazida radiusi 0,3 sayyora radiusiga teng masofagacha og'ir elementlar – silikat, metal va metan, ammiak hamda suv birikmasidan vujudga kelgan muzdan tashkil topgan yadrosi borligini tasdiqladi. Yadro esa, taxminan 0,7 sayyora radiusigacha boruvchi vodorod va geliyning qalin po'stlog'i bilan o'ralganligini ma'lum qiladi (110-rasm).

1977-yilning 10-martida Uranning «hayoti»ga tegishli qiziq bir yangilik ochildi: uning atrofida ham, Saturn atrofidagi kabi halqa topildi. Bu kuni amerikalik yosh astronom olimlardan J.Elliot, E.Danxem va D.Minklar «uchar observatoriya» deb nom olgan maxsus samolyotga o'rnatilgan teleskop orqali Uranning SAO – 158687 deb nomlangan yulduzni bekitib o'tishini kuzatishdi. Kutilmaganda yulduzning Uran bilan to'silishiga 40 minut qolganda uning ravshanligi keskin kamayib, bir necha sekunddan so'ng dastlabki holatga kelgan. Shundan so'ng sayyora yulduzni to'sgunga qadar bunday hol yana to'rt marta qaytarilgan. Va nihoyat, yulduzning sayyora diski bilan to'silishi 25 minutcha davom etgach, yana navbat bilan yulduzning ravshanligi oldingi to'silish davri bilan besh marta kamayib, so'ngra avvalgi holatiga kelgan. Kuzatuvchilar bunday hodisaning sababi, Uran atrofida birin-ketin beshta halqa joylashganligida deb to'g'ri aniqlashdi.

Keyinchalik Uran halqalarini o'rganishlar, ular sayyora markazida 42 mingdan 51 ming kilometrgacha masofa orasida joylashganini va kengligi o'rtacha 4-8 kilometr atrofida bo'lib, eng chekkadagisiniki 50 kilometrgacha borishini aniqlandi (111-rasm).



111-rasm. «Voyajer-2» avtomatik stansiyasi (AQSH) tomonidan topilgan Uran halqalari

Hozircha Uran atrofida halqa qanday paydo bo'lganiga olimlar javob topa olganlaricha yo'q.

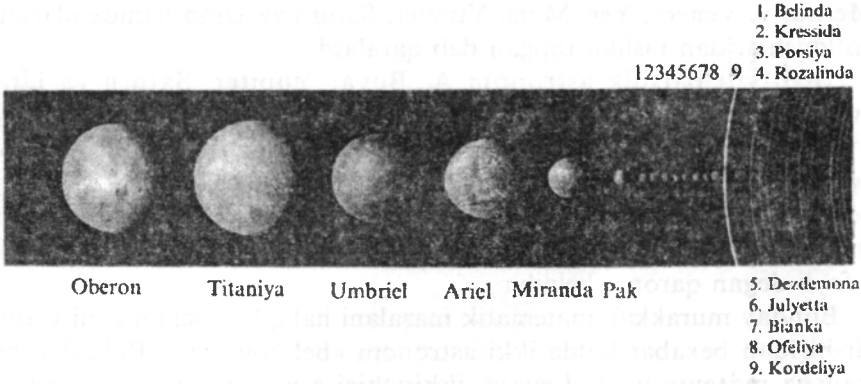
Sayyoraning ekvatori orbitasi tekisligiga $97^{0}55'$ burchak ostida yotib, uning aylanish yo'nalishi Veneraniki kabi barcha boshqa sayyoralarning aylanish yo'nalishiga qarama-qarshi bo'ladi. Bu esa, o'z navbatida, sayyorada yil fasllarining va kecha-kunduzning almashinuviga

qiziq bir tus beradi. Jumladan, Uranning qutblarida 21 yil davomida Quyosh doimo gorizontdan ko'tarilib boradi. So'ngra shuncha vaqt tushadi. Binobarin, qutblarda bir kecha-kunduz 84 yil, 30^0 li kenglamasida 28 yil, 60^0 li kenglamasida esa 56 yil davom etadi. Sayyoraning ma'lum bir yarim sharida yoz ham bir necha yil davom etadi, biroq Quyoshning tafti ungacha yaxshi yetib bormaydi, chunki Uran osmonida Quyosh gardishi atigi 2' yaqin burchak ostida ko'rinadi xolos. Uran sirtini radionurlar asosida o'lchashlar, uning o'rtacha temperaturasi Selsiy shkalasida minus 200 gradus ekanligini ma'lum qildi.

Uran asosan vodorod va geliydan tashkil topgan bo'lib, unda qisman metan ham borligi aniqlangan.

Bugun mazkur sayyoraning atrofida topilgan yo'ldoshlar soni 21ta. Shulardan ikkita eng yirigi Gershel tomonidan topilib, Titaniya va Oberon deb nomlangan. Birinchi marta bu nomlar fransuz eposida XII asrdan so'ng uchraydi. Keyinroq bu nomlar bilan V. Shekspirning «Yozgi tundagi tush» komediyasi qahramonlari yuritilgandan so'ng ular ayniqsa, ommabop bo'ldi. Uranning bu yo'ldoshlari topilgandan 64 yil o'tgach, astronom Lassel sayyoraning yana ikki yo'ldoshini ham Shekspir asarlarining qahramonlari nomlari bilan Umbriyel va Ariyel deb atadi. Va nihoyat, 48 yili J. Koyper Uranning beshinchi yo'ldoshini topdi va an'anaga ko'ra, Shekspirning «Bo'ron» ertak-piyesasi qahramoni – Miranda nomi bilan atadi.

Sayyoraning dastlabki topilgan beshta yo'ldoshi ham uning atrofida, sayyoraning aylanish yo'nalishi bilan bir xil aylanadi. Aylanish tekisliklari Uranning ekvator tekisligiga juda yaqin.



112-rasm. Uranning yo'ldoshlari

Bir «Uran yili» davomida uning yo'ldoshlarini ikki marta yon tomonidan va ikki marta qutb tomonidan ko'rish mumkin.

Uranning magnit maydoni kuchsiz bo'lib, u sayyoradan 0,6 million kilometrgacha cho'zilgan va Yerning radiatsion poyaslari kabi plazma bilan to'latilgan. Ko'rinma bulutlar bilan qoplangan balandlikda (bosim 0,5 bar ga teng) dipol maydonining kuchlanganligi 0,23 Ersted atrofida. Magnit dipolning o'qi, sayyoraning aylanish o'qi bilan 60° li burchakni tashkil etadi.

Oxirgi yillarda Uranni Yerdan turib o'rganishlar natijasida uning atrofida dastlab 5 ta, keyinroq esa 9 ta halqasi borligi topildi. «Voyadjer-2» Uran markazidan 50 ming kilometr masofada uning o'ninchi halqasini kashf etdi. Dastlabki ma'lumotlar ushbu halqa «toshlari»ning o'lchamlari, ayrim hollarda bir metrgacha borishini ma'lum qildi.

Sayyoralararo bu stansiya, Uranning Miranda deb nomlangan yo'ldoshdan 29 ming kilometrli masofadan o'tayotib sayyoraga tegishli bu «oy»ning relyefi – kraterlar, vodiylar, tog' tizmalari va jarliklardan iborat ekanligini aniqladi. Avtomatik stansiya sayyoraning Oberon deb ataladigan yo'ldoshida balandligi 6 kilometrga teng tog'ni topdi. «Voyadjer-2» Uranning shu paytgacha bizga noma'lum bo'lgan 10 ta yangi yo'ldoshini ochdi, ulardan eng kattasining diametri 160 kilometr bo'lib, sayyora atrofida 18 soatlik davr bilan aylanadi (112-rasm.).

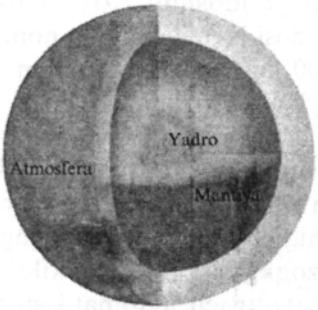
9-§. Neptun

1820-yilga qadar Quyosh oilasi asosan quyidagi yettita sayyora Merkuriy, Venera, Yer, Mars, Yupiter, Saturn va Uran hamda ularning yo'ldoshlaridan tashkil topgan deb qaralardi.

1820-yili parijlik astronom A. Buvar Yupiter, Saturn va Uran koordinatalari jadvalini juda katta aniqlik bilan hisobladi. Biroq o'n yil o'tgach, Uran oldindan hisoblangan o'z o'rnidan 200 sekundli yoyga ilgarilab ketdi. Yana o'n yil o'tgach, ilgarilash 90 sekundga, 1846-yilga kelib esa 128 sekundga yetdi. Astronomlar Uranning harakatidagi bu chetlashish uning orbitasidan tashqaridagi boshqa sayyoraning ta'siri tufayli degan qarorga keldilar.

Bunday murakkab matematik masalani hal qilish uchun ayni vaqtda bir-biridan bexabar holda ikki astronom «bel bog'ladi». Bulardan biri fransuz matematigi U.Levere, ikkinchisi esa, yosh ingliz astronomi

J. Adams edi. 1846-yili matematik hisobdan sayyora-ning o'rni aniqlangach, U.Levere teleskopik yulduzlarning to'la xaritasi bor bo'lgan Berlin observatoriyasiga murojaat qiladi. 1846-yil 23-sentyabrida bu observatoriya astronom, professor M. Galle sayyorani Levere aytgan joyidan atigi bir gradus naridan topdi. U dengiz va okeanlar xudosi Neptun nomi bilan ataldi.



113-rasm. Neptun va uning ichki tuzilishi

Bu sayyora osmonda «qurollanmagan» ko'z bilan ko'rish mumkin bo'lgan yulduzdan olti martacha xira ko'rinadi, biroq shunga qaramay uni anchayin kuchsiz teleskop bilan ham ko'rsa bo'ladi.

Qizig'i shundaki, Neptun kashf etilishidan ancha ilgari, 1795-yilining 8 va 10- mayida astronom Laland ikki marta kuzatdi. Biroq o'shanda u sayyorani xira bir yulduz deb o'ylab, bu ikki kunda olingan foto plastinkalarda kuzatilgan sayyora siljishini – o'lchashning xatoligidan deb tushundi. Agar o'shanda Laland xulosa qilishga shoshilmay, yana bir-ikki kun bu «xira yulduzcha» ni e'tibor bilan kuzatganda edi, ehtimol u Neptunni Levere va Galledan yarim asr oldin topgan bo'larmidi?!

Neptun Urandan birozgina kichik bo'lib, uning diametri 50 ming kilometrdir. Zichligi 1 kub santimetrida 1,6 gramm. Quyoshdan o'rtacha uzoqligi 30,1 astronomik birlik. Massasi Yernikidan 17,2 marta katta. Sayyoraning orbital tezligi sekundiga 5,5 kilometr bo'lib, Quyosh atrofida aylanish davri 164 yilu 280 kun. O'z o'qi atrofida Neptun 15,8 soatda bir marta aylanib chiqadi.

Spektroskopik kuzatishlardan, Neptunda vodorod va metan borligi ma'lum bo'ldi. Sayyora zichligining Yupiter va Saturn zichligidan ortiqligi, uning tarkibida og'irroq elementlar ko'proq degan xulosaga olib keladi (113-rasm).

1846-yili astronom Lassel Neptunning katta yo'ldoshini topdi va unga afsonaviy dengiz xudosi Poseydonning o'g'li Triton nomini berdi. Triton juda massiv bo'lib, diametri 2700 kilometrgacha keladi. U Neptundan o'rtacha 355 ming kilometr masofada teskari orbital harakat bilan sayyora atrofida aylanadi. Shuningdek, uning bu yirik yo'ldoshi anchayin qalin atmosfera bilan ham qoplanganligi aniqlandi. 1949-yil sayyoraning yana

bir yo'ldoshini Koyper topdi va unga qadimgi yunonlarning sevimli xudosi Nerey qizining nomi – Nereida nomi berildi. Uning diametri atigi 300 kilometr, Neptundan 5,5 mln kilometr narida bo'lib, 360,2 kunda aylanib chiqadi.

AQSHning «Voyadjer-2» avtomatik stansiyasi 1989-yilning 25-avgustida Neptundan atigi 4825 kilometr naridan o'tdi. Bunda u orbitasining mo'ljallangan nuqtasidan bor-yo'g'i 30 kilometr naridan chiqib, jami 1,4 sekundgagina kechikdi. Bu davrda Neptunning Yerdan uzoqligi 4,5 milliard kilometrni tashkil qildi. Shundan so'ng salkam 5 soat o'tgach, avtomatik stansiya Neptunning eng yirik yo'ldoshi Tritondan 36,5 ming kilometr naridan o'tib, u haqda ham Yerga ma'lumot uzatdi. Kelayotgan signalning quvvati elektron qo'l soatlari batareyachasi quvvatidan 20 milliard marta kamligiga qaramay, bu singnallar kuchaytirilgach, Neptun va uning yo'ldoshlarining chiroyli tasvirlarini teleekranda namoyish qila oldi. Natijada «dengizlar xudosi»ning atrofida ham 5 ta halqa topildi.

Neptun sirtining temperaturasi minus 213°C, o'z o'qi atrofida aylanish davri esa 16 soatu 3 minut ekanligi aniqlandi. Sayyora sirtida shamolning tezligi sekundiga 300 metrgacha kuzatildi. Diametri 640 kilometrli Neptunning yo'ldoshi–Triton 800 kilometr qalinlikdagi gaz qobiqqa ega ekanligi ochildi. «Voyadjer-2» Neptunga «tashrif» buyurgunga qadar sayyoraning atigi 2 ta yo'ldoshi topilgan edi. Avtomatik stansiya uning yana 6 ta yo'ldoshini kashf etdi.

Savol va topshiriqlar

1. Ulkan sayyoralarning fizik tabiatlarida qanday umumiylik mavjud?
2. Yupiter va uning yo'ldoshlari to'g'risida ma'lumot bering.
3. Saturn, uning halqasi va yo'ldoshlari to'g'risida nimalar bilasiz?
4. Uran va Neptun sayyoralari va ularning yo'ldoshlari haqida gapirib bering.
5. Kosmik apparatlar yordamida ulkan sayyoralar va ularning yo'ldoshlari haqida olingan ma'lumotlar to'g'risida bilganlaringizni gapiring.

1-§. Mayda sayyoralar (astroidlar)

1596-yili bosilgan «Kosmografiya sirlari» asaridayoq Iogann Kepler Mars bilan Yupiterning orasida ham bir sayyora bo'lishi kerak deb gumon qilgan edi. Ilmiy mulohaza asosida tug'ilgan Keplerning bu gipotezasi, ikki asrdan so'nggina sayyoralarning Quyoshdan o'rtacha uzoqliklari orasidagi bog'lanishni ifodalovchi ajoyib empirik munosabatning ochilishi bilan tasdiqlandi. 1772-yili Vittenberglik astronom Titsius sayyoralarning astronomik birliklarda ifodalangan katta yarim o'qlari quyidagi nisbatda oson topilishini aniqladi:

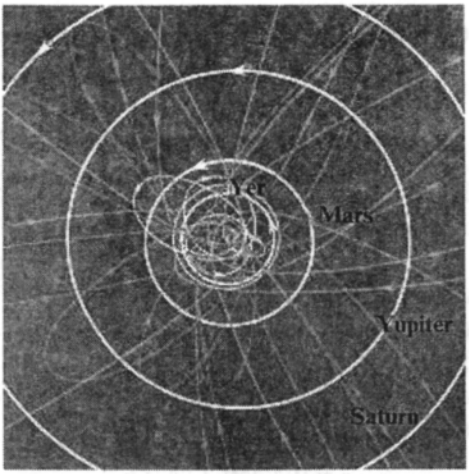
$$r = 0{,}4 + 0{,}3\,2^n \; a.b.,$$

bu o'rinda $n = -\infty, 0, 1, 2, 3, 4, \ldots$ qiymatlar oladi.

Quyidagi jadvalda sayyoralar orbitalari katta yarim o'qlarining yuqoridagi formula yordamida topilgan qiymatlari ularning Quyoshdan haqiqiy uzoqliklari bilan solishtirilgan.

Sayyora	*n*	Titsius formulasi yordamida hisoblangan masofa (a.b. larda)	Quyoshdan haqiqiy uzoqligi (a.b. larda)
Merkuriy	$-\infty$	0,4	0,4
Venera	0	0,7	0,7
Yer	1	1,0	1,0
Mars	2	1,6	1,52
?	3	2.8	-
Yupiter	4	5,2	5,2
Saturn	5	10,0	9,5

Titsiusning kashfiyotidan xabar topgan berlinlik astronom Iogann Bode bu empirik nisbatni qayta ko'rib, uning to'g'riligiga ishonch hosil qildi va uni keng targ'ib qilishda katta xizmat ko'rsatdi. Shundan so'ng bu qonuniyat Titsius-bode qonuni nomi bilan dunyoga mashhur bo'ldi.



114-rasm. Mayda sayyoralar ichida eng yiriklarining sayyoralar orbitalariga nisbatan joylashishlari

1781 yili Uranning topilishi va ungacha masofaning bu qonuniyatga mos kelishi Titsius kashfiyotining obro'sini yanada orttirdi.

Natijada ko'pchilik astronomlar bu qonuniyatga ko'ra Mars bilan Yupiter oralig'ida Quyoshdan 2,8 astronomik birlik masofada yana bir sayyora bo'lishiga endi shubha qilmaydigan bo'lishdi.

Bu sayyorani to'rt yillik izchil qidiruvdan so'ng Palermo (Sitsiliya) observatoriyasi direktori Djuzeppe Piatsti 1801-yilning 1-yanvar kechasi Savr yulduz turkumidan topdi. Aniqlanishicha, bu osmon jismi Titsius-Bodening qonuniga to'la mos kelib, Quyoshdan o'rtacha 2,8 astronomik birlik masofada joylashgan ekan. Biroq sayyora o'rni aniqlangandan so'ng ham uzoq vaqtga qadar «yo'qolgan» sayyora topilmadi.

Faqat bir yil o'tgach, berlinlik astronom Olbers 1801-yilning oxirgi kuni-yangi yil kechasi sayyorani Sunbula yulduz turkumidan topdi. Olbers 1802-yil 28-martda Sererani kuzatayotib, uning yaqinida yana bir tanish bo'lmagan yulduzchaga ko'zi tushdi. Ikki soatlik kuzatishdan, bu obyektning yulduzlar fonida siljishi ma'lum bo'ldi. Natijada Quyosh oilasiga yana bir mayda sayyora qo'shildi va u Pallada deb nom oldi. Garchi Pallada orbitasining katta yarim o'qi ham 2,8 a.b. kattalikka ega bo'lsada, uning orbitasining tekisligi Yer orbitasi tekisligiga juda katta – 34^0 li burchakka og'gan holda edi.

Shundan so'ng Olbers ajoyib gipotezani o'rtaga tashladi. Uning aytishicha, Mars bilan Yupiterning oralig'ida aylanayotgan yirik bir sayy ora, qandaydir sababga ko'ra halokatga uchragan va uning parchalari turli tomonga uchib, Quyosh atrofida, o'zaro diametral qarama-qarshi nuqtalarda kesishuvchi orbitalarda harakatlanadigan bo'lib qolgan. Hatto u orbitalarning kesishish nuqtalari Sunbula va Hut yulduz turkumlarida yotadi degan fikrni ham berdi.

Olbers nazariyasi kutilganidan ziyod tasdiqlandi. 1804-yil 2-sentyabrda Hut yulduz turkumidan astronom Garding Yunona deb nomlangan mayda sayyorani, 1807-yil 29-martda esa Olbers to'rtinchi asteroid – Vestani topdi. 1845-yilga kelib, 15 yillik tinimsiz izlanishlar astronomiya «ishqibozi» – pochta chinovnigi Karl Genkeni yangi astroid bilan «mukofotladi». Beshinchi mayda sayyora Astren deb nomlandi.

Bu hodisadan so'ng mitti sayyoralarning ochilishi tezlashib ketdi. Keyingi o'n yilda ularning soni 36 taga, 1890-yilga kelib esa 302 taga yetdi (114-rasm).

Dastlab mayda sayyoralar qadimgi rim afsonalarining qahramonlari, xudolari nomlari bilan yuritildi. So'ngra ularning soni juda ko'payib ketgach, 45 boshlab, oddiy ayollarning nomi bilan, keyinroq esa asteroidlarga Filosofiya, Geometriya, Yustitsiya kabi fanlar hamda geografik nomlar ham beriladigan bo'ldi.

Mayda sayyoralarga tegishli yana bir qiziq joyi shundaki, ulardan ko'pi topilgach, orbitalarini hisoblashga ulgurmay turib yo'qotib qo'yiladi. Shu xilda «yo'qolgan» mitti sayyoralarning soni mingdan ortiq. XX asrning birinchi besh yilligi (1901–1905 y.) oralig'ida topilgan 300 mayda sayyoradan 179 tasi «yo'qotib» qo'yildi, 1936–1940-yillar davomida topilgan 1176 astroiddan esa ro'yxatga atigi 136 tasi mustahkam qayd qilindi.

Buning oldini olish uchun 1873-yildayoq Berlin hisoblash instituti tashkil etildi va u to 1945-yilga qadar mitti sayyoralarni tadqiq qilish markazi bo'lib keldi. Urushdan keyin bu vazifani 1920-yilda tashkil etilgan sobiq Ittifoq Fanlar akademiyasining Leningrad nazariy astronomiya instituti o'z zimmasiga oldi. Bu institutning osmon jismlari orbitalarini hisoblashga tegishli jadvallari butun dunyo astronomik observatoriyalari tomonidan foydalaniladi.

Orbitalari hisoblanib, mayda sayyoralar ro'yxatidan mustahkam joy olgan asteroidlarning soni hozirga kelib bir necha mingdan ortib ketdi.

2006-yilda chaqirilgan Xalqaro astronomik ittifoq Assambleyasining qaroriga ko'ra, ulardan eng yirigi–Tserera mayda sayyoral ar safidan chiqarilib, mitti sayyoralar qatoriga kiritildi.

2-§. Kometalar («dumli yulduzlar»)

«Kometa» – yunoncha «sochli» degan ma'noni anglatadi. Kometalarga «sochli» yoki «dumli yulduzlar» degan nom ularning Quyosh yaqinida o'tayotgandagi ko'rinishlariga ko'ra berilgan, aslida esa orbita bo'ylab harakatlari davomida ularning ko'rinishlari keskin o'zgarib boradi. Xususan, kometa Quyoshdan juda uzoq masofada bo'lganda (u paytda kometa sayyoramizdan ham uzoq masofada turadi) uning asosiy massasi mujassamlashgan *yadro* deb ataluvchi qismi xira yulduzcha shakl ida 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 (115-rasm).

