

2019

YUQORI ENERGIYALI HOLATLAR FIZIKASI VA ASTROFIZIKA



MA'RUZA MATNI

FIZIKA-MATEMATIKA FAKULTETI | TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA
MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI

FIZIKA-MATEMATIKA FAKULTETI

FIZIKA KAFEDRA

**«YUQORI ENERGIYALI HOLATLAR
FIZIKASI VA ASTROFIZIKA»**

fani bo‘yicha

MA‘RUZA MATNI

**Tuzuvchilar: TerDU dotsenti O‘.Berdiyev
TerDU o‘qituvchisi A.B.Narbayev**

Термиз-2019

Astrofizika asoslari

Reja:

- 1.Astrofizikaning masalalari va asosiy bo'limlari.
- 2.Nurlanishning elektromagnit spektri.
- 3.Astrofotografiya, astrofotometriya va Astrospektroskopiya haqida tushunchalar.
- 4.Spektral tahlil asoslari. Osmon jismlarining kimyoviy tarkibi va zichliklarni aniqlash.
- 5.Spektral chiziqlarning dopler siljishi.
- 6.Yulduzlar temperaturasini aniqlash usullari.

1.Astrofizikaning masalalari va asosiy bo'limlari.

Astrofizika – osmon jismlari va ularning tizimlarining fizik tabiatlarini, ularning evolyusiyalarini (jumladan Koinotni ham bir ob'ekt sifatida qarab) o'rganishni maqsad qiladi. Oxirgi o'n yillar ichida ilmiy texnikaviy progress astrofizik tadqiqot ishlarini takomillashtirib, uni talay aniq ko'zatish instrumentlari, zamonaviy kompyuter texnologiyalar bilan qurollantirdi. SHuning hisobiga, astrofizika– astronomiyaning etakchi bo'limiga aylandi. O'nlab yangi – quvvatli, fizik parametrlari (zichligi, temperaturalari, yuqori quvvatliligi va boshqalari) bilan bir-birlaridan keskin farqlanuvchi osmon ob'ektlari ochildi. Ayniqsa kosmonavtikaning rivoji tufayli ishga tushgan Er atmosferasidan tashqi astronomiya, osmon ob'ektlarini ko'zga ko'rimaydigan nurlarda (ul'trabinafsha, 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 stronomiyadan keng to'liqlik astronomiyaga aylandi.

Amaliy astrofizikaning rivojlanishi bilan bir qatorda, oxirgi 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 astofizikada qo'llaniladigan metodlarni asoslash kabi muhim vazifalarni o'z oldiga quyib, ularni hal qilishga kirishdi.

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

1. Amaliy astrofizika: astrofotometriya, Astrospektrofotometriya, kalorimetriya va hokazo.
2. Nazariy astrofizika: yulduzlar fizikasi, Quyosh fizikasi, planetalar va quyoshsimon jismlar, tumanliklar, kosmologiya bilan bog'liq muammolar va hokazo.

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

2.Nurlanishning elektromagnit spektri.

Elektromagnit nurlanishning chastotasi juda keng bo'lib, yorug'lik nurlanishi, uning kichik bir qisminigina tashkil etadi. Barcha diapozonda elektromagnit nurlanishlarning majmuasi elektromagnit nurlanishning spektrini beradi. Ma'lumki nurlanish, aniq kattalikdagi energiya bilan xarakterlanuvchi kvantlar ko'rinishida tarqaladi. Kvantlarning energiyasi nurlanishning chastotasi bilan bog'liq bo'lib, ularning energetik birligi sifatida *elektron vol't* olinadi. Bu, potentsiallar farqi 1 vol't 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, kvantlarining energiyasi 1eV dan kichik 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 vol't) gacha ya'ni to'lqin uzunligi 0,1 A° dan kichik nurlanishlarga davom etadi.

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

$$\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

ifodadan topiladi, bu erda proporsionallik koeffitsienti $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ Ж·с – Plank doimiysi deyiladi.

Energiyasi 1 eV ga to'g'ri keladigan kvant, spektrning *infraqizil diapozonida* yotib, to'lqin uzunligi $\lambda_0 = 12400$ A° (yoki chastotasi $\nu_0 = 2,42 \cdot 10^{14}$ Gs) ga to'g'ri keladi. 3900 A° dan 100 A° bo'lgan soha *ul'trabinafsha nurlanishlarga* tegishli bo'lib, shundan 3900 A° dan 3100 A° gacha qismi, shartli ravishda, *yaqin ul'trabinafsha*, 3100 A° dan qisqa to'lqin uzunligidagi qismi– uzoq *ul'trabinafsha soha* deyiladi. 100 A° dan 0,1 A° gacha oralikdagi diapozon *rentgen nurlarga*, 0,1 A° dan qisqa diapozon esa *gamma nurlarga* tegishli sohalar hisoblanadi.

7600 A° dan 150000 A° gacha bo'lgan diapozon *yaqin infraqizil*, 150000 A° dan 1 mm gacha esa, *uzoq infraqizil soha* deyiladi. 1mm dan o'nlab metrgacha bo'lgan

elektromagnit nurlanishlar spektrning diapozoni *radionurlarga* tegishli uchastka hisoblanadi.



73- rasm. Er atmosferasida turli to‘lqin uzunligidagi nurlarning yutilishi.

Er atmosferasi, elektromagnit spektrning barcha diapozonida 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 ham tiniq emas. Xususan infraqizil diapozon (10000 Å dan ortiq to‘lqin uzunligidagi nurlanishlar), asosan suv bug‘lari va is gazi molekulalari tomonidan kuchli yutiladi (73–rasm). Er atmosferasi, radiodiapozonning 1 sm dan 20 sm gacha, 1 sm dan qisqa diapozonda – 1 mm, 4,5 mm va 8 mm li qismlari uchun tiniq bo‘lib, bu diapozonlarga tegishli boshqa radionurlarni deyarli o‘tkazmaydi. To‘lqin uzunligi bir necha o‘n metrdan ortiq diapozondagi radionurlar esa, Er atmosferasining tashqi qatlamlari tomonidan keskin sochilishi va qaytarilishi hisobiga Er sirtigacha etib kela olmaydi.

Absolyut qora jismning nurlanishi. Nurlanish qonunlari

Ma‘lumki har qanday qizdirilgan jism elektromagnit nurlanishning 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 radiodiapozonda, so‘ngra unga ko‘zga ko‘rinadigan diapozondagi (qizil rangli nurdan-binafsha ranggacha) nurlanish, qizdirish yana davom ettirilganda esa, ultrabinafsha va yanada qisqa diapozonga tegishli nurlanishlar qo‘shiladi.

Ma‘lum temperaturagacha qizdirilgan jism, odatda, uning rangini belgilovchi aniq diapozonda kuchli nurlanadi. Masalan 2000°K gacha cho‘g‘lantirilgan jism qizil

diapozonda, 6000°K gacha qizdirilgan jism sariq diapozonda kuchli nurlanadi va hokazo. Biroq shuni aytish kerakki, ma'lum temperaturagacha qizdirilib cho'g'lantirilgan jism spektrida energiyaning taqsimlanishi, umumiy xolda, faqat uning temperaturasi-gagina bog'liq bo'lmay, uning ximiyaviy tarkibiga 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'ralgan bo'lishi 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 qobiliyati, *Plankning* ushbu *formulasi* yordamida hisoblanadi:

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

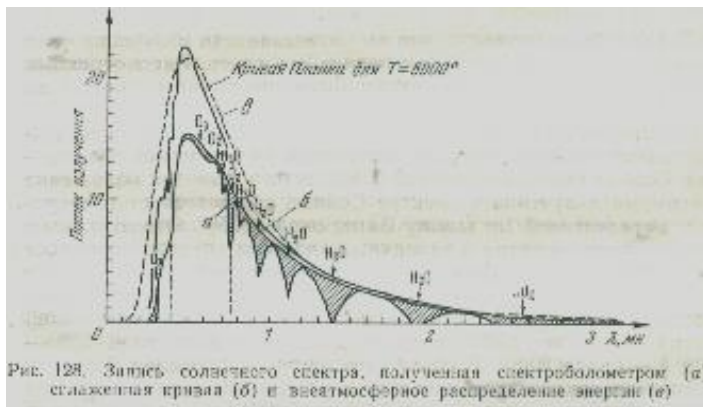
bu erda $\varepsilon_{\lambda} d\lambda$, jismning 1 sm^2 yuzasidan hamma tomonga spektrning λ , $\lambda + d\lambda$ intervalida nurlanayotgan yorug'lik oqimini xarakterlaydi va $erg/sm^3 \cdot s$ da o'lchanadi.

Termodinamik muvozanatdagi jism uchun hamma sirtning ravshanligi V 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.

Absolyut qora jismning spektrida energiyaning Plank formulasida bo'ysungan taqsimlanishi (plank egriliklari), temperaturaning turli qiymatlarida turlicha bo'ladi (78–rasm).



78–rasm. Absolyut qora jism nurlanish spektrida energiyaning tulqin uzunligi bo'yicha taqsimlanish grafigi.

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

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

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'liqlik tomoniga siljiydi.

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

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

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

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

Plank egriligidan maksimumidan qisqa to'liq tomonga nurlanish qobiliyati $\frac{hc}{\lambda kT} \gg 1$ 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'liq tomonida esa, to'liq uzunligi kattaligidan $e^{\frac{hc}{\lambda kT}} \approx 1 + \frac{hc}{\lambda kT}$ 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'liqlik diapozonda absolyut qora jismning nurlanishi temperatura bilan chiziqli bog'lanishda bo'ladi.

3. Astrofotografiya, astrofotometriya va astrospektroskopiya haqida tushunchalar.

Hozirgi vaqtda osmon jismlarini o'rganishda fotografik metod nihoyatda keng qo'llaniladi. U vizual kuzatishlarga nisbatan quyidagi afzalliklarga ega:

- 1) momentallik – juda qisqa vaqt ichida davom etadigan hodisalarni (masalan, meteorlar yoki sun'iy yo'ldoshlar uchishi) tasvirlash;
- 2) panoramalilik – bir qancha osmon jismlarini bir vaqtda fotosuratga olish;
- 3) ob'ektivlik – kuzatilayotgan hodisani, ob'ektni ular aslida qanday bo'lsa, shundayligicha tasvirlash;

4) integrallik – yorug'lik ta'sirini to'plash. Ekspozitsiya (fotosuratga olish vaqti) oshirilgani sari fotosuratda sekin-asta bu teleskopda vizual kuzatishda umuman ko'rinmaydigan eng xira yulduzlar ham paydo bo'la boshlaydi;

5) hujjatlilik – fotoplastinkalarni hujjat sifatida saqlash va undagi tasvirlarni istalgan vaqtda o'rganish imkoniyati. Fotografik negativlar maxsus shkaflarda, har bir observatoriyaning «Negativlar kutubxonasi» da saqlanadi;

6) ko'rinadigan spektr sohasidagina emas, balki infraqizil va ultrabinafsha nurlarda fotosuratga olish imkoniyati borligi. Oddiy fotoplastinka binafsha va ultrabinafsha nurlarni yaxshi sezadi. Maxsus tayyorlangan fotoplastinkalar – ortoxromatlar sariq nurlar uchun va panxromatik plastinkalar qizil nurlar uchun ayniqsa sezgir bo'ladi,

Yulduzlar har qanday kattalashtiruvchi teleskoplarda nuqta bo'lib ko'rinadi. Ammo fotoplastinkada ular, ayniqsa, yorug' yulduzlar nuqta bo'lib chiqmaydi. Fotosuratni ochiltirish jarayonida metall kumush kristallchalari yorug'lik tushgan joyning o'zidagina emas, balki uning atrofida ham paydo bo'ladi; yulduzning tasviri kattalashib, u doiracha bo'lib chikadn. Ammo bu doirachaning diametri yulduzning haqiqiy kattaligiga mutlaqo taalluqli emas. U faqat fotografik effektdir. Odatda, astronomiyada fotonegativlar ilmiy tekshiriladi. Chunki pozitivga o'tganda tasvirda qo'shimcha buzilish bo'lishi ehtimoli katta.

Astrofotometriya osmon jismlarining umumiy nurlanishini o'rganadi. Turli jismlarning nurlanishini belgilovchi (xarakterlovchi) asosiy fotometrik kattaliklarning mazmunini eslatib o'taylik.

Berilgan α maydondan vaqt birligi ichida o'tadigan energiya miqdoriga berilgan maydondan o'tuvchi *energiya oqimi* deyiladi. Yoritgich spektridagi barcha nurlarning yig'indisidan iborat to'la nurlanish qabul qilinsa – bu *integral oqim* bo'ladi. Nurlanish spektrning tor sohasida bo'lsa, *monoxromatik oqim* bo'ladi. Energiyaning integral oqim quvvat birliklarida (Vt , *erg/sek*), monoxromatik oqim bir to'liq uzunligi birligiga yoki chastota birligiga to'g'ri keladigan quvvat birliklarida (*erg/(sm·sek)*, yoki *erg/(sek·Gts)*) o'lchanadi.

Nuqtavny manbadan tarqalayotgan, fazovny burchak birligiga to'g'ri kelgan energii oqimiga *yorug'lik kuchi* deyiladi.

Yoritilgan maydon birligiga to'g'ri kelgan yorug'lik oqimiga shu maydonning *yoritilganligi (E)* deyiladi.

Yoritilganlik tushunchasi astrofotometriyada eng muhim va asosiy tushunchadir. Chunki fotometrik o'lchashlarning hammasi yoritilganlik bilan bog'liq.

Yoritgichlarning nurlanishini o'lchashda fotometrlar qo'llaniladi. Oddiy ko'z bilan kuzatish uchun mo'ljallangan vizual fotometrlar teleskopga shunday o'rnatiladiki, bunda kuzatuvchi okulyarning ko'rish maydonida tabiiy yulduzni va elektr lampasi yaratgan sun'iy yulduzchani **bir** vaqtda ko'radi. Ammo o'lchash jarayonining o'zi uzoq vaqtni talab qiladi. Shuning uchun vizual fotometriya

o'zining ilgarigi ahamiyatini yo'qotdi. U fotografik fotometriyaning ajralmas bir **qismi bo'lib qoldi.**

Fotoplastinkaga olingan rasmlardagi tasvirga qarab yulduz nurlanishini aniqlash shunga asoslansa, yulduz qancha yorug' bo'lsa, uning tasvirining diametri o'shancha katta va u o'shancha qoraroq bo'lar ekan. SHuning uchun yoritgichning nurlanishini topishda yulduz tasvirining diametri va qoramtirilgining yulduz nurlanishiga boglanish funksiyasini bilish kerak.

Aniqlikni oshirish uchun fotoelektrik fotometrlar qo'llaniladi. Bu asboblarda *fotoeffekt* hodisasiga asoslanib ishlaydi. Ular yordamida spektrning infraqizil qismidagi 12000 Å gacha bo'lgan to'lqin uzunliklaridagi nurlanishni o'lchash mumkin.

Spektrning ko'z bilan ko'rib bo'lmaydigan uzoq qizil va infraqizil qismlarida nur sochuvchi ob'ektlarni kuzatish yoki fotosuratga olishda *elektron-optik almashtirgichlardan* (EOA) va televizion tizimlardan foydalaniladi. Ko'z bilan ko'rib bo'lmaydigan ob'ektning tasviri EOA fotokatodining sezgir qatlamiga ta'sir etib, nurlanish ta'sirida fotokatoddan elektronlar otilib chiqadi, Ularni yorug'lanuvchi flyuorestantsiyalashuvchi ekranga fokuslanadi, buning natijasida zkranda tekshirilayotgan ob'ektning tasviri hosil bo'ladi..

Juda sezgir trubkali televizion tizimlar xira tasvirlarni ko'rish imkonini beradi. Butun spektr bo'ylab taqsimlangan to'la energiyani o'lchash uchun *bolometr* ishlatiladi. Bolometrik asboblarda issiqlik energiyasini yutish hisobiga ishlaydigan asboblarda turiga kiradi. Ularning sezgirligi nurlanishning to'lqin uzunligiga bog'liq bo'lmaydi, ya'ni ular selektiv bo'lmagan asboblardir. Ko'z, fotoplastinka va fotoelementlar selektiv (spektrning turli sohasida turlicha sezgir) asboblardir.

Asosiy fotometrik tushunchalar. Jismning nurlanish energiyasining miqdori, mazkur jism fizik tabiatini o'rganishda eng muhim xarakteristik kattaliklardan hisoblanadi. Nurlanish energiyasining kattaligi, uning o'lchash asbobiga etib kelgan miqdorini bevosita qayd qilish orqali yoki nurlanish qobiliyati ma'lum bo'lgan boshqa nurlanuvchi jismning nurlanish energiyasining miqdori bilan solishtirish orqali aniqlanadi.

Biroq, shuni ta'kidlash joizki, nurlanishni qayd qiluvchi asbob (priyomnik)ning sezgirligi, turli to'lqin uzunliklari uchun turlicha bo'ladi. Binobarin ma'lum asbob o'lchagan nurlanish energiyasining miqdori, mazkur asbobning qanday nurlarga sezgirligiga, boshqacha aytganda, spektral sezgirligining darajasiga bog'liq bo'ladi. Asbobning spektrdagi chegaraviy to'lqin uzunliklari intervaliga sezgirligi, shu asbobning *o'tkazish tasmasi (polosa propuskaniya)* deyiladi.

Nurlanish energiyasining quvvati, *nurlanish oqimi* deyiluvchi fotometriyaning asosiy kattaligi bilan o'lchanadi. *Nurlanish oqimi* deb, vaqt birligi ichida berilgan

yuzadan o'tgan nurlanish energiyasiga aytiladi. 1 sm^2 yuzaga tushayotgan yorug'lik oqimi *yoritilganlik* deyiladi. Agar F yorug'lik oqimi, S yuzaga tushayotgan bo'lsa, unda yoritilganlik ushbu

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

ifodadan topiladi. Ma'lumki yoritilganlik, masofaning kvadratiga teskari, tushish burchagining kosinusiga to'g'ri proporsional kattalik bo'lib, u quyidagi tenglikdan topiladi:

$$E = E_0 \cos \alpha,$$

bu erda E_0 sirtga tushayotgan to'la enenrgiyani xarakterlaydi. Biroq astrofizikada bu qonun bilan ish ko'rilganda, nurlanuvchi jismdan kuzatish asbobigacha bo'lgan fazoviy muhitning optik xususiyatlarini hisobga olishga to'g'ri keladi. Xususan yulduzlararo gaz-chang muhit va Er atmosferasida nurning yutilish darajasini aniqlash zarur bo'ladi. Xususan vaqt birligi ichida, nurlanish manbaini o'rovchi yopiq sferik sirt orqali o'tuvchi to'la nurlanish energiyasi mazkur manbaning *yorqinligi* deyiladi.

Nurlanish oqimi, spektrning hamma uchastkasi bo'yicha aniqlanganda, u *integral oqim* deyilib, spektrning juda tor sohasi bo'yicha aniqlanganda esa, *monoxromatik oqim* deyiladi. Bunda integral yoritilganlik $\frac{Bm}{M^2}$ larda, monoxromatik yoritilganlik esa $\frac{Bm}{M^2 \cdot \Gamma_u}$ larda o'lchanadi.

Nurlanayotgan yuzaning ma'lum yo'nalishdagi nurlanishi, uning ravshanligini xarakterlaydi. Nurlanishning tarqalish yo'nalishiga tik bo'lib, nurlanayotgan yuza bilan mos va birlik fazofiy burchak bilan chegaralangan yuzadan o'tgan nurlanish oqimiga *ravshanlik* deyiladi. Bu ta'rifni fazoning istagan nuqtasidagi nurlanish maydoniga tadbiq etish mumkin. Bunday holda ko'pincha "ravshanlik" o'rniga "intensivlik" degan atama ishlatiladi.

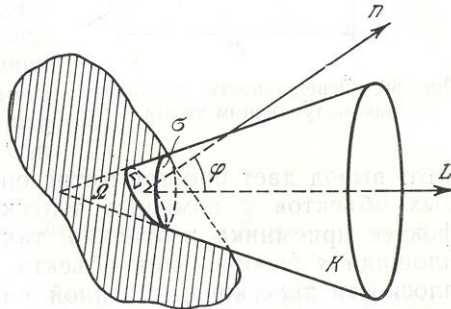
Agar nurlanayotgan sirt elementi Σ , Ω fazoviy burchak bilan chegaralangan K konus ichida F oqim bilan nurlanayotgan bo'lsa va bunda konus o'qi L , ΔS yuza elementiga o'tkazilgan normal n bilan θ burchak hosil qilsa (74 - rasm) u holda ravshanlik

$$B = \frac{\Phi}{\Delta S \Omega \cdot \cos \theta}$$

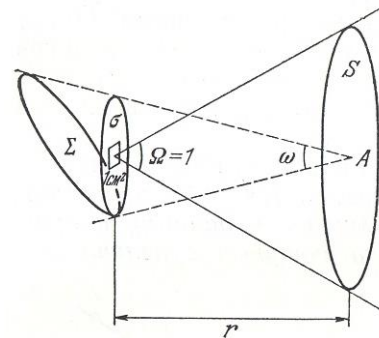
ifodadan topiladi (bu erda $\sigma = \Sigma \cos \theta$).

Maʼlum nurlanuvchi sirtning biror yuzaga berayotgan yoritilganligi bilan, nurlanuvchi sirt oʻlchami va ravshanligi orasidagi munosabat ham muhim astrofizik bogʻlanishlardan sanaladi.

Faraz qilaylik, bizdan r masofada yotgan nurlanayotgan sirtning ravshanligi V boʻlgan sirt elementi Σ , osmon sferasida σ sirt koʻrinishida proeksiyalansin (75–rasm). Bu degani, σ sirtning oʻta normal yoʻnalishida 1sm^2 yuzasidan $\Omega=1$ fazoviy burchak chegarasi ichida nurlanayotgan oqimi V degani boʻladi. U holda shu fazoviy burchak ichida $\Delta\sigma$ sirtning toʻla oqimi $F=\sigma V$ boʻladi.



74 – rasm. Nurlanayotgan sirt ravshanligini Ω fazoviy burchak ichida tarqalishi.



75 – rasm. Nurlanuvchi jism tomonidan hosil qilingan yoritilganlik.