Kometa Quyoshga yaqinlashgan sayin kometa komasining diametri va «dumi»ning uzunligi ortib boradi. Qizig'i shundaki, diametri million kilometrgacha tartibdagi 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.



115-rasm. «Dumli yulduz»ning yulduzlar fonida ko'rinishi

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 vahimaga solgan osmon jismlaridan hisoblanadi.

Hozirgi zamon kometa astronomiyasining asoschisi, ulug' rus tadqiqotchisi F.A. Bredixin XIX asrning ikkinchi yarmida barcha asosiy kometa hodisalarini tushuntira oladigan ixcham mexanik nazariyani yaratdi. Bredixin «dumli yulduzlar» bulutli massalarining harakatiga tegishli itariluvchi tezlanishlarni bevosita aniqlashga imkon beruvchi metodlarni birinchi bo'lib ishlab chiqdi.

Natijada Quyoshning kometaga ta'sir etuvchi tortishish kuchidan bir necha marta ortiq kattalikka ega bo'lgan *itarish kuchi* ham borligi aniqlandi. Dastlab taniqli olim Sellner bunday kuchni quvvatli zaryadlangan Quyosh ta'siridan deb tushuntirdi. Bu fikrni keyinchalik Bredixin ham quvvatladi. Biroq hisoblashlar Quyosh bu qadar quvvatli zaryadlangan osmon jismi bo'la olishini inkor etgach, nurlarning moddiy jismlarga ta'siri asosida kometa dumlarining yo'nalishini boshqacha tushuntirish imkoni tug'ildi.

XIX asrning o'rtalaridayoq Maksvell nurning oqimi uning yo'liga qo'yilgan to'siqqa bosim bilan ta'sir qilishini ko'rsatdi. 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.Lebedyev tomonidan bunday nozik tajriba qoyilmaqom qilib bajarildi. Ma'lum bo'lishicha, nurning bosimi haqiqatdan ham mavjud bo'lib, faqat massiv jismlarga uning ta'siri deyarli bilinmas ekan. Biroq siyrak gaz molekulalari yoki mayda chang zarrachalariga bo'lgan uning bosimi sezilarli darajada katta ekanligi aniqlandi.

Nurning bunday bosimiga tayanib, siyrak kometa dumidagi bug'larning Bredixin bashorat qilgan itaruvchi kuchlar to'g'risida Quyoshdan teskari tomonga cho'zilishini tushuntirish qiyin emas. Bredixin o'tgan asrlarga tegishli o'nlab va XIX asrning barcha yorug' kometalarini tadqiq qilib, ajoyib natijalarga erishdi. Ma'lum bo'lishicha, kometalarning dumlari Quyosh nurlari bosim kuchining o'rtacha miqdoriga ko'ra *to'rt tipga* bo'linar ekan. Uning hisoblashiga ko'ra, I tipga kiruvchi dumlar ingichka to'g'ri chiziq bo'yicha cho'zilib, nurning bosimi tufayli maydonga kelgan itarish kuchlari, Quyoshning tortishish kuchlaridan qariyb 20 martacha ortiqlik qiladi. II tipdagilarda esa dum yorug', keng va biroz egilgan ko'rinishda bo'lib, tortishish kuchi teng yoki undan atigi bir necha martagina kuchli bo'lgan itarish kuchlari ta'sirida vujudga keladi. III tipga kiruvchi kometa dumlarida zarrachalar nisbatan kam tortishish kuchlari ta'sirida



116-rasm. Mashhur Galley kometasi (1986-y.)

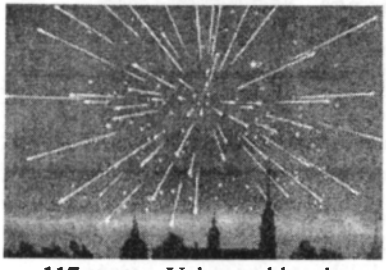
Quyoshga tomon harakatlanadi. Bunday dumlar odatda juda kalta bo'lib, Quyoshga nisbatan qarama-qarshi yo'nalishga kattagina burchak ostida yo'naladi. Anomal dumlar deyiluvchi IV tipga Quyoshdan emas, aksincha Quyoshga qarab yo'nalgan dumlar kiradi. Anomal dumlar, Quyosh nurlari ta'sirida bo'lmaydigan zarralardan tashkil topgan bo'lishi yoki ba'zan kometa dumining kuzatuvchiga nisbatan ma'lum sharoitda proyeksiyalanishi asosida shunday ko'rinishi mumkin.

Kometalar yadrosi muzlagan gazlar va ularga yopishgan turli o'lchamdagi chang, tosh va metall zarrachalardan tashkil topadi. Muzlagan gaz aksariyat holda ammiak (CH_4), metan (NH_3),karbonat angidrid(CO_2), sian (C_2N_2)va azot (N_2)dan 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 molekulalarini «uyg'otadi». Natijada komaning spektrida uni tashkil etgan neytral gazlarning (azot, sian, karbonat angidrid, metan va boshqalar) yorug' tasmalari paydo bo'ladi.

Kometaning dum qismiga tegishli spektr esa, bu qismda ionlashgan karbonat angidrid, is gazi va azot molekulalari borligini ko'rsatadi.

3-§. Meteorlar («uchar yulduzlar») va meteor «yomg'irlari»

Tunda chiroyli iz qoldirib uchgan «yulduzlar»ni kim ko'rmagan deysiz? Biroq bu «uchar yulduz»larning yulduzlarga hech aloqasi yo'q bo'lib, aslida ular osmonning «daydi» mayda tosh zarrachalardir (kattaliklari millimetrning ulushlarida, massalari esa milligramlarda o'lchanadi). Yerga yaqinlashgach, ular sayyoramiz atmosferasiga sekundiga 10 kilometrdan 70–80 kilometrgacha tezlik bilan kiradilar (117-rasm). Shubhasiz, bunday katta tezlikdagi tosh-zarra atmosfera molekulalari bilan ishqalanishi natijasida cho'g'lanib ko'rinadi va uchish davomida juda tez yemiriladi. Fanda *meteorlar* deb yuritiluvchi «uchar yulduz»lar yo'lining uzunligi bu osmon jismlarining kattaliklari va tezliklari bilan bog'liq bo'lishi o'z-o'zidan tushunarli.



117-rasm. «Uchar yulduz»lar va ularning radianti

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 gazni yo'qotadi. Bu gazlarning zaxirasi chegaralanganligini e'tiborga olsak, ma'lum davrdan so'ng «dumli yulduz»lar boshsiz va dumsiz qolishini 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 hisoblashicha, bu kometa Quyosh atrofida 330 marta aylangandan ya'ni qariyb 25 ming yildan so'ng gaz zaxiralaridan ajraladi.



118-rasm. Shahar ustida «meteor yomg'iri»

Astronom S.K. Vsexsvyatskiy o'z tadqiqotlari asosida, davriy kometa har daf'a Quyosh yaqinidan yangidan o'tayotganda uning ravshanligi kamayishini aniqladi. Bunday fakt ham nisbatan qisqa vaqt ichida kometaning gaz zapasi kamayib ketishidan darak beradi. Aslida kometa gaz zapasidan 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, 1946-yilda kuzatilgan Biyela kometasi Quyosh yaqinidan o'tayotib ikki bo'lakka ajralgan. Navbatdagi 1857-yilgi 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 uning o'rniga kuchli «meteor yomg'iri» kuzatilgan (118-rasm).

1950-yili olim D.D. Dubyago parchalangan kometa yadrolarining meteor oqimlari vujudga kelishidagi rolini chuqur o'rganib chiqdi. Uning hisob-kitobining ko'rsatishicha, kometa yadrosini «tashlab qochgan»



119-rasm. Yerga ishqalanish tufayli yonib tushayotgan bolid

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 tasdiqlanadi. Buning uchun parchalangan kometa orbitasi va yillik davr bilan kuzatiladigan meteor oqimlarini solishtirish kifoya. Shunday solishtirish natijasida har yili avgust oyida kuchayadigan «meteor yomg'iri» (Perseid meteor oqimi) «1862-III» deb nomlangan parchalangan kometa yadrosining zarrachalari ekanligi aniqlandi. Mashhur Galley kometasi ham ikkita – Orionid va may oyida kuzatiladigan Akvarid yulduz turkumlarida meteor oqimlarini vujudga keltirdi. Shu xildagi «meteor yomg'iri»dan o'nga yaqini fanga ma'lum.

4-§. Meteoritlar

Ba'zan samoning «daydi» toshlari ancha katta bo'lib, Yer atmosferasi qatlamidan o'tayotganda yonib ulgurmaydi va *bolid* ko'rinishida yer sirtiga tushadi (119-rasm). Ular *meteoritlar* degan nom bilan yuritiladi. Meteoritlar asosan tosh, temir, tosh-temir va 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 bundan bir necha yil oldin Kiyev viloyatida kuzatildi: 1970-yilning 8-mayida Yagotina shahrida bulutsiz ochiq havodan kattagina muz parchasi yerga urilib, bir necha bo'laklarga parchalanib ketdi. Bo'laklarning umumiy og'irligi 15 kilogrammga yetdi.

Buyuk Karl zamonasining qo'lyozmalaridan birida esa, osmondan kattaligi salkam 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 sirligini saqlamoqda. Sibir «mehmoni», Podkamennaya Tunguska daryosining o'ng qirg'og'ida

joylashgan Vanovare qishlog'idan yuz kilometrcha shimoliy-g'arbga ertalab, Quyosh biroz ko'tarilganda «tashrif» buyurdi.

Yerni kuchli larzaga solgan bu osmon jismi keyinchalik *Tungus meteoriti* nomi bilan fanda keng tanildi. Hisoblashlarning ko'rsatishicha, sayyoramizga yiliga 500 dan ortiq bunday toshlar «tashrif» buyuradi. Biroq Yer yuzining qariyb 70 foizi suv bilan qoplanganligini e'tiborga olsak, bu toshlardan 350 ga yaqini dengiz va okean tublaridan joy olib, izsiz yo'qolishi ma'lum. Qolgan 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.

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, xolos. K.P. Stanyukovich, tezligi sekundiga 4 kilometrgacha bo'lgan toshlarning yerga urilishi portlash bilan tugashini ilmiy asosladi. Portlagan meteorit urish 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 ajralgan (portlash paytida) 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 yerda topib bo'lmaydi, ular «avtograf» sifatida Yerda ulkan kraterlarinigina qoldiradi. Meteorit hosil qilgan bunday yirik kraterlardan biri Arizona shtatida (AQSH) topilgan bo'lib, uning diametri 1300 metrga, chuqurligi esa 175 metrga yetadi (120-rasm). Bu krater meteorit tushgandan bir necha ming yil keyin topilishi diqqatga sazovordir.

Sayyoramizda 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, qalinligi esa 1 metrdan ortiq. Bu gigant

temir «mehmon»ning og'irligi 60 tonnani tashkil qiladi. Olim S.Gordonning aniqlashicha, meteorit Yer atmosferasiga kirishdan oldin 100 tonnani tashkil qilgan!

Yuqorida eslatilganidek, meteoritlarning aholi yashaydigan punktlarga tushish ehtimoli juda kam. Butun insoniyat tarixida meteoritlardan 15 tasigina kishilar yashaydigan tomlarga tushganligi aniq qayd qilingan. Shundan to'rt holidagina kishilar yengil jarohatlangan, xolos.

Savol va topshiriqlar

1. Quyosh sistemasida harakatlanayotgan mayda osmon jismlariga qanday jismlar kiradi?
2. Mayda sayyoralar (asteroidlar) va ularning orbitalari haqida ma'lumot bering.
3. Yerga vaqti-vaqti bilan yaqinlashib turadigan asteroidlardan qaysilarini bilasiz?
4. Kometalar qanday osmon jismlari?
5. Meteorlar haqiqatdan ham uchar yulduzlarmi?
6. Bolidlar qanday hodisa?
7. Meteoritlar haqida nimalarni bilasiz?

IX BOB. YULDUZLAR

1-§. Yulduzlarning asosiy xarakteristikasi

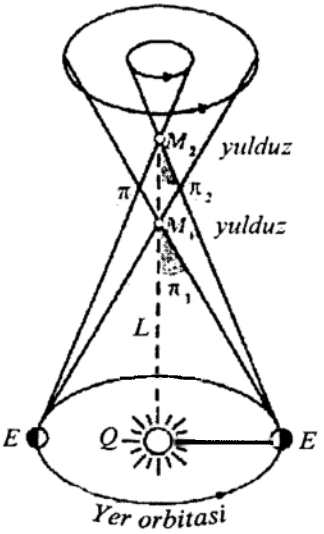
Yulduzlar – koinotda eng keng tarqalgan obyektlar bo'lib, barcha kosmik obyektlarning qariyb 98% ga yaqin moddasini o'zlarida mujassamlashtirgan. Garchi yulduzlar bir qarashda bir-biriga juda o'xshashdek tuyulsa-da, aslida fizik tabiatlariga (temperaturasi, rangi, massasi, zichligi va boshqa parametrlariga) ko'ra bir-birlaridan keskin farq qiladi. Shuning uchun tabiatlari jihatidan bir-biriga o'xshash bo'lgan yulduzlarni topib, ularni sinflarga ajratgan holda o'rganish yaxshi natija beradi. Bu masalada ayniqsa, fizik o'zgaruvchi, chaqnovchi yulduzlarni alohida o'rganish, quvvatli va juda keng miqyosdagi fizik jarayonlar haqida qiziqarli ma'lumotlarni qo'lga kiritishga imkon beradi.

Ma'lum yulduzning evolyutsiyasi davomida asosiy xarakterlovchi fizik parametrlaridan bo'lgan massasi, yorqinligi, temperaturasi va radiuslarini aniqlash juda muhim jarayonlardan sanalib, yulduzlar atmosferasining fizik tabiatiga tegishli ma'lumotlarni asosan kuzatish metodlari, ularning ichki qismlariga tegishli ma'lumotlarni qo'lga kiritish esa, astrofizikaning ma'lum modellariga tayanilgan metodlar yordamida amalga oshiriladi

2-§. Yillik parallaks va yulduzlargacha masofani aniqlash

Yulduzlargacha masofani aniqlash, ularning yillik parallaktik siljishlariga asoslanadi. Quyosh atrofida radiusi qariyb 150 million kilometrli aylana bo'ylab sayyoramiz bilan birga harakatlanayotgan kuzatuvchi yaqindagi yulduzlarning uzoqdagi yulduzlar fonida siljib, bir yilda aylana (agar yulduz Yer orbita tekisligiga tik yo'nalishda joylashganda), ellips (yulduz, Yer orbita tekisligiga burchak ostida joylashganda) yoki to'g'ri chiziq kesmasini (Yer orbita tekisligida yotgan yulduz uchun) chizishini kuzatishi mumkin (120-rasm).

Yoritgichning parallaktik siljishi deb yuritiluvchi bunday chizmalarning yoy o'lchami, yulduzning uzoqligiga ko'ra turlicha kattalikda bo'lib, u mazkur yoritgichdan qaralganda qarash chizig'iga tik bo'lgan Yer orbitasi radiusining ko'rinish burchagi π ni o'lchashga imkon beradi. Yoritgichning yillik parallaksi deyiluvchi π burchak esa, o'z navbatida, shu yoritgichning Quyosh sistemasidan (demak, Yerdan ham) uzoqligini o'lchashga imkon beradi.



120-rasm. Yulduzning yillik parallaksi va ungacha masofani aniqlash usuli

Darhaqiqat, to'g'ri burchakli uchburchak QEM_1 (yoki QEM_2)dan (120-rasm):

$$\sin\pi = \frac{r}{\ell} \text{ yoki } \ell = \frac{r}{\sin\pi}$$

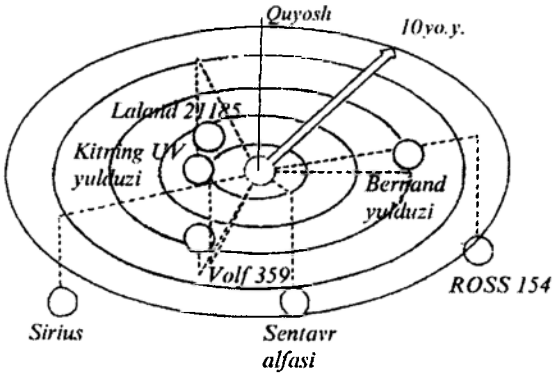
bu o'rinda r – Yer orbitasining radiusini, ℓ esa yoritgichgacha bo'lgan masofani xarakterlaydi. Yulduzlar uchun π–yoy sekundining ulushlarida o'lchanganidan yoritgichgacha masofa ($r=1$ a.b.). $\ell = \frac{r}{\pi'' \cdot \sin 1''} = \frac{1 \cdot 206265''}{\pi''}$ a.b. formula yordamida hisoblanadi. Agar masofa parseklarda o'lchansa $\ell = \frac{1}{\pi}$ bo'ladi.

Birinchi marta 1886-yil Vega (Liraning α si)ning yillik parallaksi o'lchanib, bu yulduzgacha masofani Pulkovo (Rossiya) observatoriyasining asoschisi V.Ya. Struve aniqladi. Ayni paytda minglab yulduzlargacha bo'lgan masofalar aniqlangan bo'lib, ular maxsus kataloglardan o'rin olgan. 121-rasmda Quyoshdan 10 yorug'lik yiligacha masofada bo'lgan yulduzlar keltirilgan.

3-§. Yulduzlarning spektri va spektral sinflari

Ma'lumki, yulduzlarning spektri asosan yutilish spektri bo'lib, faqat ayrim – yuqori sinf yulduzlariga tegishlilarining spektridagina nurlanish (emission) chiziqlar kuzataladi. Yulduzlarning spektrini solishtirish ularning spektrlari bo'yicha sinflarga bo'lishga asos beradi. Yulduzlarning spektrlaridagi farq asosan spektral chiziqlarning qanday elementlarga tegishliligi, ularning soni va intensivligi hamda mazkur spektrda energiyaning taqsimlanish xarakteri bilan belgilanadi (122-rasm).

Spektrlarda energiyaning taqsimlanishi va ma'lum atomlarning spektral chiziqlarining soni hamda intensivligi bilan bir-biriga o'xshash yulduzlarni ayrim sinflarga bo'lish asrimizning boshlarida Garvard observatoriyasi olimlari tomonidan boshlanib, hozirgi spektral



121-rasm. Quyoshdan 10 yorug'lik yiligacha masofada bo'lgan yulduzlar

sinflashtirishning asosini tashkil etadi. Ular birinchilardan bo'lib empirik yo'l bilan yulduzlarning spektral sinflarida ma'lum ximik elementlarning tarkibi va yulduzlarga tegishli chiziqlarning ravshanligini bilgan holda ularning spektrlarini ma'lum ketma-ketlikda joylashtirish imkoni mavjudligini aniqladilar va shu asosda, spektrlari bir-biriga o'xshashlarini tanlab, spektral sinflarga birlashtirdilar.

Yulduzlarning spektral sinflari lotin alfaviti harflarida quyidagi ketma-ketlik ko'rinishida belgilanadi: O, B, A, F, G, K va M. Ma'lum spektral sinfga kiruvchi yulduzlar spektrlari bir-biridan nozik farqlanishiga ko'ra 0 dan 9 gacha davom etuvchi sinfchalarga bo'linadi. Masalan: O0, O1, O2, ..., O9 yoki A0, A1, A2, ..., A9 va hokazo.

O sinf. Temperaturasi 25-50 ming gradusgacha boruvchi *ko'k* yulduzlar spektrlari ultrabinafsha sohasining intensivligi juda yuqori bo'lib, geliyning ionlashgan, uglerod, kremniy, azot va kislorod atom-larining ko'p marta ionlashgan chiziqlari uchraydi.Bu sinfga kiruvchi neytral geliy va vodorod atomlarining chiziqlari xira ko'rinishga ega bo'ladi.

B sinf. Ko'kish-oq rangli yulduzlar, temperaturasi 15-25 ming gradus atrofida bo'ladi. Neytral geliy chiziqlari eng intensiv, vodorod chiziqlari spektrda aniq ko'rinib, ayrim ionlashgan atomlarning xira chiziqlari ko'zga tashlanadi. Sunbulaning α si shu sinfga kiradi.

A sinf. Rangi oq. Sirt temperaturasi 14 ming gradusgacha boradi. Vodorodning chiziqlari maksimal intensivlikka erishadi. Ionlashgan kalsiyning H va K chiziqlari yaxshi ko'rinadi, metall chiziqlari xira. Vega,

(Liraning α si) va Sirius (Katta ayiqning α si) shu tipga kiruvchi yulduzlardir.

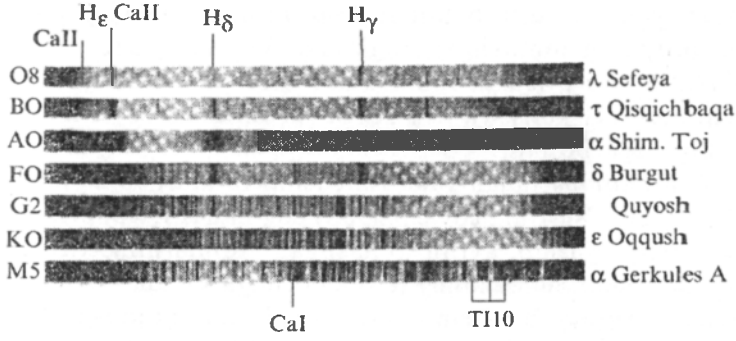
F sinf. Sarg'ish-oq rangli yulduzlar temperaturasi taxminan 7,5 ming gradus. Vodorod chiziqlarining intensivligi kamaya boshlagan. Kaltsiyning ionlashgan (H va K) va neytral chiziqlari hamda metallarning (temir, titan) chiziqlarining intensivligi orta boshlaydi. Tipik yulduz – Protsion (Kichik ayiqning α si).

G sinf. Rangi sariq, temperaturasi 6000°K. Vodorodning chiziqlari xiralashgan. Metal chiziqlari yaqqol ko'rinadi. Ionlashgan kalsiyning H va K chiziqlari intensivligi maksimumga erishadi. Quyosh shu sinfga kiradi.