Kuzatish joyida bu toʻla oqim $S=\Omega r^2$ yuzada taqsimlanishini tushunish ham qiyin emas. Agar $\Omega=1$ steradianga teng boʻlsa, $S=r^2$, boʻladi, u holda yoritilganlik

$$E = \frac{B\Delta\sigma}{S} = \frac{B\Delta\sigma}{r^2}$$

boʻladi. Biroq $\frac{\Delta\sigma}{r^2} = \omega$ obʼjektning fazoviy koʻrinish burchagi ekanligini eʼtiborga olsak yoritilganlik:

$$E=V \omega$$

boʻladi. Bundan koʻrinadiki, aniq bir obʼjektning kuzatish joyida hosil qilgan maksimal yoritilganligi, uning oʻrtacha ravshanligining, bu obʼjektning fazoviy koʻrinish burchagiga koʻpaytmasiga teng ekan.

4. Spektral tahlil asoslari. Osmon jismlarining kimyoviy tarkibi va zichliklarni aniqlash.

Astrofizik metodlar ichida spektral analiz, osmon jismlarining fizik tabiatini tadqiq qilish borasida alohida ahamiyat kasb etadi. Oʻtgan asrning oʻrtalarida, yulduz va planetalarning fizik tabiatini spektral metod yordamida oʻrganishni italiyalik astronom Sekki boshlab berdi. Astronomiyada yangi bu metodning qoʻllanishi, osmon

jismlarining temperaturasini, ximik tarkibini, magnit maydoni kuchlanganligini, harakat tezligini, masofasini va boshqa talay yoritgichga tegishli fizik parametrlarni aniqlashga imkon berib, katta yutuqlarni 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.

Ximik 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 tasvirlarni yasaydi. Kora 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 $H_{\alpha}-\lambda\ 6562\text{A}^{\circ}$, $H_{\beta}-\lambda\ 4861\text{A}^{\circ}$, $H_{\gamma}-\lambda\ 4340\text{A}^{\circ}$, $H_{\delta}-\lambda\ 4102\text{A}^{\circ}$), natriy bug‘ining spektrida esa, natriyning qo‘shni ikki sariq chizig‘ini ($\lambda=5890\text{A}^{\circ}$ va $\lambda=5896\text{A}^{\circ}$) hamda temir bug‘ining spektrida yuzlab temirning chiziqlarini ko‘rish mumkin.

Agar tutash spektri beradigan yorug‘lik manbaining yo‘liga sovuq bui yoki gaz modda kiritilsa, yutilish spektri hosil bo‘lib, bug‘ yoki gazni tashkil etgan atomlar, ular cho‘g‘langan holatida qanday to‘lqin uzunliklarida nurlansalar, aynan shunday to‘lqin uzunliklaridagi nurlarni yutib, tutash spektrining fonida yutilish chiziqlarini hosil qiladilar. Masalan cho‘g‘langan natriy bug‘i, yuqorida eslatilgan $\lambda=5890\text{A}^{\circ}$ va $\lambda=5896\text{A}^{\circ}$ to‘lqin uzunliklarida nurlansa, tutash spektri manbai yo‘liga kiritilgan sovuq holdagi natriyning bug‘i, xuddi shunday to‘lqin uzunliklariga tegishli nurlarni yutib, tutash spektrining bu chiziqlar to‘lqin uzunlariga 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‘lida

sovuq gaz kiritilgan bo'lsa, o'sha to'lqin uzunliklari intervalidagi yutilish tasmlarini beradi.

Quyosh va yulduzlarning spektri yutilish spektri bo'lib, yutilish chiziqlari, tutash spektrini beruvchi ularining 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, Er atmosferasining qatlamlaridan ham o'tadi va shuning uchun ham ularning sirtida atmosferasi atomlari va molekulyar birikmalariga tegishli yutilish chiziqlari paydo bo'ladi. Osmon jismlari spektrida kuzatiladigan Er atmosferasining chiziqlari *telluriy chiziqlari* deyilib, spektrofotometriya paytida tayanch chiziqlar sifatida ishlatiladi.

Ma'lumki planetalar va ularini yo'ldoshlarining ko'rinishi, Quyosh nurlarining ularni sirtidan qaytishi hisobiga bo'ladi va bu nurlar, planeta sirtidan qaytishidan oldin va keyin uning atmosferasini kesib o'tadi. SHuning uchun ham planeta 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 planeta atmosferasining kimyoviy tarkibi, bosimi, temperaturasi va boshqa fizik xarakteristikalar haqida ma'lumot beradi.

5.Spektral chiziqlarning dopler siljishi.

Spektral analiz bergan eng katta yutuqlardan biri – harakatdagi yoritgichlarning yoki ularni qismlarining 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 tushiniladi. Harakatdagi manbaning nuriy tezligini o'lchash usuli, Dopler tomonidan 1847 yilda aniqlangan bo'lib, unga ko'ra nurlanayotgan manbaning qarash chizig'i bo'yicha tezligi, uning spektridagi spektral chiziqlarning siljish kattaligi yordamida topiladi. Agar spektral chiziqning siljish kattaligi $\Delta\lambda = \lambda'_0 - \lambda_0$ bo'lsa (bu erda 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:

$$\Delta\lambda = \frac{g_2}{c} \cdot \lambda_0 \quad \text{yoki} \quad g_2 = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \cdot c$$

g_2 -nuriy tezligi, $s = 3 \cdot 10^8$ m/s – yorug'lik tezligini ifodalaydi. Agar g_2 –manfiy ishora bilan chiqsa, ya'ni $\lambda'_0 < \lambda_0$ bo'lsa(chiziq spektrning binafsha tomoniga siljisa), manba kuzatuvchiga g_2 tezlik bilan yaqinlashayotgan, aksincha g_2 musbat ishorali

bo'lsa, ya'ni $\lambda'_0 > \lambda_0$ bo'lsa (chiziqli spektrning qizil tomoniga siljisa), manba kuzatuvchidan uzoqlashayotgan bo'ladi.

Odatda yoritgichining yoki uning qismlarining tezligi $v \ll c$ bo'lganidan, spektral chiziqli siljishi - $\Delta\lambda$ ham juda kichik bo'ladi. SHuning uchun bunday siljishni vizual o'lchash juda murakkab bo'lib, Dopler prinsipidan, asosan spektrofotometriya ishga tushgandan so'ng foydalanish imkoni tug'ildi. Birinchi bo'lib *Dopler prinsipi* rus olimi A.A. Belopol'skiy tomonidan 1900 yili Pulkovo observatoriyasida muvaffaqiyatli sinab ko'rildi. SHu tufayli ba'zan bu effekt astronomiyada, *Dopler-Belopol'skiy effekti* deb ham yuritiladi. Dopler prinsipi astrofizikada juda katta rol uynab, 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 Erning Quyosh atrofida va o'z o'qi atrofida aylanishlarini ham Dopler prinsipi asosida oson aniqlash mumkin. Ma'lumki Er, Quyosh atrofida o'rtacha 30 km/s tezlik bilan harakatlanib, harakat yo'nalishini fazoda o'zgartirib boradi. Natijada ma'lum momentda uning harakati yo'nalgan ekliptika tekisligida yotuvchi yulduzlar spektrida chiziqlar binafsha tomonga $\Delta\lambda$ kattalikka siljigan holda ko'rinib, uning kattaligi ushbu ifodadan topiladi:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{v}{c} = \frac{30 \cdot 10^5 \text{ cm/s}}{3 \cdot 10^{10} \text{ cm/s}} = 10^{-4}$$

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

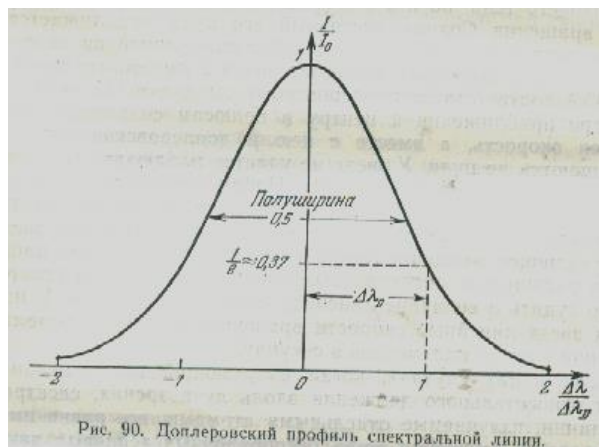
Bu yo'nalishga qarama-qarshi tomondagi yulduzlarning spektridagi chiziqlar esa, aksincha qizil tomonga shunday kattalikka siljigan holda ko'rinadilar. Quyoshning ekvatori zonasida, uning aylanishi tufayli chiziqli tezligi 2 km/s bo'lib, ekvatorining sharqiy va g'arbiy qismlarining spektrlarida chiziqlarning siljishi, mos ravishda, $\pm 0,035^\circ$ kattalikni beradi.

6. Yulduzlar temperaturasini aniqlash usullari.

Yoritgichning temperaturasi, uning tabiatini xarakterlovchi fizik parametr bo'lib, uni aniqlash murakkab astrofizik masalalardan hisoblanadi. Buning sababi, birinchidan, astronomlar yoritgichlarning temperaturasini bevosita termometr bilan o'lchash imkonidan mahrumliklarida bo'lsa, ikkinchidan, mavjud metodlarning murakkabligida, hamda ayrimlarining aniqlik darajasining pastligidir. Temperaturani aniqlashni ayrim metodlari bilan tanishamiz.

1. *Spektral chiziqlarning kengligiga ko'ra temperaturani aniqlash.* Ma'lumki, ixtiyoriy spektral chiziqli, bunday chiziqli vujudga keltiradigan atomlarning issiqlik harakati tufayli doplercha kengayish ro'y beradi. Ma'lum momentda, nurlanuvchi bunday atomlarning bir qismi tartibsiz issiqlik harakati tufayli bizdan har xil tezliklar

bilan uzoqlashayotganda, qariyb shuncha qismi har xil tezlik bilan bizga yaqinlashayotgan bo'ladi. Natijada 80 –rasmدا tasvirlangan shakldagi simmetrik kengaygan spektral chiziq vujudga keladi va u mazkur spektral chiziqlarning profili deyiladi.



80–rasm. Spektral chiziqlarning doplercha kengligi.

Maksvelning tezliklar taqsimotiga qonuniga ko'ra, qarash chizig'i bo'yicha turli tezliklarga ega bo'lgan zarrachalarning soni, $|v|$ ning ortishi bilan $\exp\left(-\frac{v^2}{v_1}\right)$ ga bog'liq ravishda kamayadi va, $v_1 > 0$ bo'lganda, atom nurlanish chizig'ining qizil (to'lqin uzunligi katta) qanotiga, $v_2 < 0$ bo'lganda esa, binafsha qanotiga to'g'ri keladi. Bu erda v^* –eng katta ehtimoliy tezlikni ifodalab, quyidagi ifodadan topiladi:

$$v^* = \sqrt{\frac{2kT}{m}} \quad (1)$$

Agar plazma, qaralayotgan chiziq to'lqin uzunligidagi nurlanish uchun tiniq bo'lsa, u holda profilning har bir nuqtasiga to'g'ri kelgan intensivligiga v_2 ning qiymatlariga mos atomlarning soniga proporsional bo'lib, spektral chiziqlarning profili atomlarning tezliklar taqsimotini qonunini qaytaradi. Binobarin spektral chiziqlarning chegarasida intensivlikning o'zgarishi quyidagi ifoda ko'rinishini oladi:

$$I = I_0 \cdot \exp\left(-\frac{v_2^2}{v_1}\right) \quad (2)$$

Tezliklar taqsimoti qonuniga ko'ra, $v_2 = v^*$ bo'lgan atomlarning soni, $v_2 = 0$ zarralarning sonidan e marta kam. Bu atomlar spektral chiziqlarning 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 chiziqlarning

dopler kengligi $\Delta\lambda_0$ deb yuritiladi. $\lambda_0 + \Delta\lambda_d$ (yoki $\lambda_0 - \Delta\lambda_d$) to'liqin uzunligida nurlanuvchi atomlar eng katta ehtimoliy tezlikda v^* harakatlanganliklaridan:

$$\frac{\Delta\lambda_d}{\lambda_0} = \frac{v^*}{c} \quad (3)$$

u holda (1) ko'ra:

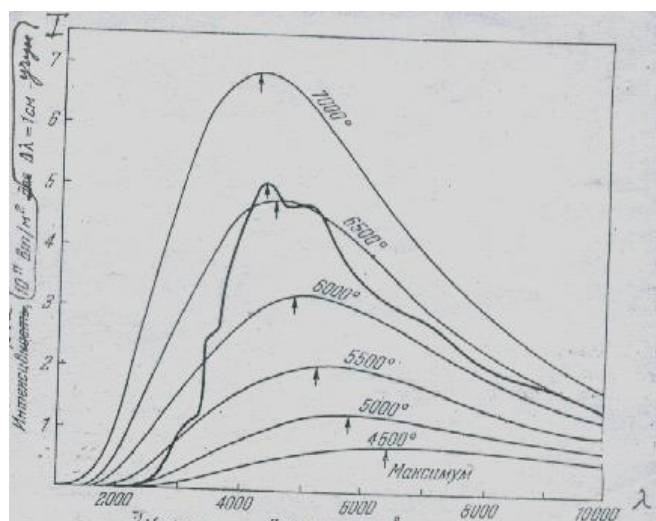
$$\Delta\lambda_D = \lambda_0 \sqrt{\frac{2kT}{m}} \quad (4)$$

bu erdan

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

Kuzatishlar yordamida spektral chiziqning doplercha 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 80 –rasmda keltirilganidan farq qilib, aksincha murakkab tus oladi va yoritgichning temperaturasini aniqlashni murakkablashtiradi.

2. Absolyut qora jism qonuniyatlari asosida yoritgichlarning temperaturasini aniqlash. Garchi absolyut qora jism qonuniyatlari, yoritgichlarning temperaturasini aniqlashning bir necha xil metodlarini bersada, aslida yoritgichlarning spektrida energiyaning taqsimlanishi Plank egriligidan farq qilganligi tufayli aniqlangan temperaturaning qiymatlari katta xatolikka ega bo'ladi. Yulduzlar atmosferasining faqatgina qatlamlaridagina termodinamik muvozanat ro'y berib, eslatilgan qonunlarni muvoffaqiyat 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. SHuning uchun xam 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-Bol'sman va Vinning qonunlarini qo'llashning imkoni tug'uladi



81– rasm.Quyosh spektrida energiyaning taqsimlanishi (to‘q chiziq).

81–rasmda turli temperaturadagi termodinamik muvozanatdagi jismlarning Plank egriliklari bilan birga kuzatishlardan olingan Quyoshning markaziga tegishli spektrda energiyaning taqsimlanish egriligi (shtrixlarda) ham keltirilgan. Agar bu egrilik uchun Vinning siljish qonunini qo‘llasak, $\lambda_{\max} \approx 4300 \text{ A}^\circ$ bo‘lganidan

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

$$T_{\phi\phi} = \sqrt{\frac{6,28 \cdot 10^{10} \text{ } \partial p\text{ } / \text{ } cm^2 \cdot \text{ } cek}{5,67 \cdot 10^{-5} \text{ } \partial p\text{ } / \text{ } cm^2 \cdot \text{ } cek \cdot \text{ } \partial pa\delta^4}} = 5770^\circ K$$

Demak, yoritgichning *effektiv temperaturasi* deb, shunday absolyut qora jismning temperaturasi ga aytiladiki, uning har 1 sm^2 yuzasi chiqaradigan energiyasi, mazkur jismning 1 sm^2 yuzasi chiqaradigan energiyaga teng bo‘ladi. SHuningdek Plank egriliklari yoritgichlarning *ravshanlik va rang temperaturalarini* aniqlashga ham imkon beradi. YOritgichning rang temperaturasi deb, shunday absolyut qora jismning temperaturasi ga 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 temperaturasi ni aniqlashda muvoffaqiyat bilan qo‘llaniladi. Gap shundaki, Plank qonuni yulduzlarning turlanishi uchun uncha mos kelmaydi, shuning uchun ham yulduzlarning temperaturasi ni 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 uzunligini emas, balki yulduz rangining *rang ko‘rsatkichi* deb ataluvchi ob’ektiv xarakteristikasi tushuniladi.

Rang ko'rsatgichi haqida 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 manfiy ishorali, keyin turadiganlari uchun esa musbat ishorali bo'ladi.

Quyosh markazining spektri, nurlanish energiyasining egriligi turli temperaturaga mos Plank egriliklarini kesib o'tishidan ko'rinishicha, Quyoshning ravshanlik temperaturasi turli to'lqin uzunligida turlicha bo'ladi (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 diapozonda sirtqi bevosita ko'rib bo'lmaydigan ba'zi planetalar yoki ayrim radioob'ektlarni radiodiapozonda ravshanlik temperaturalarini o'lchash, ya'ni ularning sirt haroratini 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 $5000-6000\text{\AA}$ uchastkasida energiyaning nisbiy taqsimlanishi 7000°K li Plank egriligining shu uchastkasidagi taqsimlanishiga mosligidan (81-rasmga qarang), bu uchastka uchun Quyoshning rang temperaturasi 7000° deb olinadi.

Xulosa qilib aytganda, turli mikdorlar asosida aniqlangan Quyosh temperaturasining turlicha chiqishi, uning atmosferasini turli qatlamlariga temperaturaning turli qiymatlari mos kelishini, xamda uning tashqi qatlamlari nurlanishi, absolyut qora jism nurlanishidan farq qilib, Plank, Stefan-Bol'sman va

Vinning qonunlari, temperaturani taxminiy aniqlash uchun imkon berishini ma'lum qiladi.

Nazorat uchun savollar:

1. Astrofizikaning asosiy asboblari va usullari.
2. Astrofotografiya va astrofotometriya.
3. Spektral analiz asoslari. Astrofizik obyektlarning spektrlari va ularda kuzatiladigan chiziqlar.
4. Yoritgichlarning temperaturalarini aniqlash usullari.

Astrofizik instrumentlar.

Reja:

1. Teleskoplar va ularning turlari, tamoyillari. Kosmik teleskoplar.
2. Ko'z-nurlanish qabul qilgich.
3. Nurlanishning fotoelektrik qabul qilgichlar. Spektral asboblari.
4. Radioastronomik usullaridan astrofizik kuzatuvlarda foydalanish.

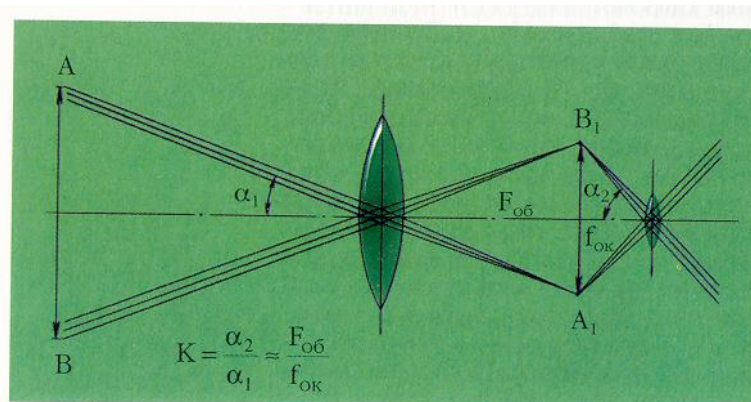
1. Teleskoplar va ularning turlari, tamoyillari. Kosmik teleskoplar.

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 rel'efi Ernikiga 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 eraning 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 vazifalarini bajaraolishi mumkinligini ko'rsatdi:

- 1) Yoritgichdan kelayotgan nurlanishni qayd qilish (ko'z, fotografik plastinka, fotoelektrik qayd qilgich, spektrograf va hokazolar yordamida);
- 2) ob'ektiivning fokal tekisligida, kuzatilayotgan yoritgichning yoki boshqa osmon ob'ektlarining tasvirini yasash;
- 3) qurollanmagan ko'z bilan qaralganda ajratib ko'rib bo'lmaydigan, o'zaro juda kichik yoy masofada joylashgan ob'ektlarni ajratib ko'rsatish.

Teleskopning asosiy qismi *ob'ektiv* deyilib, u qavariq linzadan yoki botiq sferik ko'zgudan yasaladi. Ob'ektiv, 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 ob'ektiv tomonidan yasalgan tasvirga qarash uchun okulyar zarur bo'ladi.



82-rasm.Refraktor teleskopida nurning yuli.

Teleskoplar, ob'ektivining turiga ko'ra, ikkiga – *refraktor* va *reflektorga* bo'linadi. Refraktorda ob'ektiv sifatida *qavariq linza*, reflektorda esa *botiq sferik ko'zgu* ishlatiladi.

82-rasmda oddiy refraktorda nurning yo'li tasvirlangan. Bunda teleskop ob'ektivi, 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, quzatilayotgan osmon jismining (planeta, 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 ob'ektivining diametriga va fokus masofasiga $\left(\frac{D}{F}\right)$ bog'liq bo'lgani holda, uning kattalashtirishi, ob'ektiv va okulyarning fokus masofalariga bog'liq bo'ladi. Tasvir fotoplastinkada yoxud fotoelektrik yo'l bilan qayd qilinadigan bo'lsa, okulyar kerak bo'lmay, fotoplastinka yoki elektrofotometrning kiritish diafragmasi bevosita teleskopning fokal tekisligida joylashtiriladi.