K sinf. Rangi qizg'ish (oranjeviy), temperaturasi 5000° atrofida. Bu sinfga kiruvchi yulduzlarning spektrida metal chiziqlarining intensivligi maksimumga erishadi. Spektrning ultrabinafsha qismiga tegishli nurlanishning intensivligi sezilarli kamayadi. Bu sinfga kiruvchi tipik yulduzlarga Arktur (Ho'kizboqarning α si) va Aldebaran (Savrning α si) kiradi.

M sinf. Rangi qizil, temperaturasi 2000-3500°K. Spektrida metall chiziqlari juda kuchsiz bo'lib, asosan molekulyar polosalar bilan qoplangan. Ayniqsa titan oksidiga tegishli polosalar kuchli. Bu sinfning tipik yulduzi Betelgeyze (Orionning α si) hisoblanadi.

Yuqorida keltirilgan yulduz sinflari asosiy sinflar hisoblanib, bulardan tashqari *G* va *K* sinflardan tarmoqlanuvchi qo'shimcha C.S sinflar ham mavjud. Bulardan birinchisi *G* sinfdan tarmoqlanib, uglerodli yulduzlar deyiladi va sinfi *C* bilan belgilanadi. Bu sinfga kiruvchi yulduzlarning spektri



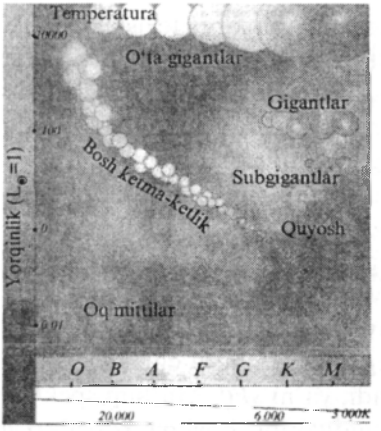
122-rasm. Turli sinflarga kiruvchi yulduzlar spektrlarining ko'rinishi

K va *M* sinfga kiruvchi yulduzlarning spektridan atomlarga tegishli yutilish chiziqlari va uglerod molekulalarining yutilish polosalarining borligi bilan farqlanadi. Ikkinchisi esa *K* sinfdan tarmoqlanib, sinfi *S* bilan belgilanadi. Bu sinfga kiruvchi yulduzlar *M* sinfidan titan oksidi (*TiO*) polosalari o'rnida sirkoniy oksidi (*ZrO*) polosalarining borligi bilan farqlanadi.

Agar ma'lum spektral sinfga kiruvchi yulduz qo'shimcha ba'zi xossaga ega bo'lsa, u biror harfiy ifoda bilan belgilanadi. Xususan, agar yulduz spektrida emission chiziqlar kuzatilsa, uning sinfini ifodalovchi harf yoniga *e* harfi quyidagicha qo'shib qo'yiladi. Masalan, *O6 e* – bu, spekrida emission chiziqlar bo'lgan 06 sinfga kiruvchi yulduzni ifodalaydi. O'ta gigant yulduzlar spektrida uchraydigan ingichka timqora chiziqlarda esa spektral sinfi oldiga *s* harfi qo'shib qo'yiladi, ya'ni *sF0*. Ma'lum spektral sinf uchun tiniq harakatda bo'lmagan yulduzning boshqa xossalari *p* harfi belgilanadi va u odatda, yulduzning spektral sinfidan keyin, ya'ni *A3p* ko'rinishda yoziladi va hokazo.

4-§. Spektr-yorqinlik diagrammasi

Yulduzlarning bir-biri bilan o'zaro bog'langan fizik xarakteristikalarini ikki guruhga ajratish mumkin bo'lib, birinchisiga yulduzning temperaturasi, rang ko'rsatgichi va spektral sinflari orasidagi aniqlangan bog'lanishni, ikkinchi guruhga esa, massasi va yorqinliklari orasidagi bog'lanishni aks qilish mumkin. Har bir guruhga oid ma'lum bir parametr shu guruhga kiruvchi boshqa parametrlarni aniqlashga imkon beradi. Garchi bir qarashda bu ikki guruhga parametrlar orasida bog'lanish yo'qdek tuyulsa-da, aslida ular orasida ham bog'lanish borligi ma'lum bo'ladi. Bunday bog'lanishni birinchi bo'lib, asrimizning boshida daniyalik astronom Gertsshprung va amerikalik astrofizik Ressellar aniqlashdi. Ular bir-biridan bexabar holda yulduzlarning yorqinliklari va spektral sinflari orasidagi bog'lanishni xarakterlovchi grafikni oldilar. Ma'lum bo'lishicha, agar koordinata o'qlaridan biriga yulduzlarning spektral sinflari, ikkinchisi bo'yicha esa absolyut yulduz kattaliklari qo'yilganda, yulduzlar diagrammani bir tekis to'ldirmay, bir necha guruhga ajralgan holdagi bog'lanish egriliklari ko'rinishida namoyon bo'lar ekan. Bunday diagramma *spektr-yorqinlik* yoki *Gertsshprung – Ressel diagrammasi* deb nomlanadi (123-rasm). Spektr-yorqinlik diagrammasida yulduzlarning absolyut yulduz kattaliklari o'rnida



Spektral sinflar va temperatura

123-rasm. Spektr – yorqinlik diagrammasi

logarifmik shkalada yorqinliklarini, spektral sinflari o'rnida esa rang ko'rsatgichlarini yoki effektiv temperaturalarini olish mumkin.

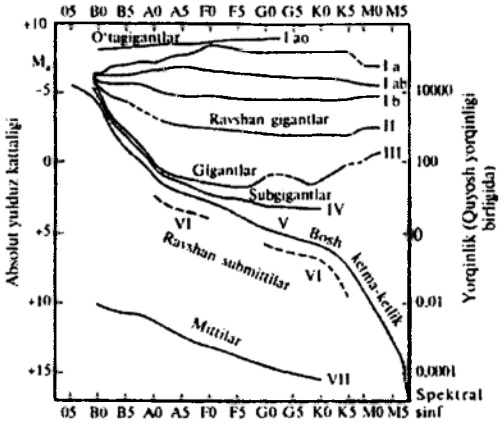
Gertsshprung – Ressel diagrammasi umumiy fizik tabiatga ega bo'lgan yulduzlar guruhini ajratishga, ularning temperaturasi, yorqinligi, spektral sinfi, absolyut kattaliklari kabi parametrlari orasidagi bog'lanishlarni aniqlashga imkon beradi.

Bu diagrammada yulduzlarning asosiy qismi bosh ketma-ketlik deyiluvchi egrilik bo'ylab joylashib, uning chap qismida ravshanligi yuqori bo'lgan boshlang'ich spektrga tegishli yulduzlar joylashadi va o'ng tomonga borgan sayin yulduzlarning yorqinliklari (binobarin temperaturalari) pasaya borib, keyingi sinflarga tegishli yulduzlar diagrammadan joy oladi.

Bosh ketma-ketlik egriligidan yuqorida nisbatan past temperaturali, biroq diametri juda katta va shuning uchun ham katta yorqinlikka ega bo'lgan absolyut yulduz kattaliklari -4^m, -5^m o'ta gigant va gigant (absolyut yulduz kattaliklari 0^m atrofida) yulduzlar joylashadi. Diagrammaning quyi qismda, boshlang'ich spektral sinflariga ega bo'lgan nisbatan kam yorqinlikka ega bo'lgan mitti yulduzlar joylashadi (123-rasmda yulduzlar o'lchamlari bilan berilgan).

Diagrammada yulduzlarning bir tekis taqsimlanmasligi ularning yorqinliklari va temperaturalari orasida sezilarli bog'lanish borligidan darak beradi. Bu bog'lanish, ayniqsa bosh kattalikka 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 I dan VII gacha bo'lgan rim raqamlari bilan belgilanadi. Bu raqamlar esa, o'z navbatida, yulduzning spektral sinfidan keyin qo'yiladi. Yulduzlar qabul qilingan yorqinliklarning bu klassifikatsiyasi MKK (Morgan va Kinan) klassifikatsiyasi deb ham yuritiladi.



124-rasm. Yulduzlarning yorqinliklari bo'yicha sinflarga bo'linishi

Yorqinlik sinflari bo'yicha yulduzlar quyidagicha taqsimlanadi (124-rasm):

I sinf – *o'ta gigantlar*. Bu yulduzlar Gertsshprung-Ressel diagrammasining tepa qismidan joy olib, 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 o'tadigan ketma-ketlikdir.

VII sinf – *oq mitti yulduzlar*. Diagrammaning quyi qismidan joy oluvchi yulduzlardir.

Biror yulduzning ma'lum yorqinlik sinfiga tegishliligi, spektral sinfning maxsus belgilari orqali aniqlanadi. Masalan, o'ta gigantlarning spektri, spektrida keng chiziqlari bo'lgan oq mitti yulduzlarnikidan farq qilib, ingichka hamda konturi juda chuqur spektral chiziqlarga ega bo'ladi. Ma'lum spektral sinfga tegishli mitti yulduzlarning shunday spektral sinfdagi gigantlardan farqi, mitti yulduzlarning spektrida ayrim metall chiziqlari gigantlarnikiga nisbatan kuchsiz bo'lgani holda, boshqa metallarga tegishli chiziqlar intensivliklariga ko'ra juda kam farq qiladi.

Yulduzlarning spektral sinflari yorqinlik sinflari bilan qo'shib o'rganilganda, ularning absolyut kattaliklarini aniqlashga imkon beradi.

Yulduzlarning aniqlangan absolyut yulduz kattaliklari esa, o'z navbatida, yulduzlargacha masofani aniqlashga imkon beradi. Yulduzlar yorqinligini ularning spektridagi ayrim chiziqlar ravshanligiga empirik bog'lanishlariga asoslangan yulduzlargacha masofalarini aniqlash metodi *spektral parallaks metodi* deb yuritiladi.

Spektral parallaks metodining trigonometrik metodlardan afzalligi shundaki, spektral parallaks, bizdan juda uzoqda joylashgan va spektrlarini olish mumkin bo'lgan yoritgichlarning masofalarini aniqlashga imkon beradi.

Savol va topshiriqlar

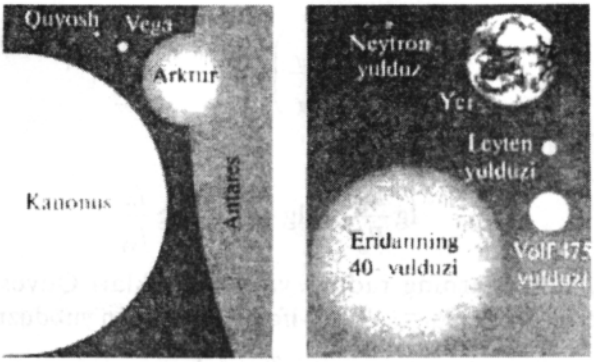
1. Yillik parallaks deganda nimani tushunasiz?
2. Yulduzlargacha masofalar qanday topiladi?
3. Yulduz kattaliklarining absolyut shkalasi deganda nimani tushunasiz?
4. Spektral parallaks yordamida yulduzlargacha masofa qanday topiladi?
5. Yulduzlarning rangi, temperaturasi va spektri orasida qanday bog'lanish mavjud?
6. Spektr-yorqinlik diagrammasi haqida nimalar bilasiz?
7. Yulduzlarning radiuslari ularning yorqinliklari orqali qanday topiladi?
8. Yulduzlarning ichki tuzilishi, ularning xillari (gigant, mitti va normal) bilan qanday bog'lanishga ega?

5-§. Yulduzlar o'lchamlarini (radiuslarini) aniqlash usullari

Elementar matematika kursidan ma'lumki kuzatuvchidan aniq masofada joylashgan jismning burchagiy o'lchami ma'lum bo'lsa, uning chiziqli o'lchamini hisoblash ortiqcha qiyinchilik tug'dirmaydi. Binobarin, agarda yulduzning burchagiy diametri d ma'lum bo'lsa, bu yulduzgacha masofa r aniq bo'lganda uning D diametrini ham osongina hisoblash mumkin. Buning uchun ushbu formuladan foydalaniladi:

$$D = \sin d'' \cdot r \text{ yoki } D = \frac{d'' \cdot r}{206265}\, pk = 74{,}8 \cdot 10^6 d \cdot r \text{ km} \qquad (1)$$

Biroq yulduzlar juda uzoq masofada joylashganliklaridan eng yirik teleskoplar bilan ham ularning burchagiy o'lchamlarini aniqlab



125-rasm. Gigant va mitti yulduzlarni Quyosh va Yer o'lchamlari bilan solishtirish

bo'lmaydi. Faqat maxsus yulduzlar interferometri deb yuritiluvchi teleskoplar yordamidagina atigi bir necha o'nlab yulduzlarning burchagiy o'lchamlarini va bu asosda ularning chiziqli o'lchamlarini aniqlash mumkin. Yulduzlarning o'lchamlari xilma-xil bo'lib, rasmda ular Quyosh (a) va Yer (b) o'lchamlari bilan solishtirilgan (125-rasm).

Ma'lum bir yulduz radiuslarini aniqlashning boshqa bir usuli shuki, uning bolometrik yorqinligi L_{bol} va effektiv temperaturasi T_{ef} ga tayanadi. Ma'lum bir yulduzning 1 kv. sm yuzasidan barcha yo'nalishlar bo'yicha nurlanish energiyasi uning effektiv temperaturasi bilan quyidagicha bog'lanishda bo'ladi:

$$\varepsilon = \sigma T_{ef}^4 \qquad (2)$$

U holda yulduzning to'la sferik sirtidan chiqayotgan nurlanish oqimi yulduz sirti $S = 4\pi R_*^2$ bo'lganidan:

$$L_* = 4\pi R_*^2 \cdot \sigma \cdot T_{*ef}^4 \qquad (3)$$

Bu ifodani Quyosh uchun tadbiq qilinsa,

$$L_\odot = 4\pi R_\odot^2 \cdot \sigma T_{\odot ef}^4 \qquad (4)$$

(3) va (4) tenglamalarning mos tomonlarini o'zaro bo'lsak

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

yoki $$\frac{R_*}{R_\odot}=\left(\frac{T_{\odot ef}}{T_{*ef}}\right)^2\sqrt{\frac{L_*}{L_\odot}}$$

ushbu ifodani logarifmlasak

$$\lg\frac{R_*}{R_\odot}=2\lg\frac{T_{\odot ef}}{T_{*ef}}+\frac{1}{2}\lg\frac{L_*}{L_\odot} \qquad (5)$$

Odatda, yulduzlarning radiusi va yorqinliklari Quyosh radiusi va yorqinliklari birligida ($R_\odot=1$, $L_\odot=1$) ifodalanganidan yubduzning radiusini

$$\lg R_* = 2\lg\frac{T_{\odot ef}}{T_{*ef}}+\frac{1}{2}\lg L_* \qquad (6)$$

ko'rinishda yozish mumkin.

Yulduzlarning absolyut bolometrik kattaliklari M_b ma'lum bo'lsa, yulduzlarning chizig'iy o'lchamlari ularning effektiv temperaturalariga ko'ra quyidagicha topiladi.

$$\lg R_* = 8,470-0,2M_b-2\lg T_{ef} \qquad (7)$$

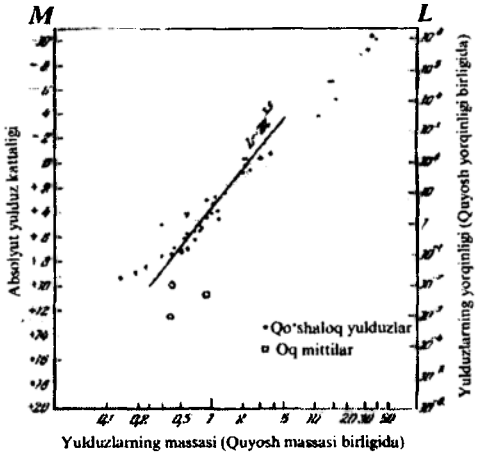
Yulduzlarning diametrlari Yernikidan yuzlab marta kichik (neytron yulduzlar) va Quyoshnikidan ming martagacha katta (o'ta gigant yulduzlar) bo'lgan oraliqlarda uchratish mumkin. Bosh ketma-ketlik egriligida joylashgan ko'pchilik yulduzlar uchun yulduzlarning yorqinliklari va radiuslari orasidagi ushbu bog'lanish empirik yo'l bilan aniqlanadi:

$$L_b \approx R^{5,2} \qquad (8)$$

6-§. Yulduzlarning massalarini aniqlash

Alohida yulduzning massasini bevosita aniqlash mumkin bo'lmay, faqat qo'shaloq yulduzlarning tashkil etuvchilarini birgallikda olingan massalarini ularning harakatlarini o'rganish asosida hisoblash mumkin. Buning uchun Keplerning Nyuton tomonidn aniqlashtirilgan uchinchi qonunidan foydalaniladi:

$$\frac{T_{ü}^2\left(M_a+M_{ü}\right)}{T_\oplus^2\left(M_\odot+m_\oplus\right)}=\frac{a_{ü}^3}{a_\oplus^3} \qquad (9)$$



126-rasm. Yulduzlarning yorqinliklari va massalari orasidagi bog'lanish

bu o'rinda M_a, M_y – mos ravishda asosiy va yo'ldosh yulduzlar massalarini; $M_\odot$, $m_\oplus$ – esa Quyosh va Yer massalarini xarakterlaydi.

$M_\odot >> m_\oplus$, $T_\oplus = 1$ yil, $a_\oplus = 1$a.b. deb yo'ldosh yulduzning aylanish davri yillarda orbitaning katta yarim o'qini astronomik birliklarda ifodalasak (1) ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$M_a + M_y = \frac{a_y^3}{T_y^2} \qquad (10)$$

(10) ifoda bilan hisoblanganda yulduzlar komponentlarining massasi Quyosh massasi birligida chiqadi.

Agar qo'shaloq sistemaga kiruvchi yulduzlarning massa markaziga nisbatan holatini alohida va natijada ularning katta yarim o'qlarining burchagiy o'lchamlarini alohida aniqlashning imkoni bo'lsa, u holda ular massalarining munosabatlarini ushbu ifoda yordamida aniqlash mumkin:

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{a_2^*}{a_1^*}, \qquad (11)$$

Bu o'rinda M_1 va M_2 lar mos ravishda asosiy va yo'ldosh yulduzlarning massalarini; a_1 va a_2 lar esa ular orbitasining katta yarim o'qlarini ifodalaydi. Garchi alohida olingan yulduzlar massalarini aniqlash mumkin bo'lmasa-da, biroq spektr–yorqinlik diagrammasidan alohida o'rin olgan ayrim yulduzlar guruhi uchun ularning yorqinliklari va massalari orasida bog'lanish borligi empirik yo'l bilan aniqlangan (126-rasm).

Xususan, bosh ketma-ketlik egriligidan o'rin olgan ko'pchilik qo'shaloq yulduzlarning komponentlari uchun quyidagi bog'lanish o'rinli bo'ladi:

$$L_b = M_*^{3,9} \qquad (12)$$

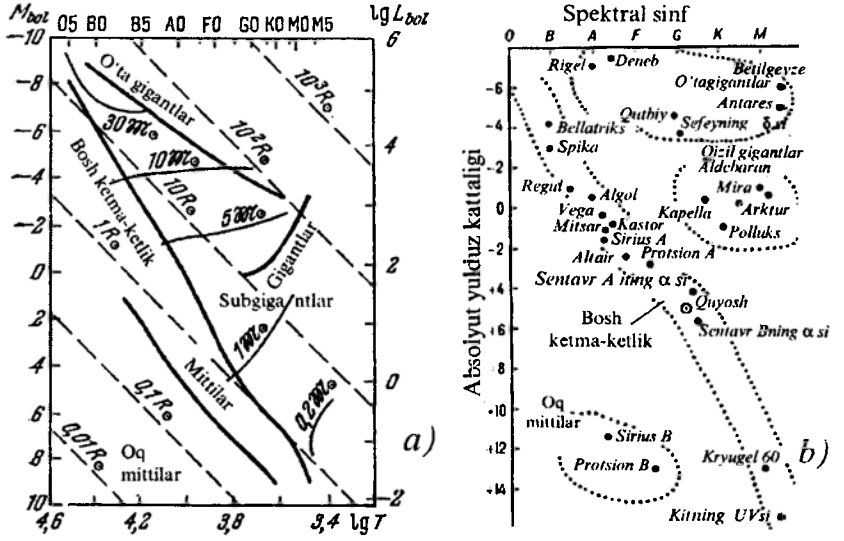
Ushbu ifodadan ko'rinishicha, bosh ketma-ketlikning tepa qismida eng massiv yulduzlar joylashib, pastga yo'nalgan sayin yulduzlarning massasi kamayib boradi.

7-§. Radius – yorqinlik-massa diagrammasi

Yulduzlarning spektral sinfi (temperaturasi) va yorqinliklari orasidagi bog'lanishdan tashqari ularga tegishli asosiy fizik kattaliklar – yorqinlik, effektiv temperatura va radius orasidagi bog'lanish ham borligi (IX bob, 5-§) bizga ma'lum. Binobarin, yulduzlarning radiusi va spektral sinfi (temperaturasi) orasidagi bog'lanish mavjud. Bunday bog'lanish diagrammada aks etishi uchun Gertsshprung Ressel diagrammasidagi yuduzlarning absolyut yulduz kattaligi M_v o'rniga logarifmik shkalada, absolyut bolometrik yulduz kattaligini M_b, spektral sinflar o'rniga unga mos ravishda logarifmik shkaladagi effektiv temperaturani qo'yamiz. Bunday diagrammada bir xil radiusga ega bo'lgan yulduzlar bir to'g'ri chiziq bo'yicha joylashadi, chunki 5-§ dagi ifodadan ko'rinishicha, $\lg L$ va $\lg T_{ef}$ o'zaro chiziqli bog'langandir.

127-rasmdagi diagrammada bir xil radiusli yulduzlar joylashadigan to'g'ri chiziqlar aks ettirilgan

Bordiyu yulduzlarning yorqinliklari va massalari orasidagi bog'lanishni ifodalovchi formula (oldingi 6-§, 12), boshqa sinflarga kiruvchi yulduzlarning yorqinliklari uchun ham o'rinli deb qaralsa, unda spektr-yorqinlik diagrammasida massalari ma'lum yulduzlarni joylab, ular asosida yuqoridagi formulaga tayangan holda bir xil massali yulduzlarning ham o'rinlarini belgilash mumkin bo'ladi.



127-rasm. Radius – yorqinlik-massa diagrammasi (a) va massasi hamda radiuslari ularga mos yulduzlar (b)

Shunday qilib, rasmda ifodalangan diagramma spektr-yorqinlik diagrammasidan yana ham to'laligi bilan farq qilib, yulduzlar fizik holatining diagrammasi sifatida qaralishi mumkin.

Xususan, bunday diagramma yulduzlarning evolyutsiyasi haqida hamda evolyutsiya tufayli uning asosiy fizik parametrlarining o'zgarish tendensiyasi haqida ham qimmatli ma'lumotlarni bera oladi.

8-§. Yulduzlarning ichki sharoiti va tuzilishi

Biror yulduzning radiusi va massasi berilgan bo'lsa, uning ichidagi fizik sharoitlar haqida ma'lumotlarni aniqlashning usullari mavjud bo'lib, ulardan Quyoshning ichki tuzilishini o'rganishda foydalangan edik. Yulduzning ma'lum qatlamidagi temperaturasini aniqlash masalasida, Quyosh markazi uchun topilgan ushbu formulani qo'llash mumkin:

$$T_{\odot} = k\frac{m}{R} \qquad (1)$$

bu o'rinda, k – gravitatsion va gaz doimiyliklari bilan bog'liq kattalik. Agar m uchun Quyosh massasi M_0, R radiusi uchun R_0 Quyosh radiusi olinsa, $T_\odot$ temperatura 15 mln. gradusga teng chiqadi. Binobarin, Quyoshga o'xshash bosh ketma-ketlikda yotgan yulduzlarning markazidagi temperatura

$$T_* = 1{,}5 \cdot 10^7 \frac{m_*}{R_*} \qquad (2)$$

ifodadan topiladi. Yulduzlarning radiusi va massasi ularning bolometrik yorqinliklari L_{bol} bilan $L_{bol} \approx R^{3.9}$ va $L_{bol} \approx m^{5.2}$ ko'rinishlarda bog'langanidan

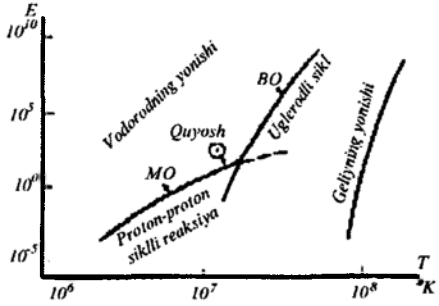
$$\frac{m}{R} = R^{1/3} \qquad (3)$$

Binobarin, bundan yulduzlar markazi uchun:

$$T* = 1{,}5 \cdot 10^7 R^{1/3} \qquad (4)$$

Radius – yorqinlik-massa diagrammasidan ko'rinishicha, bosh ketma-ketlik bo'ylab yuqoriga qarab yulduzlarning radiuslari ortib boradi. Binobarin, bunday yulduzlarning temperaturalari ham yorqinliklarining ortishi bilan sekin-asta ortib borishi kuzatiladi. Bosh ketma-ketlikning quyi qismiga tegishli *K0* spektral sinfiga kiruvchi yulduzlarning markazida temperatura 10 million gradusga mos kelgani holda, yuqori qismiga kiruvchi *B0* yulduzlarning markazida 30 million gradusni tashkil qiladi.

128-rasmda yulduzlarning temperaturaga bog'liq ravishda proton-proton siklli va uglerod-azot siklli reaksiyalarda ajraladigan energiya miqdorining o'zgarishi keltirilgan.

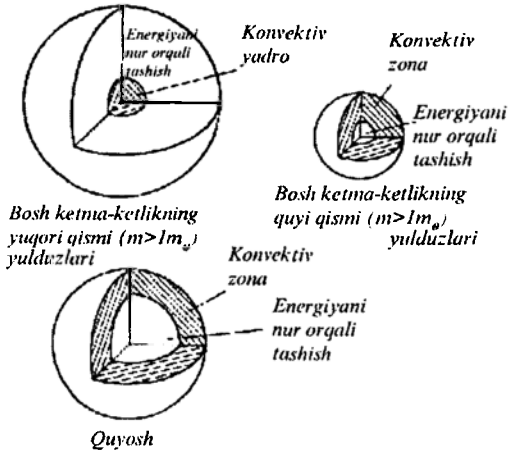


128-rasm. Yadroviy reaksiyalardan ajraladigan energiyaning temperaturaga bog'liqligi

Rasmda Quyoshning egallagan o'rnidan ko'rinishicha, *G* va undan keyingi *K, M* sinflarga mansub yulduzlarning markazida energiya ajralishi asosan proton-proton siklli termoyadro sintezi asosida, boshlang'ich sinflarga (*O,B,A,F*) mansub yulduzlarning markazida esa, uglerod-azotli sikl bilan ro'y beradigan sintez asosida energiya ajralar ekan. Bundan ko'rinishicha, spektr-yorqinlik diagrammasining turli qismlariga to'g'ri kelgan yulduzlar ichki tuzilishi fizik parametrlari bilan farq qilishi oydin bo'ladi. Endi fizik parametrlari ichki tuzilishlari bilan o'xshash yulduzlarni alohida-alohida qarab chiqaylik.

1. *Bosh ketma-ketlikning yuqori qismida joylashgan yulduzlarning fizik xarakteristikasi.* Bunday yulduzlarning massasi Quyoshnikidan bir necha marta katta bo'lganidan ularning markazidagi temperaturasi va bosimi ham Quyoshnikidan ancha yuqori bo'ladi. Bunday yulduzlarning markazida energiya ajralishi uglerod-azotli sikl asosida bo'lganidan, yorqinliklari ham Quyoshnikidan bir necha marta yuqori bo'lib, ularning evolyutsiyasi ancha intensiv kechadi. Binobarin, ular ancha yosh yulduzlar hisoblanadi.

Uglerod-azot siklli termoyadro sintezida ajralayotgan energiya E temperaturaning eng yuqori darajasiga $(\approx T^{20})$ proporsionalligi tufayli nurlanish oqimi Stefan-Boltsman qonuniga ko'ra T^4 ga proporsional bo'lganidan, yulduzning markazida termoyadro reaksiyasi tufayli paydo bo'layotgan nurlanish energiyasini uning sirtiga olib chiqish qudratiga



129-rasm. Bosh ketma-ketlikning yuqori($m>m_\odot$) va quyi qismlarida ($m< m_\odot$) joylashgan yulduzlarning ichki tuzilishi ($m_\odot$ Quyosh massasi)

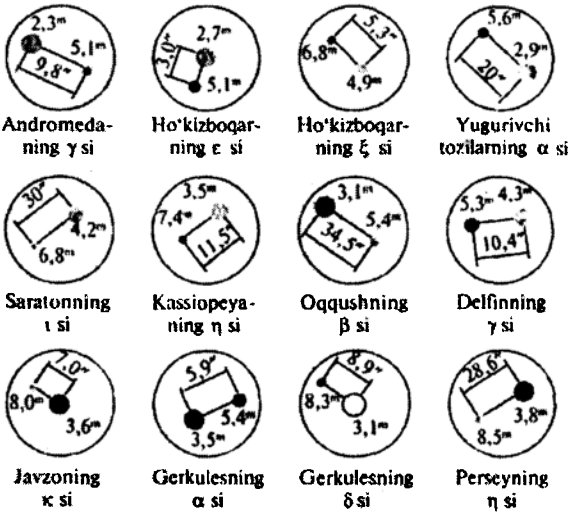
boshqacha aytganda, kollaps hodisasi ro'y beradi. Yulduz massasi taxmimnan 2-3 Quyosh massasicha bo'lganda, u kollapsdan qochib qutulolmaydi.

Agar yulduz siqilish tufayli neytron yulduzga aylanmaganda edi, kollaps hodisasi massasi $m > 1{,}2\ M_{\odot}$ bo'lgan yulduzlardan boshlab sodir bo'lgan bo'lur edi. Biroq bunday yulduzning neytron yulduzga aylanishi tufayli vujudga kelgan «neytron gaz» bosimi gravitatsiya kuchlariga bas kela olganligi tufayli u siqilishdan to'xtaydi, boshqacha aytganda, kollaps jarayoni ro'y bermaydi. Yana shuni aytish joizki, yulduzning qoldiq massasining siqilishi tufayli neytron yulduz o'z-o'zidan vujudga kelmay, u yadroviy portlashni (o'ta yangi yulduz ko'rinishida) «boshidan kechirishi» lozim bo'ladi. Bunday portlash tufayli modda neytronlar holatiga o'tkazilib, barcha mavjud yadroviy energiya undan ajralib chiqadi.

Bordi-yu yulduzning massasi 2-3 Quyosh massasidan katta bo'lsa, u holda «neytron gaz»ning bosimi ham gravitatsiya kuchlariga bas kela olmay, yulduz uzluksiz siqilishda davom etadi. Siqilayotgan bunday yulduzning radiusi $\frac{2GM}{c^2}$ dan (bu yerda c – yorug'lik tezligi) kichiklashganda parabolik tezlik yorug'lik tezligidan katta bo'ladi. Boshqacha aytganda, endi hech narsa, hatto nurlanish kvanti ham yulduzni tark eta olmaydi, binobarin, yulduz endi ko'rinmaydi. Nazariy jihatdan qaralganda, bo'lishi mumkin bo'lgan bunday faraziy yulduz «ko'rinishi» – *qora o'ra* deb ataladi (130-rasmga qarang).

9-§. Fizik qo'shaloq yulduzlar

Osmonda ba'zan bir-biriga yaqin joylashgan ikkita va bir qancha yulduzlarni ko'rish mumkin. Ularning ayrimlari aslida bir-biridan juda uzoqda bo'lib, osmon sferasida bir-birlariga yaqin joyda proyeksiyalanadi. Ular *optik qo'shaloq* yulduzlar deyiladi. Bordiyu ikki yulduz fazoda o'zaro tortish kuchi ta'sirida massa markazi atrofida harakatda bo'lsalar, bunday o'zaro dinamik bog'langan sistemaga *fizik qo'shaloq yulduzlar* deyiladi. 131-rasmda bir guruh taniqli qo'shaloqlarning rasmlari keltirilgan. Uchta yoki undan ortiq o'zaro dinamik bog'langan fizik qo'shaloq yulduzlar sistemasiga karrali yulduzlar deyiladi. Fizik qo'shaloqlar ularni qayd qilish usullariga ko'ra, uch turga bo'linib, ular vizual qo'shaloqlar, tutiluvchi qo'shaloqlar va spektral qo'shaloq yulduzlar deyiladi.



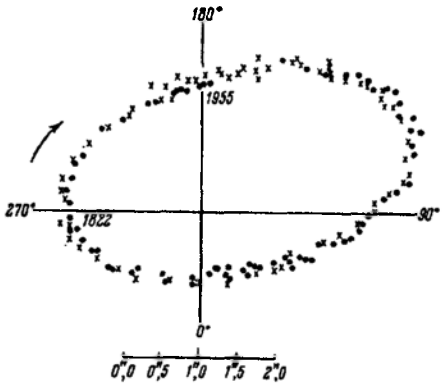
131-rasm. Bir guruh taniqli qo'shaloq yulduzlar

1. ***Vizual qo'shaloq yulduzlar***. Agar qo'shaloq yulduzlarning tashkil etuvchilari, bir-birlaridan bevosita ajratib ko'rish mumkin bo'lgan masofada joylashgan bo'lsa, ular vizual qo'shaloqlar deyiladi.

Vizual qo'shaloqlarni ularga juda o'xshash bo'lgan optik qo'shaloqlardan farqlash uchun uzoq yillar tinimsiz kuzatish lozim. Ko'pchilik kuzatiladigan qo'shaloqlarning haqiqiy qo'shaloqligi, ularning xususiy harakatlarini bir necha o'n yillar oralatib olingan fotorasmlarini o'rganish orqali aniqlanadi. Haqiqiy qo'shaloqlarning xususiy harakatlari deyarli bir xil ko'rinishda bo'ladi.

Qo'shaloq yulduz komponentlari (massalariga ko'ra asosiy va yo'ldosh yulduzlar deyiladi) fazoda osmon mexanikasi, xususan Kepler qonunlariga bo'ysungan holda, ularning umumiy massalari markazi atrofida teng davrlar bilan elliptik orbitalar bo'ylab harakatlanib, o'xshash ellipslar (bir xil ekstsentrisitetli) chizadi. Agar *bosh yulduz*ni (asosiysini) qo'zg'almas deb qarab, *yo'ldosh yulduz*ning bosh yulduz atrofidagi nisbiy orbitasi aniqlansa, mazkur orbitaning ekstsentrisiteti uning massa markazi atrofidagi haqiqiy orbitasining ekstsentrisiteti bilan bir xil bo'ladi.

Qizig'i shundaki, yo'ldosh yulduzning bosh yulduz atrofidagi nisbiy harakat trayektoriyasi ham aynan shunday ekstsentrisitetli ellipsdan iborat bo'ladi. Hosil bo'lgan bunday ellipsning katta yarim o'qi, tashkil etuvchi



132-rasm. Katta Ayiqning vizual qo'shaloq ξ yulduzining ko'rinma orbitasi

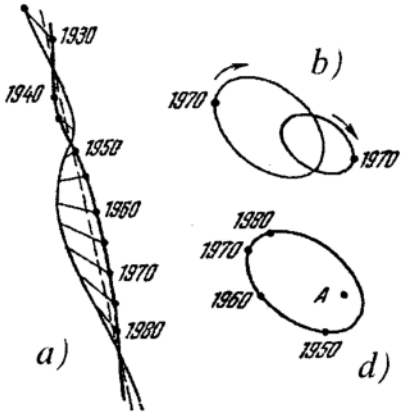
yulduzlar haqiqiy elliptik orbitalarining katta yarim o'qlarining yig'indisidan iborat bo'ladi.

Vizual qo'shaloq yulduzlarga Katta Ayiq yulduz turkumining ξ yulduzini misol qilib, keltirish mumkin. Bu qo'shaloqning komponentlari orasidagi masofa 12′ bo'lib, ularni oddiy ko'z bilan alohida-alohida ko'rsa bo'ladi (132-rasm).

133-rasmda o'tgan asrning ko'rsatilgan yillarida uzoq kuzatilib, orbitalari aniqlangan taniqli Sirius va uning yo'ldoshining aniqlangan orbitalari keltirilgan.

Agar qo'shaloq yulduzlarning umumiy massa markaziga nisbatan haqiqiy orbitalari katta yarim o'qlarining nisbati ma'lum bo'lsa, shu asosda ularning massalari nisbatini aniqlash mumkin. Shuningdek, yo'ldosh yulduz orbitasining katta yarim o'qi asosida Keplerning umumlashgan uchinchi qonunidan foydalanib, yulduz massalari yig'indisini ham topish mumkin. Binobarin, bu ikki tenglamadan foydalanib, qo'shaloq yulduz komponentlarining massalarini alohida-alohida topish mumkin bo'ladi. Shu sababdan qo'shaloq yulduzlarni o'rganish yulduzlar evolyutsiyasiga doir bilimlar uchun muhim ahamiyat kasb etadi. Chunki oxir-oqibatda yulduzlar taqdirini ularning massalari belgilaydi.

Hozirga qadar turli metodlar yordamida topilgan zich qo'shaloq yulduzlarning soni bir necha o'n mingtani tashkil qiladi. Ulardan o'n foizga yaqinining nisbiy harakat (bosh yulduzga nisbatan) orbitalari aniqlangan.

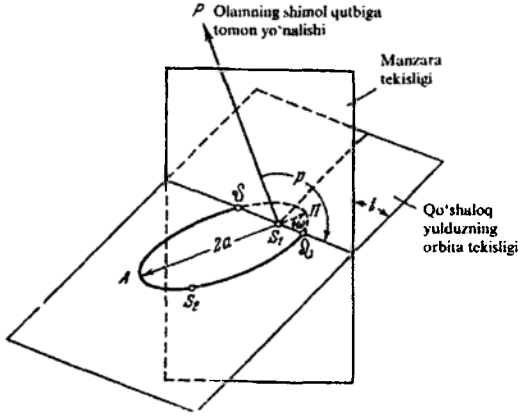


133-rasm. *a* – Sirius (qalin chiziq) va uning yo'ldoshining harakat trayektoriyasi; *b* – har ikkala yulduzning umumiy massa atrofidagi harakat yo'li; *d* – yo'ldosh yulduzning asosiy yulduz atrofidagi ko'rinma harakati

Qo'shaloq yulduzlarning orbita elementlari. 134-rasmda qo'shaloq yulduz orbitasining fazoda joylashishi tasvirlangan. Bu yerda S_1 ni bosh yulduz deb, S_2 ni esa yo'ldosh yulduz deb qaralsa, u holda yo'ldosh yulduz nisbiy orbitasining bosh yulduzga eng yaqin nuqtasi Π – *periastr*, qarama-qarshi nuqtasi A – *apoastr* deyiladi.

Nisbiy orbitaning holati va yo'ldosh yulduzning undagi vaziyati mazkur orbitaning quyidagi elementlari bilan xarakterlanadi: T – yo'ldosh yulduzning bosh yulduz atrofida aylanish davri, t – yo'ldosh yulduzning periastrdan o'tish momenti, e – uning orbitasining ekstsentrisiteti, a – orbitasining katta yarim o'qi, i – orbita tekisligi bilan osmon sferasiga shu nuqtada o'tkazilgan urinma tekislik (manzara tekisligi) orasidagi burchakdir.

Bulardan tashqari orbita holatini belgilovchi yana ikki element bo'lib, ular – orbita tugunining pozitsion burchagi (p) va periastrning uzunlamasi (ω) deyiladi. Pozitsion burchak – P olam qutbi va tugun yo'nalishlari orasidagi burchak bo'lib (u 180° dan kichik qilib olinadi), periastrning uzunlamasi – ω esa, tugundan to periastrgacha bo'lgan yoyni xarakterlaydi. Tugunlar deb, orbitaning manzara tekisligi bilan kesishgan nuqtalariga aytiladi. Vizual qo'shaloq yulduzning ko'rinma orbitasi, haqiqiy orbitaning manzara tekisligiga proyeksiyasidan iborat bo'lib, kuzatilgan nisbiy orbita yordamida uning haqiqiy orbitasining barcha elementlarini aniqlash

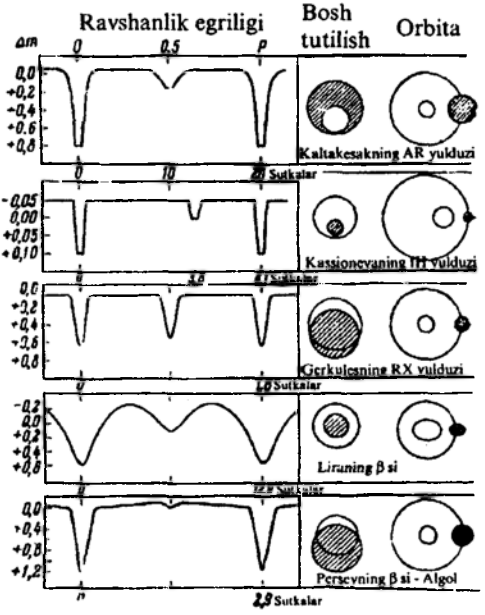


134-rasm. Qo'shaloq yulduzning orbita elementlari

mumkin. Bosh yulduz yo'ldosh, yulduz nisbiy orbitasining fokusida yotmasdan, undan qancha chetda joylashganligiga ko'ra *i*-ning qiymati topiladi va shu asosda geometrik usuldan foydalanib, ω va *e* larni ham hisoblash mumkin bo'ladi. *R*, *T* va ρ larning qiymatlari bevosita kuzatishdan topiladi. Orbitaning katta yarim o'qi *a* esa ko'rinma ellips katta yarim o'qi *a'* yordamida $a = a' \cdot \sec i$ formula bilan hisoblanadi.

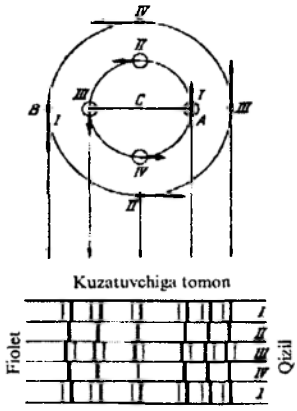
2. Tutiluvchi qo'shaloq yulduzlar. Bunda qo'shaloq sistemani tashkil etuvchi ikkita yulduz umumiy massa markazi atrofida aylanayotganda Yerdagi kuzatuvchi uchun bir-birlarini davriy ravishda to'sib o'tadilar. Lekin ular oralari juda yaqin bo'lganidan bunday yulduzlarning komponentlarini teleskopda ayrim-ayrim holda ko'rib bo'lmaydi. Kuzatuvchi har ikkala komponent ravshanliklarining yig'indisini kuzatadi. Ravshanliklari davriy ravishda o'zgarib turuvchi tutiluvchi qo'shaloq yulduzlarga Perseyning β si va Liraning β si yorqin misol bo'ladi.

Bunday qo'shaloqlar ko'rinma ravshanligining vaqt bo'yicha o'zgarishini ifodalovchi chiziqqa *ravshanlik egriligi* deyiladi. Egrilikning eng katta ravshanlikka ega bo'lgan momenti o'zgarishning maksimum va eng kichik ravshanlikka ega bo'lgan momenti esa uning minimum davri deyiladi. Ketma-ket kelgan ikkita bir xil faza holatlari orasidagi vaqt – o'zgaruvchanlik davri deyiladi. Yulduzning maksimum va minimum ravshanliklari farqi uning amplitudasi deyiladi. 135-rasmda ba'zi tutiluvchi qo'shaloq yulduzlar ravshanlik egriliklari va shu asosda



135-rasm. Tutiluvchi qo'shaloq yulduz ravshanliginingo'zgarish egriligi.

ular tutilishlarining qanday kechganligini ko'rsatuvchi aniqlangan chizmalari o'ng tomonda keltirilgan. Turli tutiluvchi qo'shaloq yulduzlar ravshanliklarining o'zgarishi turlicha xarakter kasb etib, ular yo'ldosh yulduz orbitasining kuzatuvchiga nisbatan qanday joylashishiga, yulduz o'lchamlariga, komponent ravshanliklari va ranglariga, yana bir qator omillarga bog'liq bo'ladi. Tutiluvchi qo'shaloq ravshanligining egriligini tahlil etib, bunday yulduz to'g'risida quyidagi ma'lumotlarga erishish mumkin. Komponentlarning biri ikkinchisini to'la, qisman yoki markaziy to'sib o'tishi, orbitaning manzara tekisligi bilan hosil qilgan burchagiga bog'liq. Agar $i=90°$ bo'lsa, markaziy tutilish ro'y beradi. Markaziy tutilishda turli radiusli yulduzlar uchun minimumlar keskin bo'lmay, bu davrda sistemaning umumiy ravshanligi ma'lum vaqt o'zgarmas bo'ladi. Agar minimumda shu shartlar bajarilmasa, tutilish qisman bo'lib, ravshanlikning minimum holatiga ko'ra, orbitalarning manzara tekisligiga og'maligini aniqlash mumkin. Minimumlarning davomiyligi, komponentlar nisbiy radiuslari – R_1 va R_2 ni hisoblash



136-rasm. Spektral qo'shaloq yulduzlar spektrida asosiy yulduz spektri chizig'ining atrofida yo'ldosh yulduz spektri chizig'ining «tebranishi»

imkonini beradi. Radiuslarning ma'lum qiymatlariga va minimumlarning chuqurligiga asoslanib, yulduzlar effektiv temperaturalarini ham aniqlash mumkin.