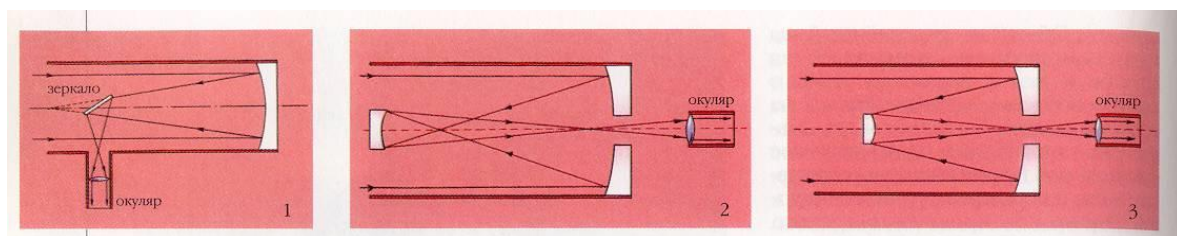
Birinchi refraktor rusumli teleskop astronomik maqsadlarda G.Galiley tomonidan 1610 yilda ishga tushirildi.Refraktorning ob'ektividan nur sinib o'tganligi tufayli, uning fokal tekisligida nuqtali ob'ektning tasviri nuqta o'rniga, rangli konsentrik

halqalar ko‘rinishida bo‘ladi. Bu hodisa *xromatik aberratsiya* deyilib, turli to‘lqin uzunlikdagi nurlar uchun, linza, turlicha nur sindirish koeffitsientiga ega ekanligidan sodir bo‘ladi. Bunday teleskoplarda xromatik aberratsiya, turli nur sindirish ko‘rsatgichiga ega bo‘lgan ikki xil shishadan tayyorlangan maxsus linza-ob‘ektiv – *axromat* yordamida ma‘lum darajada kamaytiriladi. Ma‘lum nurning srtdan qaytish qonunlari uning to‘lqin uzunligiga bog‘liq bo‘lmaydi. SHuning uchun ham xromatik aberratsiyani kamaytirish maqsadida linzali ob‘ektiv qaytaruvchi sferik ko‘zgu bilan almashtirildi. Sferik ko‘zguli birinchi teleskop–reflektor taniqli ingliz fizigi I.Nbyuton tomonidan ishga tushirildi.

Bu holdagi teleskoplarning ham o‘ziga yarasha kamchiligi bo‘lib, yoritgichdan sferik ko‘zguga parallel tushayotgan nurlar, odatda bir nuqtada (ob‘ektiv 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 edi, u holda sferik aberratsiya yo‘qolib, tasvir nuqtaviy ko‘rinish olar edi. SHuning uchun ayni zamonning teleskoplarining ob‘ektivlari paraboloidal formada yasaladi.

Reflektorning asosiy turlari

Reflektorlar, kuzatish maqsadlariga ko‘ra, bir necha turdagi sistemalarda ishlatilishi mumkin. Bevosita ob‘ektivining fokusida kuzatish mo‘ljallangan teleskop — *to‘g‘ri fokusli reflektor* deyiladi.



ik sistemalar. 1. Ньютон системаси. 2. Грегори системаси. 3. Кассегрен системаси.

Ob‘ektivining fokusidan oldin bosh optik o‘qqa burchak ostida qo‘yilgan yassi ko‘zgu yordamida fokusni trubadan yon tomonga, chiqarilgan teleskop *Nbyuton fokusli yoki sistemali reflektor* deyiladi (83 – rasm, 1). Bunday teleskop fokusidan keyin o‘rnatilgan botiq sferik ko‘zgu yordamida teleskop bosh ko‘zgusining (ob‘ektivining) markaziy teshigi orqali fokusi tashqariga chiqarilgan sistema-*Gregori sistemali reflektor* deyiladi (83 – rasm, 2). Va nihoyat, bosh ko‘zgu fokusidan oldin o‘rnatilgan qavariq ko‘zgu yordamida, sistema fokusi ob‘ektiv markazi teshigidan tashqariga chiqarilgan sistema-*Kossegren sistemali reflektor* deyiladi (83 – rasm, 3).

Garchi bunday sistemalarda nurning qo'shimcha ko'zgulardan qaytishi hisobiga anchayin nur yo'qolsada, teleskopning ba'zi predmetlarini (kattalashtirish, ajrata olish kuchi) maqsadga moslab o'zgartirilishi va qo'shimcha qayd qilgich asboblarni biriktirilishini 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 yoxud fotoelektrik qayd qilgichga tushayotgan nurni keskin chegaralaydi. SHuningdek, fotomateriallarning va fotoelektrik qayd qilgich asboblarning sezgirlik chegarasi, ko'znikiga nisbatan keng bo'lganidan ularda xromatik aberratsiyaning ta'siri ham katta bo'ladi. SHuning uchun ham astrofizik maqsaddagi kuzatishlarda refraktorlar o'rniga reflektor keng qo'llanadi.

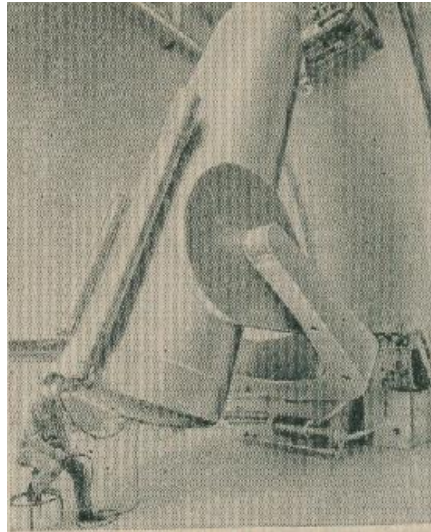
Astrometriyada, hozirga qadar ham refraktorlar qulay instrument hisoblanadi. Buning sababi, reflektorlarning uning aylanish o'qlari atrofida kichik miqdorga bo'lsada, burilishlarga juda sezgirigidandir. Agar reflektor ko'zgusiga tushayotgan nur ma'lum $\Delta\alpha$ burchakka og'sa, undan qaytayotgan nurning yo'nalishi $2\Delta\alpha$ burchakka og'adi va bu, fotoplastinkada ob'ekt 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, yoritgichlarning 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). SHuning uchun ham reflektorlar yordamida osmonning taxminan $5^\circ \times 5^\circ$ dan katta maydonini rasmga olish maqsadga muvofiq bo'lmaydi. Buning uchun maxsus ko'zguli-linzali teleskoplardan foydalanishga to'g'ri keladi.

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 (84–rasm). Bunday sistema, tasvirni sferik aberratsiya, koma va

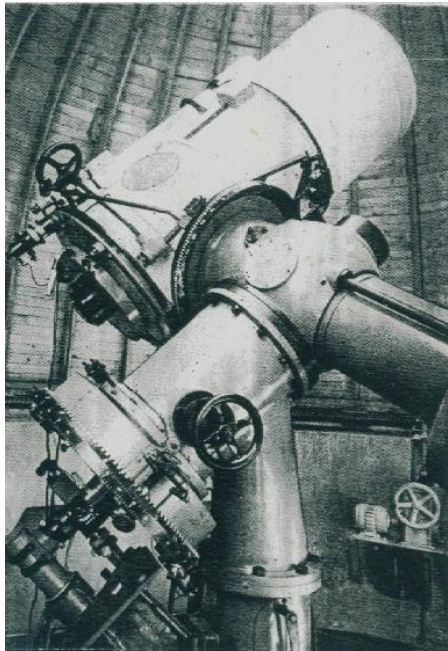
astigmatizmdan xoli bo'lishini ta'minlashi bilan muhim hisoblanadi. Odatda bunday sistemada buzilmagan (vinʼetirovaniesiz) katta ko'rish maydoniga erishish uchun plastinkaning diametri D_1 ni ko'zguning diametri D_2 nikidan kichik qilinib, teleskopning o'lchami $\frac{D_1}{D_2}$ nisbat ko'rinishida beriladi.



84–rasm. Palomar tog'ida (AQSH) o'rnatilgan 48 dyuymli SHmidt sistemasidagi teleskop.

Sobiq Ittifoqda SHmidt sistemasidagi birinchi teleskop Engelʼgardt (Estoniya) observatoriyasida 1938 yilda ishga tushirildi.

1. 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 bo'lib, optik kuchi taxminan nulgaga teng bo'lgan sferik linzali meniskdan (botiq ko'zgudan) tashkil topgan (85 –rasm). Bunday sistemada optik kamchiliklarning barcha turi (sferik va xromatik aberratsiya, koma, astigmatizm) yo'qotilganligi bilan boshqa sistemalardan afzal hisoblanadi.

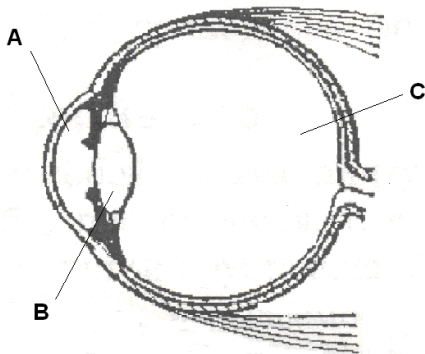


85–rasm. Maksutovning ko‘zguli–meniskli sistemasi.

Minskli reflektorlar, axromatik ob‘ektivlarga 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 xarajatligi 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 obsevatoriya-sida, keyinroq, undan kattarog‘i 70/100 sm lisi Abastuman observatoriya-sida ishga tushirildi. Kichik o‘lchamdagi meniskli teleskoplar ta‘lim maktablari uchun chiqariladi.

2.Ko'z-nurlanish qabul qilgich.



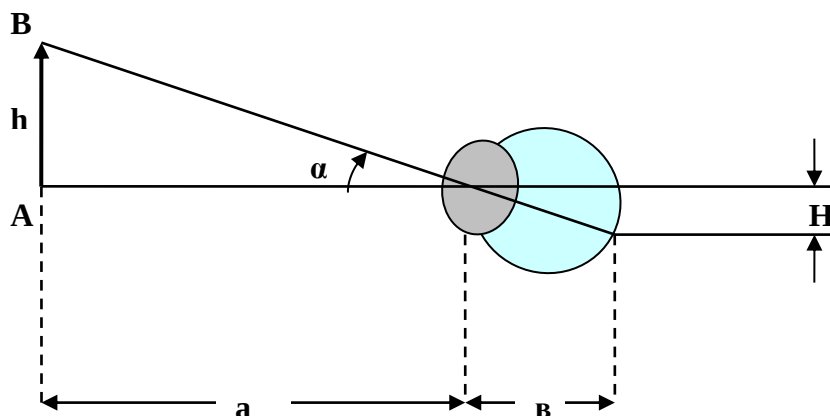
Кўз косасининг шартли чизмаси 1-расмда келтирилган. А- бўлимида сувсимон суюқлик билан, яъни оптик хоссаси сувга яқин бўлган суюқлик тўла. В- кўз гавҳари, унинг синдириш кўрсаткичи 1,4 дан бироз каттароқ. С-шишасимон жисм, унинг синдириш кўрсаткичи сув

Линзалардан фарқли бу системаларнинг фокус масофалари ўзгариб туради. Кўз мушакларининг таъсирида гавҳар сиртининг эгрилик радиуси ўзгаради. Буюм тасвири кўзнинг орқа томонида жойлашган тўр пардада ҳосил бўлади. Бу ерда ёруғлик энергияси одамнинг сезгир асаб системасига таъсир этиб миёда буюм тасвири ҳосил бўлади. С- шишасимон жисмнинг синдириш кўрсаткичи n га тенг бўлганда кўз учун фокус масофа ифодасини қуйидагича ёзиш мумкин.

$$\frac{n}{b} - \frac{1}{a} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

f - гавҳарнинг фокус масофаси. Кўз учун n ва b ўзгармас. Шу сабабли ҳар хил масофада a жойлашган буюм тасвири кўз тўрида ҳосил бўлиши учун f - гавҳар фокус масофаси ўзгариши керак. Унинг учун алоҳида асаблар гавҳарни деформациялаб, эгрилик радиусини ўзгартиради. Бундай ҳодисага кўзнинг аккомодацияси дейилади. Аккомодация туфайли буюм вазияти бирор масофадан чексизликкача ўзгариши мумкин. Жисм чексизликда жойлашган бўлса, унинг нормал кўздаги тасвири тўр пардада бўлади. Бу вақтда гавҳар чексизликка аккомодацияланади ва унинг оптик кучи минимал бўлади. Жисм кўзга яқинлашадиган бўлса, у ҳолда гавҳарнинг эгрилиги катталашади, жисм қанча яқин бўлса, унинг ўзгаришлари тахминан $60 \div 0$ дптр чегарасида бўлади.