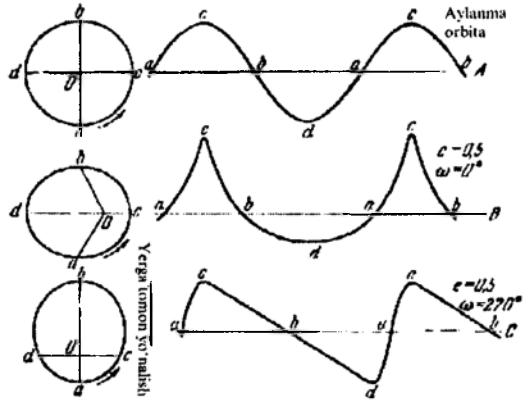
Ketma-ket minimumlar oralaridagi masofalar nisbati orbita, ekstsentrisiteti e va periastr uzunlamasi ω ga bog'liq. Ikkilamchi minimumning boshlanish fazasi $e \cdot \cos\omega$ ga teng. Agar bu faza ikkita bosh minimumlar o'rtasida bo'lsa, nisbiy orbita qarash chizig'i yo'nalishiga simmetrik joylashadi yoki aylana ko'rinishida bo'ladi. Ikkilamchi minimumning o'rtada bo'lmasligi $e \cdot \cos\omega$ ning qiymatini hisoblashga imkon beradi.

Ba'zan minimumlar orasida umumiy ravshanlik odatdagidan biroz ortiqroq bo'lishi mumkin. Bu bizga bir yulduz ikkinchisini yaqin masofadan qanday yoritayotganligi haqida ma'lumot beradi.

Xulosa qilib aytganda, tutiluvchi qo'shaloq yulduz ravshanligining egriligiga ko'ra biz unga tegishli quyidagi muhim kattaliklarni: i – orbitaning manzara tekisligiga og'maligi; P – yo'ldosh yulduzning bosh yulduz atrofida aylanish davri; T – bosh minimum momenti; e – orbita ekstsentrisiteti; ω – periastr uzunlamasi; R_1 va R_2 – qo'shaloq yulduzlar komponentalarining radiuslari; L_1 / L_2 – ularning yorqinliklarining nisbati yoki T_1 / T_2 – temperaturalarning nisbatini aniqlashimiz mumkin.

Hozirgi paytda Galaktikamizda 3000 dan ortiq tutilma qo'shaloq yulduzlar topilgan.

3. Spektral qo'shaloq yulduzlar. Ko'pchilik yulduzlarning qo'shaloqligini fotometrik usul bilan aniqlashning iloji yo'q. Buning sababi, ko'pchilik qo'shaloqlarning orbitasi tutiluvchi qo'shaloqlarniki kabi manzara tekisligi (qarash chizig'iga tik tekislik) bilan 90° burchak hosil qilmaydi. Bunday qo'shaloqlarning haqiqiy qo'shaloqligi ularning spektrlaridan ma'lum bo'ladi. Teleskop orqali qaraganda, yakka yulduz bo'lib ko'ringan ayrim yulduzlar spektrida bir necha spektral chiziqlar qo'shaloq holda kuzatilib, uning ustiga vaqt o'tishi bilan bu chiziqlar bir-biriga qarama-qarshi



137-rasm. Spektral qo'shaloq yulduzlarning nuriy tezliklarining egriliklari

yo'nalishda siljib turadi. Aynan shu hol ularning qo'shaloqligidan darak beradi. Spektrlarning bu xususiyatlaridan aniqlangan qo'shaloq yulduzlar *spektral qo'shaloq yulduzlar* deyiladi (136-rasm).

Spektral qo'shaloq yulduzlarning orbita elementlari, yo'ldosh yulduz spektral chiziqlarining bosh yulduz spektral chiziqlariga nisbatan o'ngga va chapga siljishlari asosida topilgan nuriy tezliklarining egriliklari bo'yicha topiladi. 137-A rasmda keltirilgan chizmada bir necha spektral qo'shaloqlar nuriy tezliklarining egriliklari va shu asosda aniqlangan orbitalarining ko'rinishi keltirilgan. Chizmadan ko'rinishicha, yo'ldosh yulduz nuriy tezligining egriligi sinusoida ko'rinishi, uning orbitasi aylana ko'rinishda ekanligidan dalolat beradi.

Boshqa hollarda (137-B va C rasm) nisbiy orbitaning katta yarim o'qi mos ravishda, qarash chizig'i bo'ylab yoki unga perpendikulyar ekanligi chizmadan ko'rinadi.

Hozirga qadar Galaktikamizda 1500 dan ortiq spektral qo'shaloq yulduzlar ro'yxatga olingan.

Savol va topshiriqlar

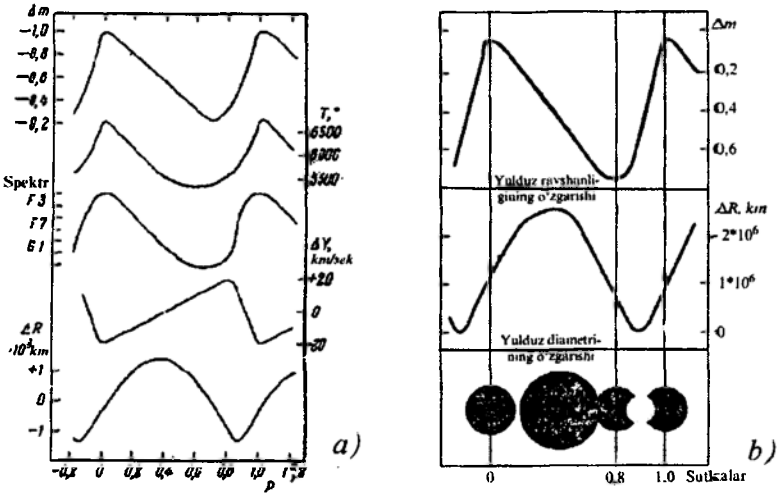
1. Yulduzlarning radiuslari ularning yorqinliklari va temperaturalariga ko'ra qanday topiladi?
2. Yulduzlarning spektral sinfiga ko'rachi?
3. Yulduzlarning massalari qanday hisoblanadi?

4. Yorqinlik-massa-radius diagrammasida yulduzlarning bu kattaliklari orasida qanday bog'lanishlar mavjud?
5. Yulduzlarning ichki tuzilishiga oid kattaliklar, xususan temperatura va yorqinliklari uning radiusi va massasiga qanday bog'lanishda bo'ladi?
6. Bosh ketma-ketlikka, gigantlar va mittilarga oid yulduzlarning fizik tabiatlarida qanday farq bor?

10-§. Fizik o'zgaruvchi yulduzlar

Fizik o'zgaruvchi yulduzlar ravshanliklarning o'zgarishi shu yulduzlarning qa'rida kechadigan fizik jarayonlar hisobiga bo'ladi. Fizik o'zgaruvchi yulduzlar ravshanliklarining o'zgarishi xarakteriga ko'ra, pulsatsiyalanuvchi va eruptiv o'zgaruvchi yulduzlarga bo'linadi.

Pulsatsiyalanuvchi o'zgaruvchi yulduzlar – ravshanliklarining bir maromda (me'yorda) o'zgarishi bilan xarakterlanadi. Bu xildagi o'zgaruvchan yulduzlar ravshanliklarining o'zgarishi, asosan ularning sirt qatlamlari pulsatsiyalanishi hisobiga bo'lgani uchun ular shunday nomlanadi. Pulsatsiyalanish tufayli



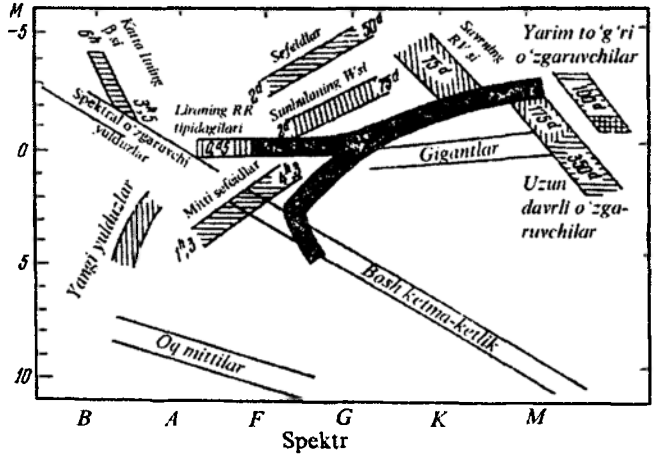
138-rasm. a) sefeidlar ravshanligi, temperaturasi, spektral sinfi, nuriy tezligi va radiuslarining o'zgarishi, b) sefeyning δ yulduzi ravshanligi o'zgarishining radiusiga bog'liqlik grafigi

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 quyidagi tiplarga bo'linadi:

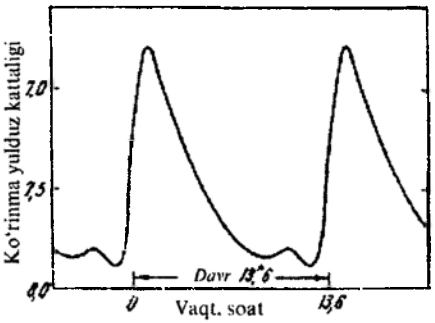
Sefeidlar – ravshanliklari egriligi alohida shaklga ega bo'lib, ularning asosiy xarakterlovchi kattaliklaridan hisoblangan yulduz kattaliklarining vaqt bo'yicha o'zgarish davrlari bir necha sutkadan bir necha o'nlab sutkagacha yetadi (138-rasm). Ravshanligining egriligi Sefey yulduz turkumi δ sining o'zgarishiga o'xshash bo'lganligi uchun ham bunday yulduzlar *sefeidlar* deb ataladi.

Sefeidlar ravshanligining o'zgarishi 0,1 dan 2,0 yulduz kattaligiga qadar bo'lib, F va *G* cinflarga kiruvchi gigant va o'ta gigant yulduzlardir. Ularning o'zgarishi davomida nuriy tezliklari ± 20km/s, sirtining ko'tarilib tushishi esa ± 10^3 km, temperaturalari esa 1000 gradus chegarasida o'zgaradi (138-rasm).

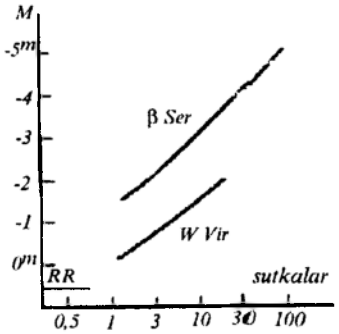
Sefeidlar ravshanligining maksimumida *F* spektral sinfga mansub yulduz ko'rinishida bo'lib, minimumida *G* sinfiga mansub yulduz ko'rinishini oladi. Ravshanliklarining bunday o'zgarishi, yulduz temperaturasining o'rtacha 1500 gradusga o'zgarishiga mos keladi. Sefeidlar spektrida kuzatiladigan chiziqlar, ularni ravshanliklarining o'zgarishiga mos ravishda qizil va binafsha ranglari tomon siljib turadi.



139-rasm. Spektr – yorqinlik diagrammasida sefeidlarning o'rni



140-rasm. Liraning *RR* yulduzi ravshanligi o'zgarish grafigi



141-rasm. Sefeidlar va Liraning *RR* tipidagi yulduzlar yorqinliklari

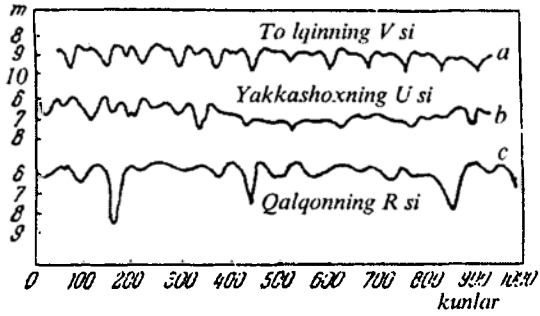
Bunday siljishlar ham davriy xarakterga ega bo'lib, qizil siljishning maksimumi – sefeid ravshanligining minimumiga, binafsha siljishning maksimumi esa, yulduz ravshanligining maksimumiga to'g'ri keladi. Sefeidlarning davrlari va ravshanliklari orasida bog'lanish mavjud bo'lib, ular ravshanliklarining ortishi davrlarining ortishida o'z aksini topadi.

Sefeidlar gigant va o'ta gigant yulduzlar bo'lganidan ularni Galaktikamizdan tashqaridagi obyektlarda ham ko'rish imkoni bor (139-rasm).

RR Lira tipidagi o'zgaruvchan yulduzlar – A spektral sinfiga kiruvchi gigant yulduzlar bo'lib, ravshanligining o'zgarish intervali 1 ÷ 2 yulduz kattaligiga qadar bo'ladi. 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 (140-rasm).

Sefeidlar tipidagi yulduzlarning yorqinliklari ularning o'zgarish davrlariga bog'liq, biroq Liraning *RR* tipidagi o'zgaruvchi yulduzlarniki ularning o'zgarish davriga bog'liq bo'lmaydi (141-rasm).

Pulsatsiyalanuvchi o'zgaruvchi yulduzlarning boshqa tiplari. *Sefey yulduz turkumining* β *yoki Katta It yulduz turkumining* β *si tipidagi fizik o'zgaruvchan yulduzlar* – ravshanligining egriligi bo'yicha *RR* tipidagi yulduzlarni eslatsa-da, yorqinligining juda kam o'zgarishi (0,2 yulduz kattaligida) bilan ulardan farqlanadi. Bu tipdagi yulduzlarning o'zgarish davri 3 soatdan 6 soatgacha borib, sefeidlarniki kabi ravshanliklarining o'zgarishi davriga bog'liq bo'ladi.



142-rasm. Savrning RV tipidagi yulduzlar ravshanligining o'zgarishi

Savr yulduz turkumining RV tipidagi yulduzlar – ravshanligining o'zgarish davri nisbatan doimiyligi bilan boshqa tipdagi fizik o'zgaruvchan yulduzlardan farq qiladi. Ularning davri 30 sutkadan 150 sutkagacha borib, ravshanliklari 1dan 3-3,5 yulduz kattaligiga qadar o'zgaradi. Bu tipdagi yulduzlarning spektral o'zgarish chegarasi *F* sinfdan *K* sinfgacha boradi (142-rasm).

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 2,5 yulduz kattaligigacha yetadi. Bunday yulduzlar yorqinligining maksimumida uning spektrida ravshanligining minimumida kuzatilgan metall chiziqlari o'rnini vodorodning emission chiziqlari oladi.

11-§. Eruptiv o'zgaruvchan yulduzlar

Eruptiv o'zgaruvchan yulduzlar nisbatan kichik yorqinlikka ega bo'lgan asosan mitti yulduzlar bo'lib, ularning o'zgaruvchanligi vaqti-vaqti bilan qaytalanuvchi chaqnash ko'rinishida bo'ladi. Bunday chaqnashlar mazkur yulduzlardan plazmaning uloqtirilishi (eruptsiyasi) bilan tushuntirilgani uchun ham ular *eruptiv o'zgaruvchan yulduzlar* deb yuritiladi. Eruptiv o'zgaruvchan yulduzlarning yarmidan ko'pi *Aravakash yulduz turkumining RW tipidagi yulduzlaridir*. Bunday tipdagi o'zgaruvchan yulduzlarning ravshanligi shu qadar noto'g'ri o'zgaradiki, natijada hech qanday qonuniyat bilan bu o'zgarishni belgilab bo'lmaydi. Aravakashning *RW* tipidagi

ma'lum bir yulduz ravshanligi ba'zan juda tez (1 soatda 1 yulduz kattaligiga) o'zgargani holda ba'zan juda sekin (1 sutkada 0,1 yulduz kattaligiga) o'zgaradi. Umuman, bunday yulduzlarda ravshanlikning o'zgarish amplitudasi 0,1 dan 3 yulduz kattaligigacha borishi mumkin. Bu xil fizik o'zgaruvchan yulduzlarning ko'pchiligi F spektral sinfidagi yulduzlar bo'lib, faqat ayrimlarigina B sinfidan M sinfigacha uchraydi.

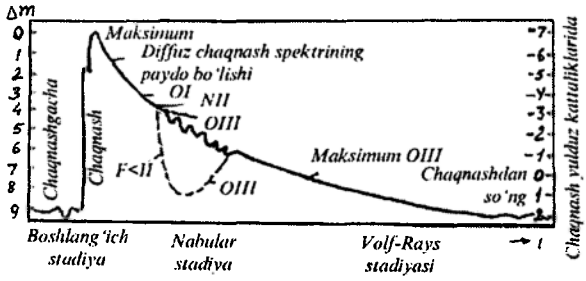
Egizaklar yulduz turkumidagi U tipidagi eruptiv o'zgaruvchan yulduzlar B va *A* sinfiga kirib, yorqinliklari nisbatan kam o'zgaradigan yulduzlardir. Biroq ba'zan bunday yulduzlarning ravshanligi 1-2 kun ichida 2 dan 6 yulduz kattaligigacha ortadi va bir necha kundan so'ng o'z holatiga qaytadi.

Kit yulduz turkumidagi UV tipidagi mitti yulduzlar M spektral sinfiga kiruvchi eruptiv o'zgaruvchan yulduzlar bo'lib, ba'zan juda qisqa davrli chaqnashlarni boshdan kechiradi. Chaqnash paytida ularning ravshanligi 1-6 yulduz kattaligigacha o'zgaradi. Chaqnash bir necha o'n minutcha davom etgani holda, minimal chaqnash boshlanishidan bir necha sekund keyin maksimumga yetadi.

Yangi yulduzlar – eruptiv o'zgaruvchan yulduzlarning ma'lum bosqichini o'zida aks ettiradi, «yangi» degan nom ularga shartli ravishda berilgan.

Bunday yulduzlar aslida eskidan mavjud yulduzlar bo'lib, o'z evolyutsiyasining 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 absolyut yulduz kattaliklarining o'rtacha miqdori -8,5 yulduz kattaligigacha yetib, bunda ular A – F spektral sinflarga mansub o'ta gigant 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 (143-rasm). Chaqnashning dastlabki bosqichi juda tez, 2-3 sutkada ro'y berib, maksimumga yetishdan oldin bir «to'xtab oladi». Maksimumdan so'ng yulduz yorqinligi pasaya borib, dastlabki holatiga yetish uchun ba'zan yillar o'tadi. Yorqinlikning dastlabki 3 yulduz kattaligiga qadar *pasayish bosqichi* deyarli bir tekis kechadi. Yorqinlikning keyingi 3 yulduz kattaligiga pasayishi *o'rta bosqich* deyilib, bunda yulduz yorqinligi bir tekis tushishi yohud mazkur tushish tebranishlar bilan kechishi mumkin. Va nihoyat, chaqnash so'nishining *oxirgi bosqichi* yana bir tekis kechib, oqibatda yulduz chaqnashgacha bo'lgan yorqinligiga erishadi.



143-rasm. Yangi yulduzning chaqnash egriligi

Yangi yulduzlarning chaqnash mexanizmi haqida hozirgacha aniq bir fikrga kelingani yo'q. Bu to'g'ridagi mavjud gipotezalarning biriga ko'ra, yulduzning chaqnashi, uning bag'rida kechayotgan fizik jarayonlarning oqibati deyilsa, boshqasida – bu hodisada tashqi omillar ta'siri asosiy rol o'ynaydi deb qaraladi.

Yangi yulduzlarning chaqnash jarayoni zich qo'shaloq yulduzlarning o'zaro modda almashinishi natijasida ro'y beradi, degan gipoteza bu borada e'tiborga sazovor gipotezalardan sanaladi. Bordiyu asosiy yulduzning vodorodga boy bir qism moddasi yo'ldosh hisoblanmish oq mitti yulduz sirtiga tushsa, uning sirtida termoyadro sintezi bilan kechadigan chaqnash ro'y berib, katta miqdorda energiya ajralishi kuzatiladi. Yangi yulduzlar chaqnash davrida to'la nurlanish energiyasi 10^{38} - 10^{39} Joulni tashkil etib, buni Quyosh bir necha o'n ming yildagina bera oladi.

Yulduz sirtida portlash ro'y berganda uning sirtidan ulkan massali moddasi ($\approx 10^{-4} - 10^{-5}\ M_{\odot}$) yulduzlararo bo'shliqqa 1500-2000 km/s gacha tezlik bilan uloqtiriladi. Oqibatda yangi yulduz atrofida tarqalayotgan gaz massasi ulkan tumanlikni vujudga keltiradi. Kuzatishlar natijasida nisbatan yaqin masofada joylashgan barcha yangi yulduzlarning atrofida haqiqatan ham kengayuvchi shunday gaz tumanliklar teleskoplarda kuzatiladi.

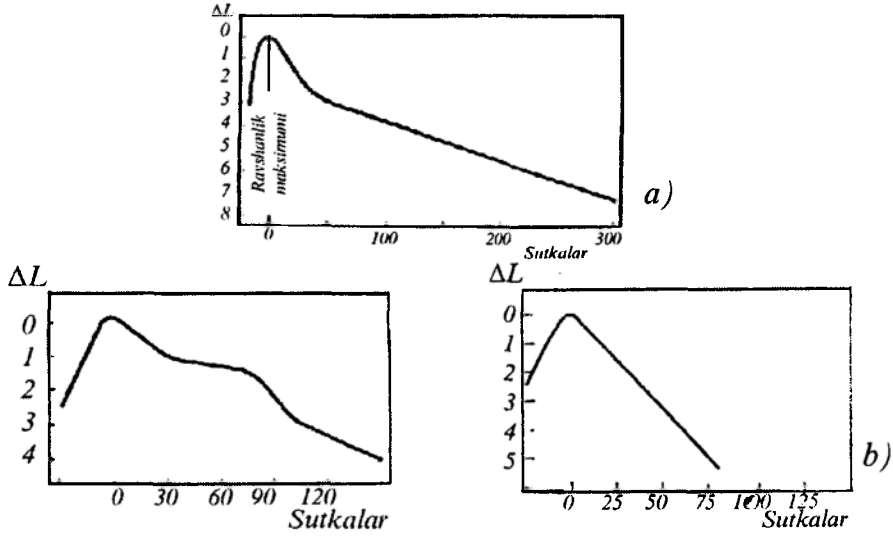
To hozirga qadar fanga 300 ga yaqin chaqnagan yangi yulduz ma'lum bo'lib, ularning 150 ga yaqini o'zimizning Galaktikamizda, 100 ga yaqini qo'shni Andromeda tumanligida kuzatilgan.

O'ta yangi yulduzlar – eruptiv o'zgaruvchi 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, ya'ni

yulduz kattaligi o'nlab yulduz kattaligiga 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 va ravshanligining maksimumida uning absolyut yulduz kattaligi –18 dan to –19 yulduz kattaligigacha yetadi. O'ta yangi yulduzlar o'z yorqinligining maksimumiga portlash yuz bergandan keyin 2-3 hafta o'tgach erishadi, so'ngra bir necha oy davomida uning yorqinligi 25-30 marta kamayadi. Chaqnash davomida, o'ta yangi yulduzlar umumiy nurlanish energiyasi 10^{48}-10^{49} erggacha yetadi (144-rasm).

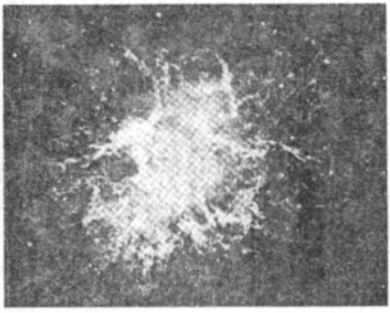
Garchi o'ta yangi yulduzlarning chaqnash mexanizmiga doir nazariya hali to'la ishlab chiqilmagan bo'lsa-da, hozircha yulduzlarning portlashi ular evolyutsiyalar oxirgi stadiyasida vujudga keladigan nomuvozanatlik oqibati deb qaraladi. Chaqnash paytida bunday yulduzlar, 0,1 ÷ 1,0 Quyosh massasiga teng o'z moddasini 6000 km/s gacha tezlik bilan yulduzlararo bo'shliqqa uloqtiradi.

O'ta yangi yulduzlar ravshanliklarining vaqt bo'yicha o'zgarish xarakteri va spektriga ko'ra ikki tipga bo'linadi. O'ta yangi yulduzlarning I tipi II tipiga nisbatan 5-10 marta ravshan bo'lib, ravshanligining maksimumiga tez erishadi va bu davrda uning spektri tutash spektrga aylanadi (144 a-



144-rasm. O'ta yangi yulduzning chaqnash egriligi

rasm) So'ngra ko'p o'tmay uning spektrida keng nurlanish polosalari paydo bo'ladi. O'ta yangi yulduzlarning II tipiga tegishli yulduzlarning spektrida vodorod, geliy, azot va boshqa elementlarning yutilish va nurlanish chiziqlari paydo bo'ladi (144 b-rasm).



145-rasm. 1054-yilda Savr yulduz turkumida chaqnagan o'ta yangi yulduzning qoldig'i – Qisqichbaqasimon tumanlik

O'ta yangi yulduzlarning I tipi chaqnashdan so'ng o'z maksimumiga taxminan 15 sutkalarda erishib, bir necha kun maksimum holatda bo'ladi, shundan so'ng 20-30 kunda ravshanligi 2-3 yulduz kattaligiga kamayib, keyin ravshanligining kamayishi sekin-asta kechadi va salkam bir yilda (300-350 kunda) dastlabki holatiga qaytadi (145-rasm). Jami bo'lib 60 dan ortiq o'tayangi yulduzlar fotorasmga tushirilgan.

Ma'lum Galaktikada o'ta yangi 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 kuchlilaridan hisoblanadi (145-rasm). Bu yulduz portlashidan so'ng bir necha kun davomida kunduzi ham ko'rishning iloji bo'lgan. 1572-yili boshqa bir o'ta yangi yulduz Tixo Brage tomonidan Kassiopeya yulduz turkumida, 1604-yili esa Kepler tomonidan Ilon Eltuvchi yulduz turkumida kuzatildi. Pulsarlar yoxud neytron yulduzlar o'ta yangi yulduzlarning qoldig'i sanaladi.

Savol va topshiriqlar

1. Fizik qo'shaloq yulduzlar deb qanday yulduzlarga aytiladi?
2. Vizual, tutiluvchi va spektral qo'shaloq yulduzlar haqida nimalar bilasiz?
3. Qo'shaloq yulduzlarning massalari qanday topiladi?
4. Fizik o'zgaruvchan yulduzlar deb qanday yulduzlarga aytiladi?
5. Sefeidlar deb qanday fizik o'zgaruvchilarga aytiladi?
6. Liraning *RR* rusmidagi o'zgaruvchan yulduzlar haqida nima bilasiz?
7. Yangi yulduzlar deb qanday o'zgaruvchi yulduzlarga aytiladi?
8. O'ta yangi yulduzlar debchi?
9. Pulsalarning fizik o'zgaruvchilarga aloqadorligi nimada?

X BOB. GALAKTIKAMIZ, UNING TUZILISHI VA TARKIBI

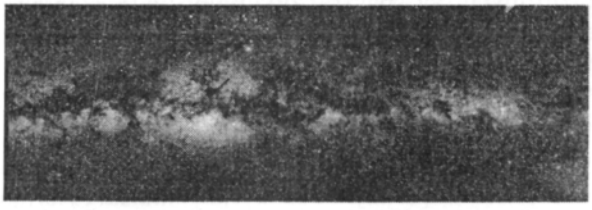
1-§. Bizning Galaktikamiz va uning obyektlari

Oysiz yulduzlar charaqlagan tunlarida butun osmon bo'ylab cho'zilgan Somon Yo'lini ko'rmaganlar bo'lmasa kerak. Somon Yo'liga teleskop bilan qaralsa, u g'ij-g'ij yulduzlardan tashkil topganini ko'rish mumkin. (146-rasm) Ana shu yulduzlarnig barchasi (ular 150 mlrd. ga yaqin) birgalikda Bizning Galaktikamizni tashkil qiladi.

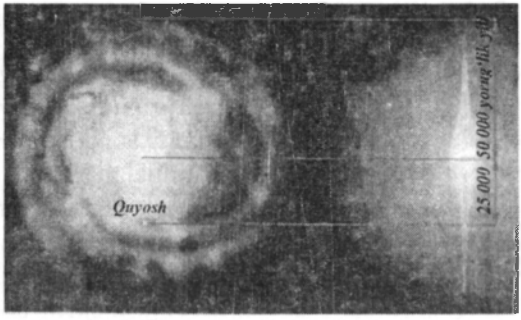
Galaktikamizning shakli, qo'polroq qilib aytganda, ikkita tarelkani og'zini-og'ziga qaratib bir-birining ustiga qo'ygandagi ko'rinishga juda o'xshab ketadi. U asosan yulduzlardan, qisman gaz chang tumanliklar, kosmik nurlardan tashkil topgan. Galaktikamizda alohida yulduzlardan tashqari talay yulduzlarning to'dalari ham mavjud. Bunday to'dalar *tarqoq* va *sharsimon* ko'rinishda bo'lib, Hulkar va Giadlar deb ataluvchi mashhur sochma va Gerkules yulduz turkumida proyeksiyalanuvchi sharsimon ko'rinishga ega. Shuningdek, Galaktikamizda katta miqdorda siyrak gazlar va chang zarralaridan tashkil topgan diffuz va gaz-chang tumanliklar ham mavjud.

Bizning Galaktikamizning diametri 100 ming yorug'lik yiliga teng bo'lib, uning markazidan taxminan 30 000 yorug'lik yili masofada Quyosh sistemasi joylashgan. Galaktikamizning bizga eng yaqin joylashgan yulduzigacha masofa 4,3 yorug'lik yiliga, bizdan eng uzoq qismlarigacha masofa salkam 80 ming yorug'lik yiligacha boradi.

Galaktikamiz strukturasi elementlari bilan oldingi paragraflarda tanishgan ma'lumotlarimizni umumlashtirsak, u *markaziy quyulmadan, spekral yenglardan yoki shoxobchalardan* va disk kabi tashkiliy qismlardan iborat ekanligi ayon bo'ladi. Galaktikamizning markaziy quyulmasi Qavs



146-rasm. Galaktikamizning osmonda ko'rinishi



147-rasm. Galaktikamiz va unda Quyoshning o'rni

yulduz turkumiga proyeksiyalanib, u bu yo'nalishdagi mavjud qora-nur o'tkazmaydigan gaz-chang moddadan tashkil topgan noshaffof materiya tufayli bizga ko'rinmaydi. Infraqizil nurlarda uni kuzatganda, markaziy quyilmaning burchak o'lchami 28°x18° atrofida bo'lib, taxminan 4,8x3,1 *kpk* chiziqli o'lchamga mos keladi.

Galaktikamiz sinfiga ko'ra spiral galaktika bo'lib, u S6-sinfga mos keladi. Uning markazida o'lchami 10 pk atrofidagi o'lchamga ega bo'lgan sharsimon to'daga o'xshash tez aylanuvchi obyekt kuzatiladi. Aftidan u, quyuq gaz-chang materiya bilan o'ralgan hamda ultrabinafsha va ko'zga ko'rinadigan nurlarni kuchli yutadigan o'ta zich yulduzlar to'dasidir. Shuningdek, u tabiati jihatidan bizga hozircha butunlay noma'lum obyekt bo'lishi ham ehtimoldan xoli emas. Galaktika markazidan 3 kpk masofada radio astronomik metod yordamida, markazdan chetga tomon 50 km/s tezlik bilan kengayayotgan vodorod yengi topilgan.

Galaktikamizning Quyosh joy olgan qismi atrofidan bir necha *spiral yenglar* topilgan bo'lib, ular bo'ylab yosh yulduzlarning to'dalari, yulduzlararo gaz-chang materiya joylashgan (148-rasm).

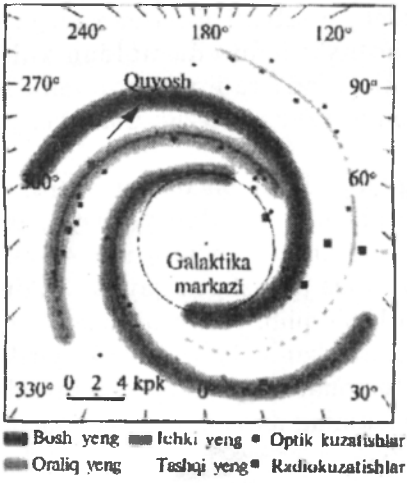
Orion yulduz turkumida joylashgan qaynoq yulduzlar «Orion yengi» deb ataluvchi yengni hosil qilib, uning bir chetida Quyosh joylashgan. Bundan tashqari Galaktikamizda yana ikki yirik yeng Qavs yengi (Galaktika markazi tomonda) va Persey yengi (Galaktika markazidan qarama-qarshi tomonda)ning mavjudligi aniqlangan.

2-§. Galaktikada yulduzlarning taqsimlanishi

Yulduzlargacha masofalarni bilish ularning fazodagi taqsimotini aniqlashga, binobarin, Galaktika sktrukturasini o'rganishga imkon beradi. Galaktikaning turli qismlarida yulduzlar sonini xarakterlash uchun *yulduzlar zichligi* tushunchasi kiritiladi. Yulduzlar zichligi 1 kub parsek hajmdagi yulduzlarning sonini xarakterlaydi. Hisob-kitoblar Quyosh atrofidagi zonada yulduzlarning zichligi 0,12 ekanligini ma'lum qildi.

Osmonning turli qismlarida yulduzlar zichligini aniqlash uchun har bir kvadrat gradusdagi yulduzlar sonini hisoblash zarur bo'ladi. Bunday hisoblashlar Somon Yo'liga yaqinlashgan sayin yulduzlar konsentratsiyasi keskin ortib borishini ko'rsatdi. Bu hol Galaktikamiz o'qi bo'ylab 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 bildiradi.

Galaktikamiz strukturasiga tegishli boshqa bir muhim xulosaga, uning ma'lum bir sohasida barcha yulduzlar hisobini birdaniga emas, balki yulduzlar sonini har bir yulduz kattaligigacha alohida-alohida, ya'ni dastlab ko'rinma yulduz kattaligini m_k yulduzgacha bo'lgan N_k yulduzlar sonini, so'ngra m_{k+1} kattalikkacha bo'lgan N_{k+1} yulduzlar sonini va hokazo hisoblash orqali erishish mumkin.



148-rasm. Galaktikamizning yenglari va unda Quyoshning o'rni

Agar bunda yulduzlarning zichligi, masofani ortishi bilan o'zgarmaydi va ularning barchasi bir xil yorqinlikka ega deb qaralsa, u holda yulduzlar xiralashgan sayin (ya'ni ko'rinma yulduz kattaliklari ortgan sayin) ular sonining ortib borishi, kuzatish qamrayotgan masofaning ortishi bilan osmonning aniq bir yuzasiga proyeksiyalanayotgan hajm ham ortib borishi orqali oson anglashiladi. Osmonning ma'lum bir sohasida m yulduz kattaligiga teng va undan kichik yulduzlar ushbu radius bilan chegaralangan shar sektori ichida joylashadi.

$$\lg r_m = 1 + 0{,}2(m - M)$$

barcha yulduzlarning yorqinliklari bir xil deb olganimizdan ularning yulduzlar absolyut yulduz kattaliklari ham bir xil M bo'ladi deb qaraymiz. $m+1$ yulduz kattaligiga teng va undan kichik yulduzlar esa, r_{m+1} –radiusli shar sektori ichida yotib, u ushbu ifodadan topiladi:

$$lg\, r_{m+1} = 1 + 0{,}2[(m+1) - M]$$

Bu tenglamalarning keyingisidan oldingisini ayirsak, u holda

$$lg\, r_{m+1} - lg\, r_m = 0{,}2$$

yoki $\lg \frac{r_{m+1}}{r_m} = 0{,}2$ qoladi. Yulduzlarning zichligi o'zgarmaganda ularning soni bu yulduzlar egallagan hajmning (binobarin, radiuslarining) kubiga proporsional bo'lishini e'tiborga olsak,

$$\frac{N_{m+1}}{N_m} = \left(\frac{r_{m+1}}{r_m}\right)^3 = \left(10^{0.2}\right)^3 = 10^{0.6}$$

bo'ladi. Endi ifodani logarifmlasak:

$$\lg \frac{N_{m+1}}{N_m} = 0{,}6$$

yoki $$\frac{N_{m+1}}{N_m} = 4$$

bo'ladi. Biroq kuzatishlar m ortishi bilan yulduzlar soni bu qadar tez ortmasligini ko'rsatadi. Xususan, m ning uncha katta bo'lmagan qiymatlari uchun $\frac{N_{m+1}}{N_m} \approx 3$ ga yaqin, $m=17$ yulduzlar uchun esa $\frac{N_{m+1}}{N_m} \approx 2$ chiqadi. Agar barcha yulduzlarning yorqinliklari bir xil deb qaralsa, u holda kuzatiladigan $\frac{N_{m+1}}{N_m}$ ning qiymatlarini solishtirib, Quyoshdan uzoqlashayotgan barcha yo'nalishlarda yulduzlarning zichligi kamayib borishi ma'lum bo'ladi. Agar yo'nalishlar bo'yicha yulduzlararo bo'shliqda nurning yutilishi aytarli bo'lmasa, bundan Galaktikamizning cheklanganligi haqida mulohaza kelib chiqadi.

Qilingan mulohazalar aslida yanada murakkab masalani yechish uchun yana bir asos bo'ladi, xolos. Bu masala aslida yulduzlar bir xil yorqinlikka ega emasligini va kuzatish natijalari yulduzlararo muhit tomonidan sezilarli o'zgartirilishini hisobga olish lozimligi tufayli juda murakkab masalalardan sanaladi.

Bu masalani hal qilishda turli yorqinlikdagi yulduzlar uchun fazoning ma'lum sohasida M dan $M+1$ absolyut yulduz kattaligigacha bo'lgan yulduzlar, umumiy yulduzlar sonining qancha miqdorini tashkil etishini hisobga oladigan *yorqinlik funksiyasi* – $\varphi(M)$ deb ataluvchi kattalik kiritiladi. Agar yorqinlik funksiyasi ma'lum bo'lsa, u holda turli masofalarda yulduzlar zichligini hisoblash masalasi ma'lum qiyinchiliklarga qaramay hal qilsa bo'ladigan masalaga aylanadi.

Amalda bu masala turlicha hal qilingan bo'lib, Galaktikamiz strukturasi, Galaktika tekisligi deyiluvchi asosiy tekisligiga nisbatan simmetrik, qutblari siqilgan ko'rinishga ega. Somon Yo'lining o'rta chizig'i bilan deyarli mos keladigan va osmon sferasi bilan kesishganda hosil qiladigan katta aylanasi – galaktik ekvator deyiladi. Mazkur sistemaning markazi Galaktika markazi deyilib, u Quyosh sistemasidan qaraganda, Qavs yulduz turkumiga proyeksiyalanadi. Uning ekvatorial koordinatalari mos ravishda $\alpha=17^h40^m$, $\delta=-29^\circ$ ni tashkil qiladi.

Galaktika markaziga yaqinlashgan sayin yulduzlarning zichligi ortib boradi. Shunday qilib, Galaktikada yulduzlarning zichligi uning tekisligi va uning markaziga tomon ortib borish tendensiyasiga ega.

Yulduzlar zichligini, uning keskin kamayadigan masofalarini Quyosh atrofi zonasida aniqlash Galaktikamizning o'lchamlari haqida ma'lumot beradi. Aniqlanishicha, Quyosh Galaktika markazidan qarama-qarshi tomonda yotuvchi, uning chegarasigacha masofa esa 5 ming pk bilan xarakterlanadi. Bundan Galaktikamizning diametri 30 kpk atrofida ekanligi ma'lum bo'ladi. Quyoshning Galaktika tekisligidan uzoqligi esa 25 parsekni (shimoliy qutb tomonga) tashkil etadi.



149-rasm. Galaktikamizga qo'shni Andromeda galaktikasi

Galaktikaning katta qismini tashkil etgan obyektlari – O va B sinfga kiruvchi yulduzlari, sefeidlar, tarqoq yulduz to'dalari, o'ta yangi yulduzlarning 2-rusumlilari va yulduz assotsiyalari, Galaktika tekisligida yotuvchi ingichka qalinlikdagi tekislik bilan chegaralangan fazoda joylashadi. Bu obyektlar haqida gap ketganda ular Galaktikamizning tekislikli kichik sistemasi obyektlari deb yuritiladi.

Biroq Galaktikamizning boshqa obyektlari, xususan Liraning RR, Sunbulaning W, o'ta yangilarning 1-rusumlilari, submittilar, sharsimon to'dalar egallagan hajm diametri – galaktik tekislikda yotuvchi ellipsoid bilan chegaralanadi. Shu bois ular Galaktikamizning sferoidal (ba'zan sferik) kichik sistemasi obyektlari deyiladi. Galaktikamiz kinematikasini o'rganish, u Andromeda tumanligining strukturasiga o'xshash spiral strukturaga ega ekanligini tasdiqlaydi (149-rasm).

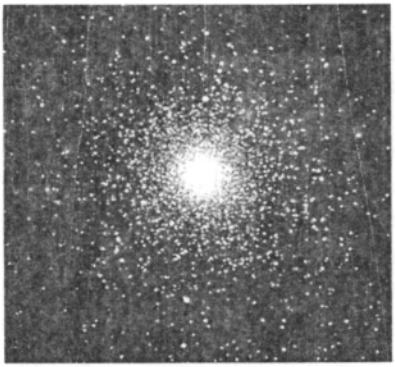
3-§. Yulduzlarning sharsimon va tarqoq to'dalari

Koinotda yulduzlar faqat yakka holda uchramaydi, o'zaro dinamik bog'langan holda qo'shaloq, uchtadan, to'rttadan va nihoyat juda ko'p sonli – yuzlab, minglab, to'da shaklida ham uchraydi. O'nlab yulduzlardan bir necha minggacha yulduzlarni o'z ichiga olgan, 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 – tarqoq (yoki sochma) va sharsimon to'dalarga bo'linadi. Tarqoq yulduz to'dalari bir



150-rasm. Savr yuduz turkumidagi Hulkar yulduzlar sochma to'dasi



151-rasm. Gerkules yulduz turkumidagi sharsimon yulduz to'dasi

necha o'n yulduzdan bir necha minggacha yulduzlarni, sharsimon to'dalar esa, o'n mingdan yuz minggacha yulduzlarni o'z ichiga oladi.

Galaktikamizda 800 ga yaqin tarqoq yulduz to'dalari bo'lib, ularning diametri 1,5 parsekdan 20 parsekkacha boradi. Tarqoq yulduz to'dalarining yaxshi o'rganilgan tipik vakillari – Savr yulduz turkumidagi Hulkar deb nomlangan to'da bo'lib, Quyosh sistemasidan 130 parsekli masofada joylashgan (150-rasm). Boshqa bir tarqoq yulduz to'da – Giadlar esa bizdan 40 pk li masofada yotadi.

Sharsimon yulduz to'dalari tarqoq yulduz to'dalaridan kimyoviy tarkibi bilan farqlanadi. Xususan, tarqoq yulduz to'dalarining spektrida og'ir elementlar miqdori 1-4 foizni tashkil qilgani holda, sharsimon to'dalarda atigi 0,1-0,01 foizni tashkil qiladi. Bunday hol muayyan galaktikada sharsimon va tarqoq yulduz to'dalari paydo bo'lishida turlicha sharoit mavjud bo'lganidan dalolat beradi. Shuningdek bu, bunday sharsimon to'dalar hali og'ir elementlarga boyib ulgurmagan sferik formadagi protogalaktik gaz tumanligidan paydo bo'lgan degan ilmiy gepotezaning tug'ilishiga olib kelgan.