Тўр пардадаги тасвирнинг катталиги фақат буюм катталигига боғлиқ бўлмай, унинг кўздан узоқлигига, яъни жисмнинг кўриниш бурчагига ҳам боғлиқ. Шунга кўра кўриш бурчаги тушунчаси киритилади. Бу буюмнинг четки нуқталаридан чиқиб мос тугун нуқталаридан ўтувчи орасидаги бурчакдир 2-расм.



2-расм

AB = h – буюм
баландлиги
a-буюмдан
кўзгача масофа в-
кўзгавҳаридан
тасвиргача
масофа
H-тасвир
бвландлиги
 α - кўриш бурчаги
Расмдан

кўринадик

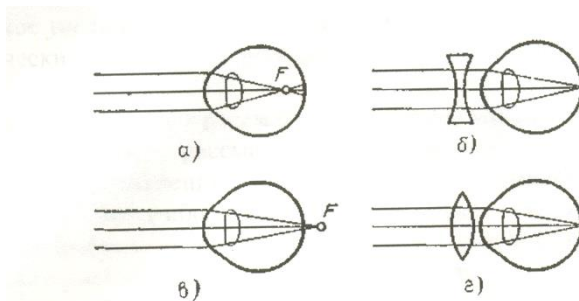
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{a} \quad (2).$$

Кўриш бурчаги кичик бўлганлиги учун (2) ифодани қуйидагича ёзамиз:

$$\alpha \approx \frac{h}{a} \quad (3).$$
 Кўзнинг ажрата олиш қобилиятини тасвирлаш учун энг кичик

кўриш бурчагидан фойдаланилади, бу бурчакда одам кўзи буюмнинг икки нуқтасини ҳам ажрата олиш қобилиятига эга бўлади. Бу бурчак тахминан $1'$ га тенг.

Бу энг яхши кўриш масофаси турган нуқталарнинг ораси 70 мкм. га тенг.



Кўзда учрайдиган нуқсонни йўқотиш мақсадида 3-расмда келтирилган линзалардан фойдаланилади.

3а - яқиндан кўриш, гавҳар фокуси F кўз косасининг ичкарасида. Уни бартараф қилишда

сочувчи линза қўлланилади, 3б - расмда.

3-расм

3в - узокдан кўриш нуқсони, уни бартараф

қилишда йиғивчи линзадан фойдаланилади, 3г - расмда.

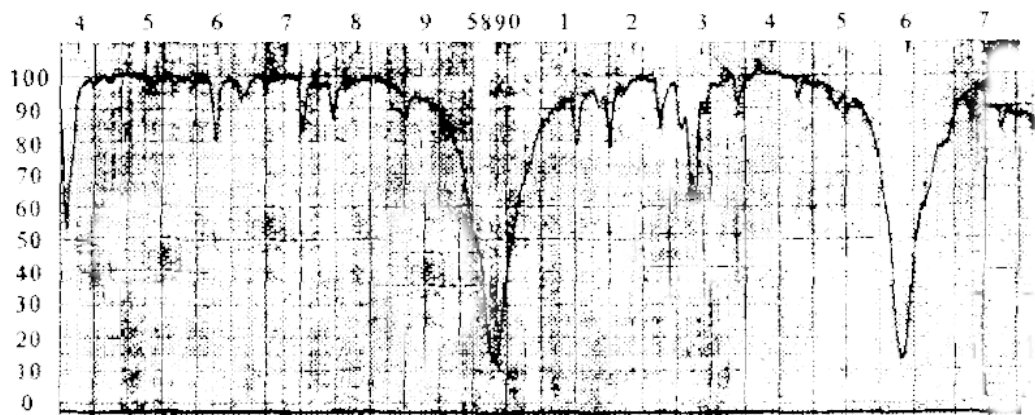
3. Nurlanishning fotoelektrik qabul qilgichlar. Spektral asbobl.

Osmon yoritqichlari spektrida intensivlikni (energiyani) to'liq uzunlik bo'yicha taqsimlanishini o'lchash va olingan natijalarga asoslanib yoritqichning fizik ko'rsatkichlarini aniqlash usullarini ishlab chiqish va astrofizik kuzatishlarga qo'llash masalalari bilan astrospektrofotometriya shug'ullanadi. Astrospektrofotometriya osmon yoritqichi spektrini fotometriyalash demakdir. Bunday masalalar yoritqich spektrining keng diapozonini egallagan tutash spektr yoki tor qismida joylashgan spektral cliiziqilaiga nisbatan qo'yilishi mumkin. Ikkala holda ham, fotometriyalash (spektrning yorug'ligini o'lchash) bir xil maqsadga qaratilgan: spektrda to'liq

uzunlik bo'yicha intensivlikni taqsimlanishini topishdan iborat. Spektral chiziqlarni fotometriyalash. odatda, tutash spektrga nisbatan bajarilsa, tutash spektrni fotometriyalash absolut energetik birliklarda yoki boshqa birorta spektrda energiyani taqsimlanishi ma'lum bo'lgan yoritqich yoki manbaga nisbatan bajarilishi mumkin.

Tutash spektrni fotometriyalash yoritqich spektrida energiyani to'liq uzunligi bo'yicha taqsimlanishini va unga asoslanib *taqsimot temperaturasi*ni topishga imkon bersa, spektral chiziqlarni fotometriyalash spektral *chiziqli profilini* topishga va unga asosan yulduz atmosferasida atomlarning uyg'unlash va ionlanish temperaturasi, chiziqni hosil qilishda ishtirok etgan atomlar miqdorini (yulduz atmosferasining kimyoviy tarkibi), modda zichligini topishga imkon beradi. Bu astrospektrofotometrik masalalar an'ana bo'yicha, dastavval, faqat fotografik usul bilan bajarilgan, keyinchalik fotoelektrik usul ham qo'llanila boshlangan. Hozirgi zamonda fotoelektrik spektrofotometriya asosiy usulga aylangan.

Fotografik spektrofotometriya. Astronomik kuzatishlardan yulduzning spektrogrammasi olinadi. Spektral chiziqlarni fotometriyalash uchun spektr tushirilgan fotoplastinka kalibrovka qilinishi kerak. Buning uchun spektrogrammaning xarakteristik egri chiziq (XECh) tuziladi. Spektrogrammaning XECh unga bog'onali xiralatkich orqali olingan yoritqich spektrlariga asosan tuziladi. Xiralatkich spektrlarida, chiziqli yaqinidagi tutash spektrning qorayish zichliklari (D) o'lchanadi. Absissa o'qi bo'ylab xiralatkich bog'onalarining o'tkazish koefitsientlari (ular intensivlikka proporsional bo'ladi va odatda, o'nli logarifmlarda beriladi. $\lg(i)$ har bir bog'onali xiralatkichning texnik pasportida keltiriladi) o'rdmata o'qi bo'yicha esa ularga mos keladigan, spektrogrammada o'lchangan bog'onalarining qorayish zichliklari $D_n = \lg \frac{i_n - i_0}{i_q - i_0}$ qo'yiladi. Bu yerda, i_n , i_q , i_0 — mikrofotometr galvanometrining ko'rsatishi, fototok kuchi; i_n — n -chi bog'onada, i_q — qorongilik va i_0 — negativning toza joyida.



3.7-rasm. Quyosh spektrining fotometrik atlasini (M. Minnart) dan olingan natriy qo'shaloq sariq chiziqlari bor parcha.

Spektral chiziqlarning yon tomonlari keskin emas, balki silliq bo'ladi. Bu atomning energetik sathlari aniq keskin emasligini (Geyzenberg noaniqligi) ko'rsatadi. Chiziq o'zining ikkala tomonida intensivlik undan uzoqlashgan sari avval, keskin keyin esa, asta-sekin o'zgarib («qanotlarda») boradi. Spektral chiziq ichida, tor to'lqin uzunliklar oralig'ida ($\Delta\lambda=\lambda-\lambda_0$), intensivlik katta miqdorlarda o'zgaradi. Sliuning uchun fotografik fotometrik o'lchashlarda bitta chiziq uchun bitta XECh kerak bo'ladi.

Spektral chiziqlarning profili va kengligi yulduz atmosferasining fizik holati va kimyoviy tarkibi to'g'risida muhim bilimlar beradi. Biroq, u qator xatoliklarga ega bo'lishi mumkin va haqiqiy bilimlar olish uchun bu xatoliklar hisobga olinishi kerak. Ularning eng asosiylari: 1) spektrograf ichida va priyomnikda sochilgan yomg'lik, u chiziqlarning chuqurligini o'zgartiradi; 2) spektrografning asbobiy profili tufayli o'zgarishi bilan bog'liq xatolik. Agar spektrografning asbobiy profili chiziqlikdan keng bo'lsa, chiziq profili aslida asbobiy profilni o'zginasi bo'ladi. Bu xatolik ekvivalent kenglikni aniqlashga kam xato beradi; 3) chiziq ichida va yon tomonlarida tutash spektr sathini o'tkazishda qo'yilgan xatoliklar. Bu xatolar chiziqlarning ekvivalent kengligini aniqlashga katta ta'sir ko'rsatadi;

M. Minnart (1893-1970) boshliq gollandiyalik olimlar fotografik spektrofotometriya usuli bilan Quyosh spektrining fotometrik atlasini tuzishgan. Bu

atlasda tutash spektr birliklarida 20 mingdan ortiq chiziqlarni ko'rish va profilini tekshirish mumkin. Bu chiziqlar orasida ekvivalent kengligi bir necha milli angstryomdan bir necha angstryomgacha (masalan, ultrabinafshadagi kalsiy ionining rezonans chiziqlari) bo'lgan chiziqlar bor. Quyosh spektridagi chiziqlarning bir qistni Yer atmosferasida hosil bo'lgan va ular tellurik chiziqlar deb ataladi. Masalan, spektrning yaqin infraqizil qismida (700-800 nm) suv molekulalari (H_2O) ga tegishli chiziqlar ketma-ketligi bor. Bu chiziqlar keskin chegaraga, bir necha A^0 ekvivalent kenglikka va bir birlik, ya'ni maksimal chuqurlikka ega. Birbirlik chuqurlikka nol nisbiy intensivlik to'g'ri keladi. Demak, bu tellurik chiziqlar ichida Quyosh nuri Yer atmosferasida to'la yutiladi va undan butunlay o'tmaydi. Ulami, spektrning qizil qismidagi vodorodning H_α ($\lambda=656,3$ nm) chizig'i bilan solishtirish talab qilinadi.

Vodorodning H_α chizig'ining ekvivalent kengligi ham $4 A^0$ ga, biroq chuqurligi 0,84 ga teng. Quyosh gardishi cheti tomon bu chiziqning chuqurligi kamayib boradi (gardish cheti yaqinida u 0,77 ga teng). Demak, vodorod chizig'i markazida Quyosh nurlanish sochadi va bu nurlanish Quyoshning atmosferasidan chiqadi. Chunki, atmosferaning qarash chizig'ida yotgan qalinligi gardish cheti tomon ortib boradi va shuning uchun Quyoshdan vodorod chizigi nurida chiqayotgan nurlanish intensivligi gardish cheti tomon ortib boradi.