Sharsimon to'dalar yulduzlarining ko'pligi va aniq sferik formasiga ko'ra, tarqoq yulduz to'dasiga nisbatan yulduzlar fonida yaqqol ajralib ko'rinadi. Sharsimon to'dalarning o'rtacha diametri 40 pk atrofida bo'ladi. Galaktikamizda 100 ga yaqin sharsimon to'dalar ko'rinadi. Ravshanliklari tufayli sharsimon to'dalarni qo'shni galaktikalarda

(Magellan Bulutlari va Andromedada) ham ko'rish mumkin. Sharsimon to'dalar tarqoqlaridan farq qilib, Galaktikamizning markaziga tomon konsentratsiyasi keskin ortib boradi.

Sharsimon to'dalarning tipik vakili Gerkules yulduz turkumida joylashgan M – 13 bo'lib, u 20 mingga yaqin yulduzni o'z ichiga oladi (151-rasm). Uning bizdan uzoqligi 24 ming yorug'lik yiliga teng.

4-§. Yulduzlarning fazoviy harakati. Quyoshning xususiy harakati. Quyosh apeksi

Agar yulduzning xususiy harakati μ ("/yil) bo'lib, ungacha masofa parseklarda aniqlangan bo'lsa, u holda yulduz fazoviy tezligining manzara tekisligidagi proyeksiyasini hisoblab topish qiyin emas.

Bu proyeksiya yulduzning tangensial tezligi deyilib, ushbu formuladan topiladi:

$$\upsilon_t = \frac{\mu'' \cdot r}{206265} nk / yil = 4{,}74 \cdot r \ km/c$$

Endi yulduzning fazoviy tezligini υ_f ni topish uchun uning nuriy tezligi υ_r dan foydalanamiz. Yulduzlarning radial tezligi uning spektridagi ixtiyoriy λ uzunlikdagi chiziqning siljishi kattaligi – Δλ orqali Doppler prinsipiga ko'ra:

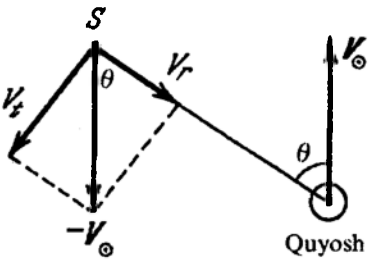
$$\upsilon_r = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot c$$

orqali oson topiladi, bu o'rinda c – yorug'lik tezligi. U holda yulduzning fazoviy tezligi:

$$\upsilon_f = \sqrt{\upsilon_t^2 + \upsilon_r^2}$$

ga teng bo'ladi. Biroq yulduzning aniqlangan fazoviy bu tezligi aslida ikki tashkil etuvchidan iborat bo'ladi. Bulardan biri – yulduzning haqiqiy fazoviy tezligi bo'lsa, ikkinchisi kuzatuvchi joylashgan Yerning Quyosh bilan birgalikdagi tezligidir. Binobarin, Quyoshning tezligini, aniqrog'i uning shu yulduzga tomon yo'nalish bo'yicha proyeksiyasini aniqlamay turib, yulduzning haqiqiy tezligini topishning iloji yo'q ekan.

Quyoshning xususiy harakat tezligi. Yulduzlarning harakati haqida ma'lum bir xulosaga kelish uchun Quyoshning fazodagi harakat tezligini aniqlash va uni yulduzlarning kuzatiladigan tezligidan olib tashlash lozim.



152-rasm. Yulduzlarning fazoviy tezligini topish

Osmon sferasida Quyoshning tezlik vektori yo'nalgan nuqta apeks, unga diametral qarama-qarshi nuqta esa *antiapeks* deb ataladi.

Agar yulduzlarga qo'zg'almas deb qarab, ularning spektrlaridagi qizilga yoki binafshaga siljishni – Quyoshning V_Θ tezlik bilan harakatlanadi deb qarasak, unda Quyoshning harakat yo'nalishi bilan θ burchak hosil qilgan yo'nalish bo'ylab yotgan S yulduz, go'yo Quyoshning tezligiga teng biroq, qarama-qarshi yo'nalgan V_Θ tezlik bilan harakatlanayotgandek tuyuladi (152-rasm).

Yulduzning tuyulma bu tezligi ikki tashkil etuvchidan iborat bo'lib, ulardan biri – radial tashkil etuvchisi Quyosh tomonga, ikkinchisi esa unga perpendikulyar yo'naladi. U holda yulduzning radial tezligi $V_r = -V_\Theta \cos\theta$ ifodadan topiladi. Manzara tekisligida yotib, yulduzning xususiy tezligiga mos uning tangensial tezligi esa $V_t = -V_\Theta \sin\theta$ dan topiladi. Unda θ=0 yo'nalishdagi (ya'ni *Quyosh apeksi* deyiluvchi, Quyoshning tezlik vektori yo'nalgan tomondagi) yulduzlar nuriy tezligining haqiqiy qiymati, uning o'lchangan tezligidan Quyosh tezligiga kam chiqadi. Bu yo'nalishga qarama-qarshi tomondan (*antiapeks*) yotgan yulduzlarning o'lchangan nuriy tezligi esa aksincha, Quyosh tezligiga (V_Θ) ortadi. Quyoshning harakat yo'nalishiga tik yo'nalishda harakatlanayotgan yulduzlarning nuriy tezliklari esa o'zgarmaydi. Biroq bunda ularning antiapeksga yo'nalgan xususiy harakatlari mavjud bo'ladi. Quyosh apeksi va antiapeksiga yaqinlashgan sayin yulduzlarning xususiy harakati sinθ ga proporsional ravishda kamayib, nolgacha boradi. Boshqacha aytganda, barcha yulduzlar go'yo antiapeksga tomon uchayotgandek tuyuladi.

Shunday qilib, turli yo'nalishdagi yulduzlarning nuriy tezliklari o'lchanganda ma'lum yo'nalishda ularning nuriy tezliklari (manfiy

ishorali) maksimumga erishgani aniqlanadi, aynan shu yo'nalish Quyoshning apeksini xarakterlaydi.

Shuningdek, yulduzlarning xususiy harakatlarini o'rganib, osmon sferasida bu xususiy harakatlar yo'nalgan umumiy nuqtani topish mumkin. Aynan shu nuqtaga diametral qarama-qarshi yotgan osmon sferasining nuqtasi ham Quyosh apeksini xarakterlaydi. Quyosh apeksi Gerkules yulduz turkumida joylashib, uning koordinatalari $\lambda=270^\circ$ va $\delta=30^\circ$ ni tashkil etadi. Bu yonalish bo'yicha Quyosh 30 km/s tezlik bilan «uchadi». Endi Quyoshning fazoviy harakat tezligini topish uchun, masofasi ma'lum bo'lgan yulduzning burchak siljishini chiziqli tezlikda ifodalab, so'ngra:

$$V_t = -V_\Theta \sin\theta$$

formuladan Quyoshning tezligi V_Θ topiladi.

Savol va topshiriqlar

1. Galaktika deb qanday osmon obyektiga aytiladi?
2. «Bizning Galaktika» deganda nimani tushunasiz?
3. Galaktikaning asosiy tashkil etuvchilari qanday obyektlar?
4. Yulduzlarning qanday to'dalarini bilasiz?
5. Yulduzlarning xususiy harakatlari qanday topiladi?
6. Yulduzlarning fazoviy harakatlari qanday hisoblanadi?
7. Quyosh sistemasining Galaktikamiz yulduzlariga nisbatan harakati qanday? Uning aspeksi qaysi yulduz turkumida joylashgan?

5-§. Yulduzlararo chang va gaz

Yulduzlararo fazoda gaz va chang moddalari mavjudligi, qo'shaloq yulduzlarning spektrida kuzatilgan ayrim chiziqlar «fe'l-atvori» dan ma'lum bo'ladi. Gap shundaki, bu chiziqlar spektrdagi boshqa chiziqlar kabi davriy siljishlarda (mazkur yulduzlarning umumiy massa markazi atrofida aylanishi tufayli) ishtirok etmaydi. Bu hol, Quyosh bilan mazkur qo'shaloqlar orasida joylashib, Doppler prinsipiga bo'ysunmaydigan, aynan shu spektral chiziqlarni vujudga keltirgan gaz-chang bulutlari borligidan dalolat beradi.

1. Qora chang tumanliklar. Yulduzlarning kelayotgan nurning kuchli yutishi hisobiga zich yulduzlar fonida qorayib ko'ringan tumanlik konturning shakliga ko'ra (153-rasm), «Ot boshi» (Orion yulduz turkumida) «Ko'mir qopi», (Janubiy krest yulduz turkumida) deb ataladigan mashhur chang tumanliklar ajralib ko'rinadi.

«***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° ni tashkil etadi. Teleskop bilan kuzatilganda uning 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



153-rasm. Galaktikamizning Otboshi chang tumanligi

nurlanishlarini yutib, ularning nurlanishlarini qariyb 3 marta kamaytiradi, degan xulosa kelib chiqadi. Bunday yutishga mos muhitning optik qalinligi ushbu ifodadan topiladi:

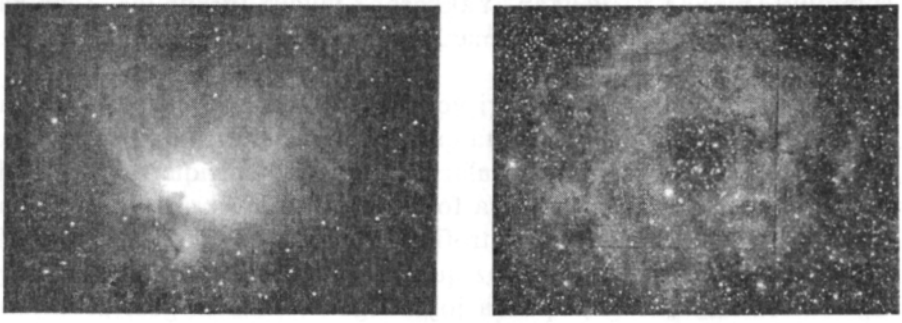
$$\tau = ln3 = 1{,}1$$

boshqacha aytganda, bu yutilish yulduzlarning ko'rinma kattaligini

$$\Delta m = 1{,}08\tau = 1{,}2^m$$

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 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 qismining ko'rinishni 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'rsatgichi Cl_k bilan uning spektriga mos rang ko'rsatkichi Cl_s orasidagi farq bilan belgilanadigan rang orttirmasi CE («color's excess») degan tushuncha kiritiladi:



a) *b)*

154-rasm. Galaktikamizning gaz tumanliklari – Orion va Rozetka

$CE=Cl_k-Cl_s$. aniq bir rangdagi yutilish kattaligi, yulduz kattaligining o'zgarishi bilan quyidagicha ifodalanadi:

$$\Delta m=g \cdot CE;$$

bu o'rinda, g – proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, agar yutilish fotografik yulduz kattaliklarida ifodalansa 5 ga yaqin sonni, agar vizual yulduz kattaliklarida ifodalansa 4 ga yaqin sonni beradi.

Yulduzning haqiqiy yulduz kattaligi m, uning kuzatilgan yulduz kattaligi m_q orqali quyidagicha topiladi.

$$m=m_q-\Delta m=m_q-gCE$$

Quyosh atrofida 1000 pk li masofada joylashgan yulduzlar uchun rang orttirmasi $0,5^m$ ga teng bo'lib, unga mos Δm:

$$\Delta m = 1,5^m,$$

boshqacha aytganda, bu yulduzlarni ko'rinma nurlanishlari taxminan 4 martacha susaytirilgan bo'lar ekan.

2. Gazsimon tumanliklar. Tim qorong'u 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 (154-a rasm). Shuningdek, Qavs yulduz turkumida Laguna, Omega va Uchtarmoqli, Oqqush yulduz turkumida shimoliy Amerika va Pelikan, Yakkashox yulduz turkumida Rozetka (154-b rasm) kabi taniqli gaz tumanliklar mavjud. Bu xil jami obyektlar soni 400 ga yaqin.

Bu tumanliklarning spektri vodorodning Hα va H_β, ikki qayta ionlashgan kislorodning OIII ta'qiqlangan chiziqlari (λ 5007 Å va λ 4950 Å), azot va boshqa elemenlarning emission chiziqlaridan tashkil topib, tutash spektri – juda xira fonda ko'rinadi. Aksariyat hollarda tumanlik ichida yoki uning yon atrofida qaynoq O yoki B0 sinfiga tegishli yulduz uchraydi. Bunday yulduz quvvatli ultrabinafsha nurlanishning manbai bo'lib, uning yaqinida joylashgan tumanlik gazi atomlari tomonidan yutilib, ularni ionlanishga va nurlanishga majbur etadi. Bunda yulduzning quvvatli ultrabinafsha nurlanishining asosiy qismi gaz

atomlarini ionlashtirishga sarf bo'lib, kam qismi issiqlikka aylanadigan elektronlar 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 nurlarining kvantlari o'rniga, ko'zga ko'rinadigan diapazonda, nisbatan kam energiyali bir necha kvantlarda nurlanadi, boshqacha aytganda, fluorestsensiya hodisasi ro'y beradi.

Tumanlikda bu jarayon tufayli qaror topgan 10 K ga teng temperatura, mazkur tumanlikning issiqlik radionurlanishi orqali tasdiqlanadi. Bunda elektronlarning o'rtacha tezligi atigi 500 km/s ga yetib, elektronning navbatdagi to'qnashishlari uchun juda katta vaqt talab etadi. Bu vaqt, atomlarning ko'pgina ta'qiqlangan o'tish holatlariga mos, uyg'ongan holatlarning yashash vaqtidan millionlab marta ko'p bo'lib, u gaz spektrida, yuqorida eslatilgan atomlarning taqiqlangan emissiya chiziqlarining kuzatilishiga sabab bo'ladi.

6-§. Neytral vodorodning Galaktika bo'ylab taqsimlanishi

Vodorodning yulduzlararo fazodan joy olgan sovuq gazlarda kuzatiladigan neytral chizig'i, bu sohalarning fizik va tabiiy xossalarini qismangina 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 to'lqindagi nurlanishlarini o'rganish orqali erishish mumkin.

21 sm to'lqin uzunligida nurlanayotgan vodorod atomining umumiy soni shu qadar ko'pki, natijada galaktika tekisligida yotgan qalinligi 1kpk li muhit 21 sm li radionurlanishlar uchun butunlay tiniqmas holatda bo'ladi. Shu bois Galaktika tekisligida yotgan neytral vodorod harakatsiz holda bo'lganda, uni 1kpk li masofadan, ya'ni Galaktika radiusining 6 foizli qismidan narida ko'rishning iloji yo'q. Biroq bu hol faqat Galaktika markazi va unga qarama-qarshi yotgan yo'nalishlar uchungina o'rinli bo'lib (chunki bu yo'nalishlarda harakatlar qarash chizig'iga perpendikulyar, uning radial tashkil etuvchisi nolga teng bo'ladi), qolgan barcha yo'nalishlarda Galaktikaning aylanishi tufayli turli obyektlarning nuriy tezliklari farqi, masofa ortishi bilan ortib



155-rasm. Galaktikamizda neytral vodorodning taqsimlanishi

boradi. Shu bois Galaktikaning nuriy tezligining ma'lum qiymati bilan xarakterlanadigan turli sohalari, 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 ra diospektr chizig'ining profili. Galaktikamiz differensial aylanish effektining kattaligiga mos masofada gazning zichligi haqida ma'lumot beradi. Aynan shu yo'l bilan aniqlangan neytral vodorodning Galaktikamizda taqsimlanishi 155-rasmda keltirilgan.

Rasmdan ko'rinadiki, neytral vodorodning Galaktikamizda taqsimlanishi bir tekis bo'lmay, ma'lum darajada uning spiral strukturasini o'zida aks ettiradi. Uzoq yulduzlardan kelayotgan nurlanishning qutblanishi haqidagi ma'lumotlar, Galaktikamiz asosiy magnit maydonining kuch chiziqlari uning yenglari bo'ylab yo'nalganidan darak beradi.

Savol va topshiriqlar

1. Yulduzlararo qanday gaz tumanliklarini bilasiz?
2. Gaz tumanliklarning nurlanish mexanizmi qanday?
3. Yulduzlararo chang tumanliklardan qaysilarini bilasiz?
4. Ularda nurlarning yutilish darajasi nimalarga bog'liq?
5. Chang tumanliklarda yulduzlarning ko'rinma yulduz kattaligi ularning optik qalinliklariga ko'ra qanday o'zgaradi?
6. Neytral vodorod galaktikamiz bo'yicha qanday taqsimlangan? U qanday aniqlangan?

1-§. Tashqi galaktikalar va ularning sinflari

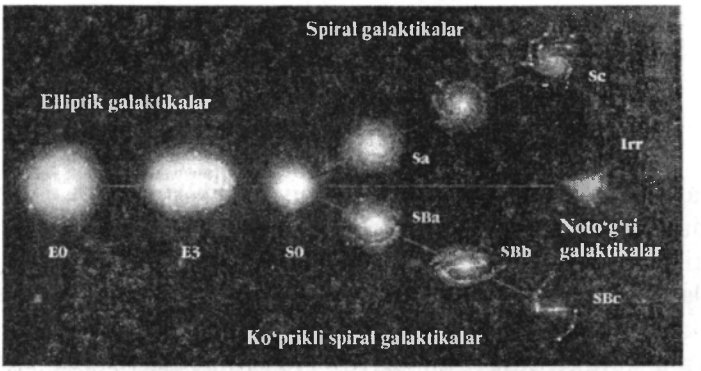
Galaktikamizdan tashqi astoronomiya shakllanishi, XX asrning 20-yillarida yulduz turkumlarida proyeksiyalangan ayrim tumanliklar, Galaktikamizdan (boshqacha aytganda Quyoshni o'z ichiga olgan yulduzlar sistemasidan) tashqarida yotuvchi, biznikiga o'xshash tashqi galaktikalar ekanligi aniqlanishi bilan boshlandi.

Ulkan galaktikalardan biri – Andromeda yulduz turkumida proyeksiyalanib ko'rinadi va shu yulduz turkumining nomi bilan Andromeda galaktikasi (ba'zan Andromeda tumanligi) deb yuritiladi. Andromeda tumanligi bizdan 2 million yorug'lik yiliga teng masofada yotadi. Havo tiniq bo'lgan tog'li rayonlarda tunda uni oddiy ko'z bilan ko'rsa ham bo'ladi. U, Andromeda yulduz turkumida yorug' tuman dog' shaklida ko'rinadi.

Spiral galaktikalar koinotda keng tarqalgan bo'lib, bizga qo'shni boshqa shunday galaktika M-51 nomi bilan mashhur (156-rasm). Ungacha masofa 1,8 million yorug'lik yilini tashkil qiladi. Osmonning Janubiy



156-rasm. M–51 deyiluchi taniqli tashqi spiral galaktika



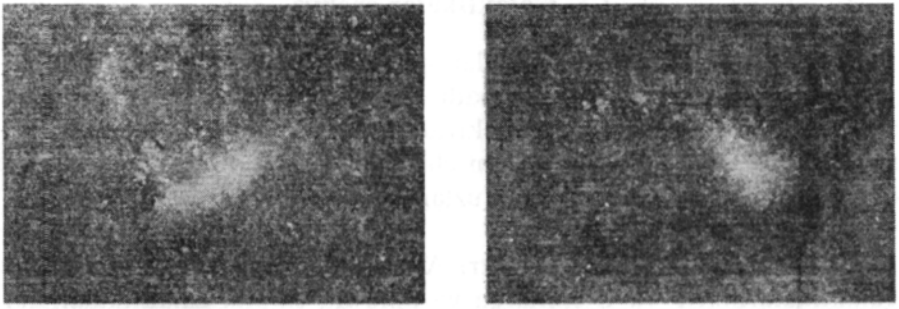
157-rasm. Galaktikalar evolyutsiyasining kechishi

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 katta liklarda uchrab, eng yiriklari milliardlab, mittilari esa bir necha millionlab yulduzni o'z ichiga oladi. Gigant galaktikalarning o'lchamlari 50 ming parsekkacha (ya'ni diametri 150 ming yorug'lik yiligacha) borgani holda, eng kichiklari bir necha 100 parsekdan ortmaydi.

Hozirgi zamonning quvvatli teleskop-lari yordamida rasmga tushirilgan galaktikalar soni bir necha milliardni tashkil etadi. Biroq ulardan bir qismigina kataloglardan joy olib, tuzilishi o'rga-nilgan va statistik tahlil etilgan, xolos. Galaktikalar haqidagi ma'lumotlarni o'z ichiga olgan kataloglardan biri B.A.Vorontsov-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. Galaktikalarni tashqi ko'rinishlariga ko'ra ba'zi o'xshash tomonlarini inobatga olib, bir necha tipga ajratish mumkin. Birinchi bo'lib 1925-yilda astronom E.Habbl (AQSH) galaktikalarning tashqi ko'rinishiga ko'ra quyidagi uchta sinfga bo'lishni taklif etdi: elliptik (E), spiral (S) va noto'g'ri (Ir).

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. Ular ichida ajralgan biron bir struktura elementi kuzatilmaydi.



a) *b)*

158-rasm. Galaktikamizga qo'shni Katta (*a*) va Kichik Magellan (b) bulutlari

Spiral galaktikalar juda keng tarqalgan, kuzatiladigan galaktikalarning qariyb yarmi shu xildagi galaktikalardan hisoblanadi. Boshqa galaktikalardan farq qilib, ularning strukturasi aniq spiral yenglardan iborat. Andromeda va Bizning Galaktikamiz spiral galaktikalarning tipik vakillaridan hisoblanadi. Spiral galaktikalar ham ikkiga bo'linadi. Ularnig biri, bizning Galaktikamizga o'xshashlari S (yoki Sa) bilan belgilanib, spiral struktura markaziy quyulma-yadrodan boshlanadi. SB deb belgilanuvchi ikkinchi xilida esa spiral shahobchalar, yadro o'rnida diametr bo'ylab cho'zilgan ko'priksimon strukturaning uchlaridan boshlanadi (157-rasm). Spiral galaktikalar, yenglarining rivojlanish darajasiga ko'ra, yana qo'shimcha Sa, Sb, Sc, Sd (yoki S Ba, S Bb, S Bs, S Bd) sinflarga bo'linadi.

Spiral va elliptik galaktikalar oralig'idagi (strukturaga ko'ra) galaktikalar linzasimon galaktikalar (SO) 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) (158-rasm) (ular Somon yo'li atrofida kuzatiladi) keltirish mumkin. Noto'g'ri galaktikalarga pekulyar galaktikalar ham kiradi. Bunday galaktikalar uchun umumiy ko'rinish strukturasi mavjud bo'lmay, ularning har biri o'zicha noyob ko'rinishga ega.

2-§. Galaktikalar spektri

Galaktikadan tashqi tumanliklar spektri, yulduzlar spektrini eslatib, yutilish chiziqlaridan tashkil topadi. Ular tarkibiga ko'ra A, F va G sinflariga kiruvchi yulduzlar spektridan faqat ayrim gaz-tumanliklari spektrlarida uchraydigan emission chiziqlari bilan farq qiladi. Bundan kuzatilayotgan tumanliklar, yulduzlar sistemasi va diffuz materiyadan tashkil topganligi ayon bo'ladi.

Noto'g'ri galaktikalar spektri A va F spektral sinflarga, spiral galaktikalarniki F va G sinflarga va nihoyat, elliptik galaktikalarniki G va K sinflarga kiruvchi yulduzlar spektrini eslatadi. Bu spiral va noto'g'ri galaktikalarda boshlang'ich spektral sinflarga kiruvchi qaynoq va yosh yulduzlar ko'pligidan, elliptik galaktikalar esa, nisbatan yoshi o'tgan keyingi spektral sinflarga mansub yulduzlarga boyligidan darak beradi.

Galaktikaning rangiga qarab ham unda ko'pchilikni tashkil etgan yulduzlarning spektral sinflari haqida xulosa qilish mumkin. Galaktikalar yoki ular qismlarining rang ko'rsatkichlari ham yulduzlarning rang ko'rsatgichlarini aniqlash metodi asosida topiladi.

3-§. Galaktikalargacha masofalarni hisoblash

Galaktikalargacha masofalarni hisoblash, Galaktikadan tashqari astronomiya uchun muhim ahamiyat kasb etadi. Tashqi galaktikalarning massasi, yoritilganligi, o'lchamlari va boshqa parametrlarining aniqlik darajasi, ungacha bo'lgan masofaning qay darajada aniq topilganiga bog'liq. Galaktikalargacha masofalarni o'lchashning bir necha usullari mavjud. Ularning ayrimlari bilan tanishamiz.

1. Sefeidlar metodiga ko'ra tashqi galaktikada kuzatilgan ravshan sefeidning davri kuzatish orqali topilib, so'ngra «yorqinlik-davr» bog'lanishidan uning yorqinligi aniqlanadi. Keyin «Spektr-yorqinlik» diagrammasi asosida sefeidning absolyut yulduz kattaligi M topiladi. Va nihoyat, Galaktikagacha masofani topishga bevosita imkon beradigan masofaning moduli (m–M) aniqlanadi. Bu yerda m – tashqi galaktikada kuzatilayotgan sefeidning ko'rinma yulduz kattaligini ifodalaydi.

2. Yangi yulduzlar metodi. Ma'lumki yangi yulduzlar chaqnaganda maksimumida ularning absolyut yulduz kattaligi –8,5 gacha boradi. Yangi

yulduzlarni tadqiq etish shuni ko'rsatadiki, maksimumdan keyin ularning ravshanligi qanchalik keskin pasaysa, maksimumida yorqinligi shunchalik yuqori bo'ladi. Agar maksimumidan keyin ravshanligi 3^m ga pasayishi uchun ketgan vaqt t bo'lsa, u holda $t < 12$ sutka bo'lganda, uning maksimumidagi absolyut yulduz kattaligi $M = -9$ bo'ladi. t ortishi bilan, mos ravishda M kamayadi. Shunga ko'ra, sefeidnig maksimumida uning ko'rinma yulduz kattaligi m va t ni aniqlab, masofaning moduli (m–M), binobarin, galaktikagacha bo'lgan masofani aniqlash mumkin bo'ladi. Shuningdek, nisbatan yaqin joylashgan galaktikalargacha masofalarni ularning burchak o'lchamlariga ko'ra ham aniqlash mumkin. Juda uzoqdagi galaktikalarning masofasi ular spektrlaridagi chiziqlarning dopplercha siljishiga asoslanib, Habbl ochgan (1929-y.) qonun asosida topiladi.

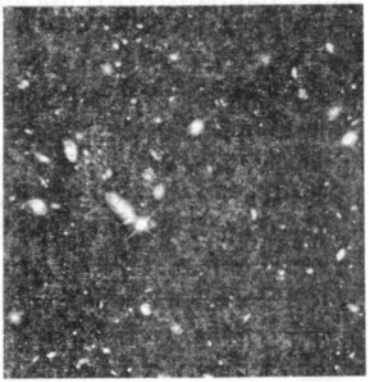
4-§. Galaktikalarning Koinotda taqsimlanishi

Galaktikalarning fazoda taqsimlanishini o'rganishda, yulduzlarning taqsimlanishini o'rganishdagi kabi osmonning ma'lum uchastkasidagi obyektlar sonini ifodalaydigan, ravshanlikning integral funksiyasi N_m, osmonning ma'lum uchastkasida (ko'pincha 1 kvadrat gradusda) yulduz kattaligi m va undan kichik kattalikdagi Galaktikalar sonini xarakterlaydi.

Agar galaktikalar fazoda bir tekis taqsimlanadi deb qaralsa, yulduzlar statistikasida aniqlanganidek, Zeeliger teoremasi o'rinli bo'lib:

$$\frac{N_{m+1}}{N_m} \approx 4$$

Bu muammo birinchi marta 2,5 metrlik reflaktorda osmonning 1283 uchastkada 20^m gacha obyektlar tushirilgan fotorasmlarni tahlil qilish orqali E.Habbl tomonidan 1934 yilda bajarildi. Habbl shu yo'l bilan 1 kvadrat gradusli maydonga 20^m gacha ravshanlikdagi 131 galaktika to'g'ri kelishini aniqladi. Butun sferaga to'g'ri keladigan galaktikalar soni esa $5{,}4 \cdot 10^6 \frac{1}{2}$ ga teng



159-rasm. Osmonning 1 kv. gradus maydoniga to'g'ri keladigan galaktikalari

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 mumkin bo'ladi.

Habbl shuningek, barcha yo'nalishlar uchun Zeyeliger 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 va boshqa yana bir qancha yulduz sistemalari birgalikda (jami 35 taga yaqin galaktika) Mahalliy galaktik to'dani hosil qilishini ma'lum qildi.

Ayni paytda shu xildagi 4000 ga yaqin galaktikalar to'dasi ma'lum. Bunday to'dalarning o'rtacha diametri 8 Mpk atrofida. Yirik galaktik to'dalardan biri Veronika Sochlari yulduz turkumida proyeksiyalanib, salkam 40 000 ga yaqin galaktikani o'z ichiga oladi.

U bizdan 70 Mpk masofada joylashib, diametri 12° gacha cho'zilgan. Bizning Mahalliy to'damizga eng yaqin 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'dasi (jumladan, bizning Mahaliy to'damizni ham) o'z ichiga olgan o'ta galaktikaning quyulmasi bo'lishi ham mumkin degan taxmin bor. Bunday o'ta galaktikaning diametri 40 Mpk bilan belgilanadi. 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'ta galaktikani ro'yxatga olganlar.

5-§. Radiogalaktikalar va kvazarlar

Oxirgi 40 yil ichida 10 mingdan ortiq diskret nurlanish manbalari ochilib, bu manbalarning kataloglari tuzildi. Bular ichida Uchinchi Kembridj katalogi (qisqacha 3C) to'laligi bilan boshqalaridan ajralib turadi. Bu manbalardan bir qanchasi o'zimizning Galaktikamizga tegishli bo'lib, aksariyat holda o'tayangi yulduzlarning chaqnash mahsulotlari hisoblanadi.

Biroq, ko'p hollarda radionurlanishning manbalari tashqi galaktikalar bo'lib, ularning radiodiapazonda nurlanish energiyasi, optik nurlanish energiyasining atigi 10^{-6} qisminigina tashkil etadi.

Spiral va noto'g'ri galaktikalar – kuchsiz radionurlanish manbalaridan bo'lib chiqdi. Ularning detsimetrli diapazonida nurlanish energiyasi taxminan 10^{32} Vt ni tashkil etadi. Shu diapazonda elliptik galaktikalar nurlanishi 100 martadan ortiq bo'lib, 10^{36} Vt atrofida chiqadi.

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 radiogalaktika «Oqqush A» deb ataladi. Qizilga siljishga ko'ra aniqlangan uning masofasi 330 Mpk. Eng uzoqdagi radiogalaktikalardan biri «Tsentavr A» bizning Galaktikamizdan taxminan 2500 Mpk masofada yotadi. Ularning radionurlanishi noissiqlik xarakter kasb etib, magnit maydonlarida relyativistik (yorug'lik tezligiga yaqin tezlikli) elektronlarning sinxrotron nurlanishlari bilan tushuntiriladi.

Kvazarlar. Radiodiapazonda juda katta quvvat bilan nurlanadigan galaktikamiz tashqi obyektlaridan biri *kvazarlar*dir. Birinchi kvazar 1960 yilda Uchburchak yulduz turkumida 3 C 48 nomli radiomanba ravshanligi 16^{m} yulduzga o'xshash obyekt sifatida qayd etildi. 1963-yilda 13-yulduz kattaligiga ega bo'lgan radioobyekt Sunbula yulduz turkumida topilib, 3-Kembridj katalogida 3C273 nom bilan qayd etildi. Uzoq vaqtga qadar bu obyektlarning spektrlarini tahlil qilish qiyin bo'ldi. Va nihoyat, spektridagi chiziqlar qaysi atomlarga tegishli ekanligi aniqlangach ularning qizilga siljish kattaliklari belgilandi. So'ngra Habbl qonuni asosida ularning masofalari va yorqinliklari hisoblandi. Ayni paytda bir necha yuzlab kvazarlar kashf etilgan bo'lib, ulardan OQ172 nomlanganiga qadar bo'lgan masofa 10 milliard yorug'lik yilidan ham ko'p.

Kvazarlarning nurlanish energiyasi juda yuqori bo'lib, yorqinliklari 10^{40}-10^{41} Vt ni tashkil etadi. Bu kvazarlar yuz milliardlab yulduzi bo'lgan eng quvvatli galaktikalarning yorqinligidan 100÷1000 marta ko'p quvvat bilan nurlanadi deganidir. Taxmin qilinishicha, kvazarlar galaktikalar evolyutsiyasining uncha uzoq davom etmaydigan bir bosqichidir.

Savol va topshiriqlar

1. Galaktikalar qanday sinflarga bo'linadi? Elliptik, spiral va noto'g'ri galaktikalarga misol keltiring.
2. Tashqi galaktikalargacha masofalar qanday topiladi?
3. Habbl qonunining matematik ifodasini yozing.
4. Radiogalaktikalar haqida nimalar bilasiz?
5. Kvazarlar koinotning qanday obyektlari?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. **Бакулин П., Кононович Э., Мороз В.** Курс общей астрономии. –М.: «Наука», 2001.

2. **Дагаев М.** и др. Астрономия. –М.: «Просвещение», 1995.

3. **Mursalimova G., Raximov A.** Umumiy astronomiya kursi. –T.: «O'qituvchi», 1976.

4. **Mamadazimov M.M.** Sferik va amaliy astronomiyadan masalalar. –T.: «O'qituvchi», 1977.

5. **Polyak I.** Umumiy astronomiya kursi. –T.: «O'qituvchi», 1965.

6. **Куликов К.** Купс сферической астрономии. –М.: «Наука», 1969.

7. **Гибсон Э.** Спокойное Солнце. –М.: «Мир», 1977.

8. **Мортынов Д.Я.** Курс общей астрономии. «Наука», 1988.

9. **Агекян Т.А.** Звезды, галактики, метагалактики. –М.: «Наука», 1982.

10. **Миннарт М.** Практическая астрономия. –М.: «Мир», 1971.

11. **Михайлов А.** Атлас звёздного неба. –Л.: «Наука», 1978.

12. Практические работы по звёздной астрономии (под. Ред. Куликовского К.) –М.: 1971.

13. **Mamadazimov M.** Astronomiyadan o'qish kitobi. –T.: «O'qituvchi», 1992

14. **Mamadazimov M.** Astronomiya, AL va KHKlari uchun darslik. –T.: «O'qituvchi», 2004.

15. **Mamadazimov M.** Astronomiya. O'rta umumta'lim maktablari uchun o'quv qo'llanma. –T.: «O'qituvchi», 2004.

MUNDARIJA

SO'ZBOSHI 3
KIRISH 4
1-§. Astronomiya fanining predmeti va uning vazifalari 4
2-§. Astronomiya fanining bo'limlari 5
3-§. Astronomiya fani shakllanishining qisqacha tarixi 6

I BOB. SFERIK ASTRONOMIYA ASOSLARI 9
1-§. Yoritgichlarning ko'rinma holatlari. Yulduz turkumlari 9
2-§. Quyosh, Oy, sayyoralar va yulduzlarning ko'rinma harakatlari 10
3-§. Osmon sferasi, uning asosiy nuqta, chiziq va aylanalari 12
4-§. Quyoshning yillik ko'rinma harakati. Ekliptika 14
5-§. Gorizontal koordinatalar sistemasi 16
6-§. Ekvatorial koordinatalar sistemasi 17
7-§. Ekliptikal koordinatalar sistemasi 19
8-§. Olam qutbining balandligi va joyning geografik kenglamasi orasidagi bog'lanish 19
9-§. Turli geografik kenglamalarda osmon sferasining sutkalik ko'rinma aylanishi 20
10-§. Vaqtni o'lchash asoslari 24
11-§. Quyosh vaqtlari 25
12-§. Vaqt tenglamasi 27
13-§. Vaqt hisobi tizimlari 28
14-§. Kalendarlar 31
15-§. Umar Hayyom kalendari 34
16-§. Parallaktik uchburchak va koordinatalarni almashtirish 36
17-§. Astronomik refraksiya 39
19-§. Sutkalik parallaks 40
20-§. Yoritgichlarning chiqish va botish momentlarini hisoblash 42

II BOB. SAYYORALARNING KO'RINMA VA HAQIQIY HARAKATLARI, OSMON MEXANIKASINING ASOSLARI 46
1-§. Sayyoralarning yulduzlar fonidagi harakati 46
2-§. Olam tuzilishining geosentrik tizimi 47
3-§. Olam tuzilishining geliosentrik sistemasi. Sayyoralarning sirtmoqsimon harakatini tushuntirish 50
4-§. Geliosentrik ta'limot uchun kurash 52
5-§. Sayyoralar konfiguratsiyalari va ularning ko'rinish shartlari 54
6-§. Sayyoralarning siderik va sinodik davrlari 55
7-§. Sayyoralarning orbita elementlari. Nazariy astronomiyaning asosiy vazifalari 56
8-§. Mexanikaning asosiy qonunlari. Butun olam tortishish qonuni 58
9-§. Keplerning umumlashgan qonunlari 59
10-§. Keplerning III qonunini Nyuton tomonidan umumlashtirilgan ko'rinishi 61
11-§. Quyosh sistemasi jismlari massalarini hisoblash 63
12-§. Uch jism masalasi. Chetlantiruvchi kuch va chetlantirilgan harakat haqida tushuncha 65
13-§. Ko'tarilishlar va pasayishlar 67

III BOB. QUYOSH SISTEMASI JISMLARINING O'LCHAMLARI. ULARGACHA BO'LGAN MASOFALARNI ANIQLASH 70
1-§. Yerning o'lchamlarini aniqlash 70
2-§. Triangulyatsiya metodi. Yerning o'lchami va formasi 71
3-§. Quyosh sistemasiga kiruvchi osmon jismlarigacha bo'lgan masofalarni aniqlash 73
4-§. Yoritgichlarning sutkalik gorizontal parallakslarini topish 75
5-§. Quyoshning sutkalik gorizontal paralaksini va unga ko'ra Yerdan Quyoshgacha bo'lgan o'rtacha masofani aniqlash 77
6-§. Asosiy astronomik uzunlik o'lchov birliklari 78
7-§. Quyosh sistemasi jismlarining o'lchamlarini hisoblash 79

IV BOB. YER VA OYNING HARAKATI 81
1-§. Yer Quyosh atrofida aylanishining isbotlari. Aberratsiya 81
2-§. Yil fasllarining almashinishi 84
3-§. Yerning o'z o'qi atrofida aylanishi. Pretsessiya va nutatsiya 85
4-§. Ulug'bek nomidagi Xalqaro Kitob kenglik stansiyasi 87

5-§. Oyning harakati va fazalari 90
6-§. Quyosh tutilishi va uning shartlari 92
7-§. Oy tutilishi va uning shartlari 96

V BOB. ASTROFIZIKA ASOSLARI 99
1-§. Astrofizikaning asosiy tushunchalari va vazifalari 99
2-§. Astrofizikada qo'llaniladigan elektromagnit to'lqin nurlanishlari 100
3-§. Yoritgichlarning ko'rinma yulduz kattaliklari 102
4-§. Absolyut qora jismning nurlanishi. Nurlanish qonunlari 105
5-§. Spektral analiz asoslari. Astrofizik obyektlarning spektrlari va ularda kuzatiladigan chiziqlar 107
6-§. Astrofizik jarayonlarning nuriy tezliklarini aniqlash. Doppler effekti 109
7-§. Magnit maydonida kechadigan astrofizik jarayonlar. Zeyeman effekti 111
8-§. Yoritgichlarning temperaturalarini aniqlash usullari 112
9-§. Astrofizik instrumentlar. Teleskoplar va ularning vazifalari 117
10-§. Reflektorning asosiy turlari 119
11-§. Ko'zguli-linzali teleskoplar 120
12-§. Teleskoplarning asosiy xarakteristikalari 121
13-§. Radioteleskoplar 125
14-§. Teleskoplarning o'rnatilishi (montirovkasi) 128
15-§. Astrofotografiya 131
16-§. Spektral apparatlar 133
17-§. O'zbekistonda astronomiya 136

VI BOB. QUYOSH SISTEMASI JISMLARINING FIZIK TABIATI 139
1-§. Quyoshning fizik tabiati 139
2-§. Fotosfera spektri. Uning kimyoviy tarkibi 143
3-§. Fotosfera obyektlari 144
4-§. Quyosh dog'lari 146
5-§. Quyoshning temperaturasi 151
6-§. Quyosh ichki qatlamlarining tuzilishi 153
7-§. Xromosfera va uning obyektlari 157
8-§. Protuberanetslarning sinflari. Xromosfera chaqnashlari 160
9-§. Quyosh toji 161
10-§. Quyoshning radionurlanishi 163
11-§. Quyosh yadro energiyasining manbalari 164

12-§. Quyosh aktivligi va uning Yer atmosferasi hamda biosferasiga ta'siri 165

VII BOB. SAYYORALARNING FIZIK TABIATI 168
1-§. Merkuriy 168
2-§. Venera (Zuhro) 170
3-§. Yer sayyorasi 174
4-§. Oy – Yer yo'ldoshi 177
5-§. Mars (Mirrix) 181
6-§. Yupiter (Mushtariy) 189
7-§. Saturn (Zuhal) 193
8-§. Uran 197
9-§. Neptun 200

VIII BOB. QUYOSH SISTEMASINING MAYDA JISMLARI 203
1-§. Mayda sayyoralar (astroidlar) 203
2-§. Kometalar («dumli yulduzlar») 206
3-§. Meteorlar («uchar yulduzlar») va meteor «yomg'irlari» 208
4-§. Meteoritlar 210

IX BOB. YULDUZLAR 213
1-§. Yulduzlarning asosiy xarakteristikasi 213
2-§. Yillik parallaks va yulduzlargacha masofani aniqlash 213
3-§. Yulduzlarning spektri va spektral sinflari 214
4-§. Spektr-yorqinlik diagrammasi 217
5-§. Yulduzlar o'lchamlarini (radiuslarini) aniqlash usullari 220
6-§. Yulduzlarning massalarini aniqlash 222
7-§. Radius – yorqinlik-massa diagrammasi 224
8-§. Yulduzlarning ichki sharoiti va tuzilishi 225
9-§. Fizik qo'shaloq yulduzlar 230
10-§. Fizik o'zgaruvchi yulduzlar 238
11-§. Eruptiv o'zgaruvchan yulduzlar 241

X BOB. GALAKTIKAMIZ, UNING TUZILISHI VA TARKIBI 246
1-§. Bizning Galaktikamiz va uning obyektlari 246
2-§. Galaktikada yulduzlarning taqsimlanishi 248
3-§. Yulduzlarning sharsimon va tarqoq to'dalari 251
4-§. Yulduzlarning fazoviy harakati. Quyoshning xususiy harakati. Quyosh apeksi 253

5-§. Yulduzlararo chang va gaz 256
6-§. Neytral vodorodning Galaktika bo'ylab taqsimlanishi 259

XI BOB. GALAKTIKADAN TASHQI ASTRONOMIYA 261
1-§. Tashqi galaktikalar va ularning sinflari 261
2-§. Galaktikalar spektri 264
3-§. Galaktikalargacha masofalarni hisoblash 264
4-§. Galaktikalarning Koinotda taqsimlanishi 265
5-§. Radiogalaktikalar va kvazarlar 267

O'quv-uslubiy nashr

MAMADAZIMOV MAMADMUSA

UMUMIY ASTRONOMIYA
(darslik)

Muharrir
S.XO'JAYEV

Musahhih
M.QUTLIYEVA

Tex.muharrir
Ye. DEMCHENKO

Kompyuterda sahifalovchi
F.BOTIROVA

Bosishga 26.08.2008-y.da ruxsat etildi. Bichimi 60x84 1/16.
Bosma tobog'i 17,25. Shartli bosma tobog'i 16,04.
Adadi 1000 nusxa. Buyurtma №183.
Bahosi kelishilgan narxda.

«Yangi asr avlodi» nashriyot-matbaa markazida tayyorlandi.
«Yoshlar matbuoti» bosmaxonasida bosildi.
100113. Toshkent, Chilonzor-8, Qatortol ko'chasi, 60.

Murojaat uchun telefonlar
Nashr bo'limi 278-36-89, marketing bo'limi 128-78-43
Faks 273-00-14, e-mail: yangiasravlodi@mail.ru