Quyosh spektridagi vodorod atomi chizig'i (H_β) keng qanotlarga ega. Yuqorida tilga ohngan tellurik chiziqlar deyarli qanotga ega emas. Ma'lumki, qanotlar atom to'qnashishlari natijasida hosil bo'ladi (lorentscha profil, 1.2.3-rasmni chap tomondagisi). Quyosh atmosferasida temperatura yuqori (6-10 ming gradus), Yer atmosferasida esa, balandlik bo'yicha plus 20 dan minus 50 gradusgacha pasayib boradi. Atomlarning xaotik (betartib) tezligi temperaturaga bog'liq, temperatura qancha yuqori bo'lsa, bunday tezlik shuncha katta bo'ladi. Birinchidan, tez atomlarda yutilgan va chiqarilgan foton chastotasi qo'zg'almas atomnikidan farq qiladi (Dopler

effekti). Ikkinchidan. tez atomni boshqa shunday atomlar bilan to'qnashishi tez-tez ro'y berib turadi va to'qnashish paytida atomlar energiya almashishadi: birining energiyasi biroz oshsa. ikkinchisining shunchaga kamayadi. Agar to'qnashish paytida atom energiya yutsa (chiqarsa), bu yutilgan (chiqarilgan) energiya endi chiziqli markaziga emas, balki uning qanotlariga to'g'ri keladi (Lorentzning profil). Shuning uchun Quyoshning spektral chiziqlari tellurik chiziqlarga nisbatan keng qanotlarga ega bo'ladi.

Biroq fotograflik spektrofotometriyaning xatosi katta, 10% atrofida bo'ladi. Bu jihatdan fotoelektrik spektrofotometriya yuqori turadi.

Fotoelektrik spektrofotometriya. Spektrofotometrik o'lchashlar elektrofotometr yordamida bajarilganda yuqori aniqlikdagi ma'lumotlar olinadi. Elektrospektrofotometr kirish va chiqish tirqishlarga ega spektrografdin va chiqish tirqishi orqasiga o'rnatiladigan nasektiv elektrofotometrdin (bolometr yoki radiometr) tashkil topadi. Chiqish tirqishini dispersiya yo'nalishida bir tekis yuritib borish yoki spektrni qo'zg'almas chiqish tirqishi oldida shunday tarzda siljitish (difraksiya panjarani shtrixlariga parallel o'q atrofida aylantirish) yo'li bilan yoritqichning spektri qog'oz yoki magnit tasмага yozib olinadi. Bunday yozuvlarda tutasli spektr keng spektral diapozon (200 nm) da to'lqin uzunligi (λ) bo'yicha intensivligi asta-sekin o'zgarib boruvchi egri chiziqli sifatida. spektral chiziqlar esa tutashli spektr egriqidagi ma'lum tor diapozonlar ($0,1-1\text{ nm}$) da intensivlikni keskin tushishi sifatida namoyon bo'ladi. Spektrofotometrda hosil bo'lgan fototok bilan chiqish tirqishidan o'tayotgan monoxromatik oqim orasida chiziqli bog'lanish mavjud va 11 maxsus tekshirishlar natijasida topiladi va nazorat qilib boriladi. Shuning uchun elektrospektrofotometrning shkalasi va unda olingan spektrning bunday yozuvi, odatda, energetik $\text{vatt/Hz}\cdot\text{sm}^2\cdot\text{str}$ birliklarda ifodalanadi. Magnit lentaga yozib olingan spektrning yozuvi analog (fototok) — raqam almashtirgich (ATsP — *analog* sifra almashtirgich) yordamida raqamlar ketma-ketligi sifatida komp'yuterga yozib olinadi. Komp'yuter dasturi yordamida bu yozuvdan spektral chiziqlarning profili

tutash spektr sathiga nisbatan osonlikcha topiladi. Yulduzlarning spektrofotometrik atlaslarida har bir λ da yulduz spektrining intensivligi shu joy (λ) ga to'g'ri keladigan tutash spektr intensivligi birliklarida ifodalanadi, ya'ni normalashtiriladi (mas. Minnart atlas (3.7-rasm atlasning kichik bir qismi) Quyoshning shunday spektridir). Bunday atlaslarda, yuqorida ko'rilgan Quyoshning fotometrik atlasiga singari, tutash spektr sathi bir birlikka teng bo'lib, spektral chiziqlar tutash spektr sathida nisbiy intensivlikni pasayishi sifatida *namoyon* bo'adi. Yulduz spektri atlaslari, spektral chiziqlarini o'lchashda va yulduz atmosferasining fizik holati va kimyoviy tarkibini o'rganishda qo'llaniladi.

Yulduz spektrini elektrofotometr yordamida yozib olish Gettsburg (AQSh) universiteti olimlari tomonidan komp'yuter dasturiy mahsulot sifatida CLEA (Contemporai Laboratory Exercise on Astronomi) va VIREO (VIRtual Educational Observatoty) nomli dasturlarda keltirilgan. Bu dasturiy mahsulotlar www.gettsburg.edu/ CLEA web sahifadan olinishi mumkin. Agar VIREO komp'yuterga instolyatsiya qilinsa uirda IO ga yaqin laboratoriya ishlari qatori "Stellar spectral classification" nomli laboratoriya ishi bor. Bu ishda bir necha ming yulduzning spektrini olish mumkin.

Tutash spektrda intensivlikni to'liq uzunlik λ bo'yicha asta-sekin o'zgarishi yoritqich spektrida energiyani taqsimlanishini tasvirlaydi. Shuning uchun elektrospektrofotometr yordamida olingan bunday yozuvlar temperaturaning har xil qiymatlari uchun hisoblangan taqsimotlar bilan solishtirishi mumkin va bunday solishtirishlar natijasida taqsimot temperaturasi topiladi.

Agar spektrofotometrik o'lchashlarda selektiv elektrofotometr qo'llanilgan bo'lsa, fotokatodning spektral sezgirliги hisobga olinishi kerak. Bunday spektrofotometrning ko'rsatishlari (s_A) spektrofotometrning spektral sezgirligiga bo'linishi kerak. Bunday o'lchash natijalari Yer atmosferasida nurlanishning yutilishiga tuzatilishi kerak.

Yuqorida keltirilganlardan ko'rinib turibdiki, fotoelektrik spektrofotometriyada spektr bevosita yozib olinadi. Fotograflk fotometriyada esa bu ish, avval spektrni

fotoplastinkaga tushirishni, keyin spektrogrammani mikrofotometrda olchashni ko'zda tutadi. Fotografik spektrofotometriyani Quyoshga nisbatan qo'31ash mumkin. Yulduzlarning yorug'ligi kuchsiz, spektri esa yana bir necha marta kuchsizlanadi. Shuning uchun fotoelektrik spektrofotometriya yulduzlar spektrini fotometriyalashda yaxshi samara beradi.

Yulduz elektrospektrofotometriyasi. Ma'lumki, Yer atmosferasining notinchligi tufayli yulduz tasviri miltillab va tebranib turadi. Bu, ayniqsa, spektmi bevosita yozib olishda. spektrografning kirish (shuningdek. chiqish) tirqishida noxush holga olib keladi. Tasvimi miltillashi va tebranishi elektrofotometr signalini katta amplituda (spektral chiziqli chuqurligi darajasigacha) bilan sakrashlariga sabab bo ladi. Bu spektral tekshirishlar aniqligini tushirib yuboradi. Yulduz elektrospektrofotometri ana shu noxushlikni kamaytirishga mo'ljallangan. U ikki tarmoqli (ikkita FEK dan iborat)) bo'lib, tarmoqlarning biriga yulduz spektming tekshirilayotgan qismi ikkinchisiga esa boshqa bir oldindan tanlangan tayanch qismi (masalan difraksion spektrografda nolinchi tartib) tushiriladi va tarmoqlarda signallarining ayirmasi qayd qilinadi. Ayirma signal (fototok) ni amplitudasi juda kam va spektrdan olingan yozuv yuqori sifatli bo'ladi. .[8]Yulduz spektri chiqish tirqishi oldida dispersiya yo'nalishida bir tekis siljitib boriladi va ayirma signal o'zi yozib oluvchi asbob yordamida qog'oz yoki magnit tasmaga yozib olinadi. Bunday yozuvlarning xatosi 1-2% dan oshmaydi. Agar elektrospektrofotometrning ko'rsatishi kolibrovka qilingan, ya'ni uni ko'rsatishi oqim quvvati ziciligi birliklarida bo'lsa, bunday asbob yordamida olingan yozuv yulduzning qora, yutilish chiziqlari bilan kesilgan, tutash spektrida intensivlikni (energiyani) to'lqin uzunligi (λ) bo'yicha taqsimlanishini tasvirlaydi. Bu taqsimot absolut qora jism spektridagi taqsimot bilan solishtiriladi, natijada yulduzning rang yoki taqsimot temperaturasi topiladi.

4.Radioastronomik usullaridan astrofizik kuzatuvlarda foydalanish.

Radioteleskoplar. XX asrning 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 (5-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), antenaning aniq parabolik

sirtidan chetlashishi, λ to'lqin uzunligida ishlayotgan radioteleskop uchun A/λ dan katta bo'lmasligi lozim. Masalan, 1 metrli diapazonda ishlaydigan teleskoplar antenasining eslatilgan chetlanishi 12,5 santimetrgacha borishi ruxsat 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.

Teleskoplarning o'rnatilishi (montirovkasi). Ma'lum tanlangan obyektga teleskoplarni yo'naltirish, sutkali harakatdagi bu obyektни kuzatish va rasmga olish murakkab texnik vazifalardah 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.

Nazorat uchun savollar

1. Teleskoplar va ularning turlari, tamoyillari. Kosmik teleskoplar.
2. Ko'z-nurlanish qabul qilgich.
3. Nurlanishning fotoelektrik qabul qilgichlar. Spektral asboblari.
4. Radioastronomik usullaridan astrofizik kuzatuvlarda foydalanish.

Quyosh fizikasi asoslari

Reja:

1. Quyosh to'g'risida umumiy tushuncha.
2. Quyoshning spektr va kimyoviy tarkibi. Quyosh doimiysi.
3. Ichki tuzilishi va atmosferasi. Fotosfera. Xromosfera va toj.
4. Quyoshdagi magnit maydonlar. Quyosh aktivligi sikli. Quyosh faoligini davriy o'zgarishi.
5. Quyoshning radionurlanishi. Quyosh shamoli.

1. Quyosh to'g'risida umumiy tushuncha.

Quyosh - bizga juda yaqin bo'lgani sababli, xususiyatlari, boshqa yulduzlarga qaraganda, batafsil va yaxshiroq o'rganilgan tipik yulduzdir. Bu bobda biz Quyoshga tegishli ma'lumotlarni nafakat qarab chiqamiz, shu bilan birga umuman yulduzlarga xos bo'lgan ma'lumotlarini o'rganib chiqamiz. Bu keyinchalik yulduzlarning fizikasini o'rganishda juda az qotadi.

Quyosh bizga aniq qirrali doira bo'lib ko'rinadi. Uning o'rtacha ko'rinma diametri 32', chiziqli radiusi $R = 696000 \text{ km}$, hajmi $V = 1,41 \cdot 10^{33} \text{ sm}^3$, massasi $M = 1,99 \cdot 10^{33} \text{ gr}$, o'rtacha zichligi $\rho = 1,41 \text{ gr/sm}^3$, tortish kuchi tezlanishi $g = 274 \text{ sm/sek}^2$. Markazidagi temperatura $T = 1,5 \cdot 10^7 \text{ K}$, sirtida esa o'rtacha $T = 6000 \text{ K}$.

Quyoshning muhim kattaliklaridan biri - uning nurlanishining aniq qiymatidir. Nurlanish oqimini odatda Quyosh doimiyligi bilan ifodalashadi. Bu kattalik yerdan o'rtacha masofadagi 1 sm^2 yuzadan 1 minut davomida perpendekulyar holatda o'tadigan nurlanishning to'liq energiya qiymatiga tengdir. Bu qiymat katta aniqlikda ma'lum:

$$Q = 1.95 \text{ kal/sm}^2\text{min} = 1,36 \cdot 10^6 \text{ erg/sm}^2\text{sek} = 1360 \text{ vt/m}^2.$$

Bu qiymatni radiusi 1 a.b.ga teng sferaning yuzasiga ko'paytirsak Quyoshning to'liq yorig'ligini topamiz - $3,8 \cdot 10^{33} \text{ ergG`sek}$. Quyoshning 1 sm^2 yuzasi $6,28 \cdot 10^{10} \text{ erg/sm}^2\text{*sek}$ energiyani nurlaydi.

2. Quyoshning spektr va kimyoviy tarkibi. Quyosh doimiysi.

Quyosh haroratini aniqlashda har xil usullar farqlicha qiymatlarni berishadi. Buni umumiydushgan holda quydagi jadvalda ko`rish mumkin:

Jadval 1. Haroratni har xil usullar bilan aniqlash natijalari		
Usul	Natija	Parametrning nomi
Nurlanish maksimumi bo'yicha (Vin qonuni)	6750°	-
Nurlanishning oqimi bo'yicha (Stefan – Boltsman qonuni)	5770°	Effektiv harorat
Monoxrematik nurlanishning maksimumi bo'yicha (Plan formulasi):		Yorqinlik harorati
$\lambda=1000 \text{ \AA}$	4500°	
$\lambda=2500 \text{ \AA}$	5000°	
$\lambda=5500 \text{ \AA}$	6400°	
$\lambda=1 \text{ m}$	1000000°	
Intervaldagi nurlanish taqsimoti bo'yicha		Rangli harorat
$\lambda \lambda 4700\text{-}5400 \text{ \AA}$	6500°	
$\lambda \lambda 4300\text{-}4700 \text{ \AA}$	8000°	

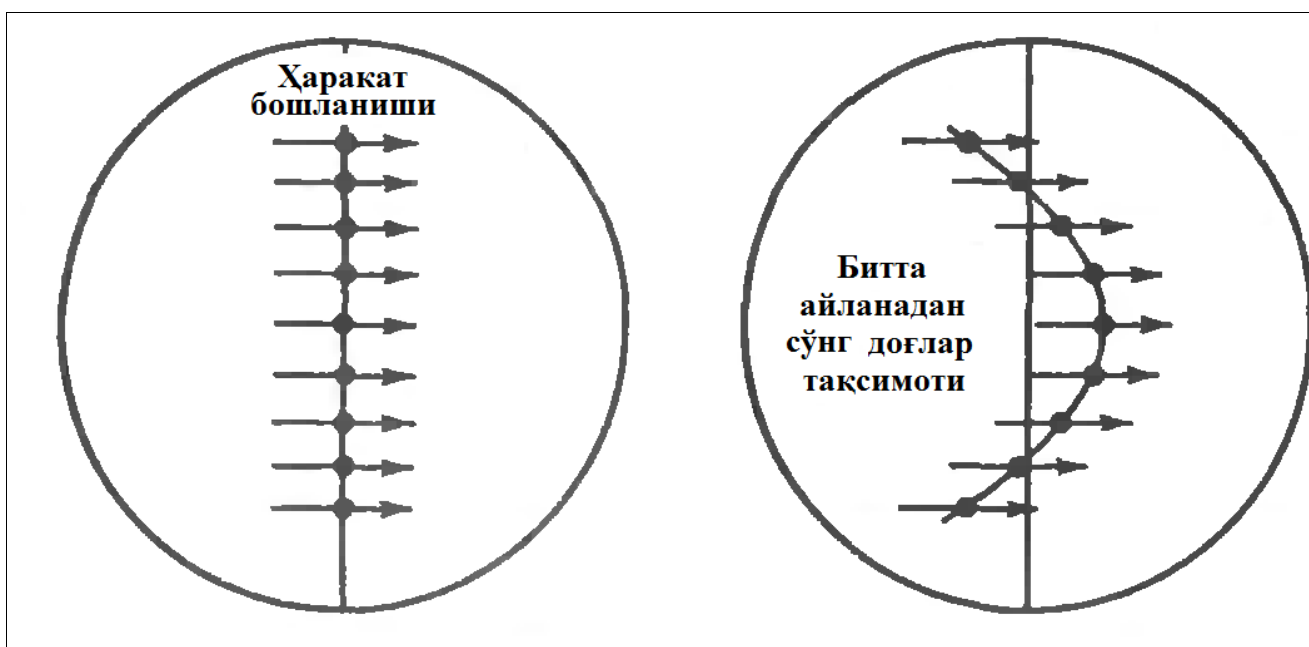
Bu natijalardan quyidagi xulosalar qilish mumkin:

1. Quyoshning nurlanishi absolyut qora jismning nurlanishidan farq qiladi. Bo`lmasam hamma haroratlar bir hil bo`lar edi.
2. Quyosh moddasining harorati chuqurlikga bog`liq. Radio, ultrabinafsha, optik nurlanishlar chuqurlik bo'yicha o`zgaradi.
3. Quyosh moddasining katta qismi yuqori ionlashgan bo`ladi.  $T=6000^\circ$  da metallar ionlashadi,  $15000^\circ$  da eng ko`p bo`lgan vodorod. Demak quyoshning fizik holati plazmadir.

Plazma - materiyaning to`rtinchi holati hisolanib, undagi temperatura shu darajada yuqoriki, moda to`la ionlashgan bo`ladi. Ushbu sharsimon plazma aylanish o`qiga ega bo`lib, unig ekvator qismidagi moddaning burchakli aylanishi eng yuqori. Bunaqa aylanish – **differentzial aylanish** deyiladi. Quyosh sitridagi dog`lar harakatini

o`rganish yordamida uning shu aylanish tezligi topilgan. Xususan, bir marta to`la aylanib chiqish qiymati ekvatorida 25 sutkaga teng. Uning qutbi yaqinida esa 30 sutkadir. Umumiy xolda quyoshning o`rtacha burchak tezligi  $\omega = 14^{\circ},4 - 2^{\circ},7 \sin B$  Bu erda  $B$ - geliografik kenglik. Yerning Quyosh atrofida harakati tufayli uning aylanishi Erdagilar uchun biroz sekinroq bo`lib tuyiladi, aniqrog`i ekvatoridagi aylanish davri 27 sutkaga, qutbda esa 32 sutkaga teng.

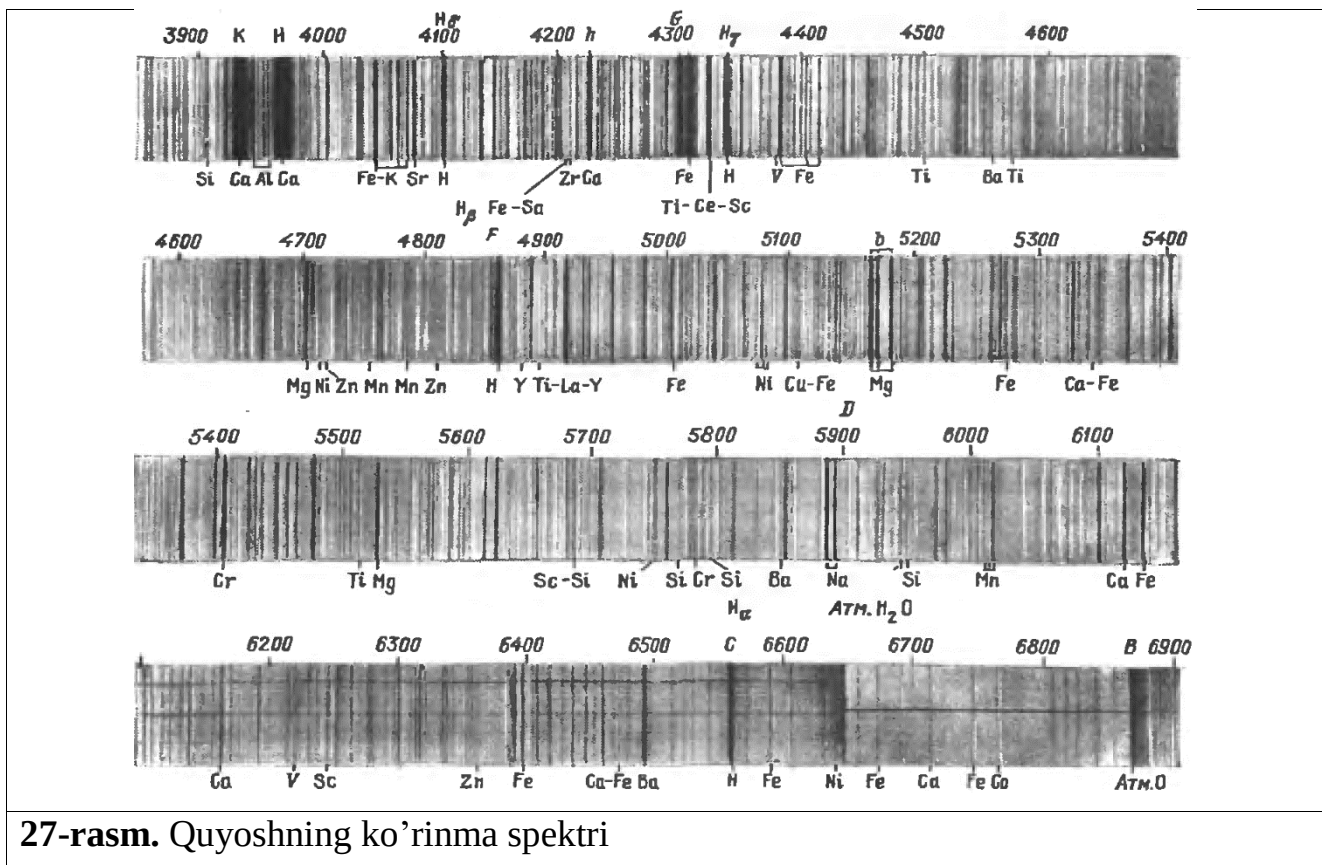
Differentsial aylanish tufayli geliografik meridiani faqatgina $V = \pm 16^{\circ}$ geliografik kenglik bilan bog`langan. Shu kenglik uchun Quyosh sirtining siderik aylanish davri 25,38 sutkaga va sinodik davri 27,28 suekaga tengdir. 26-rasmda quyosh sirtidagi boshlang`ich paytida va bir aylanadan so`ng dog`larning nisbiy joylanishi ko`rsatilgan.



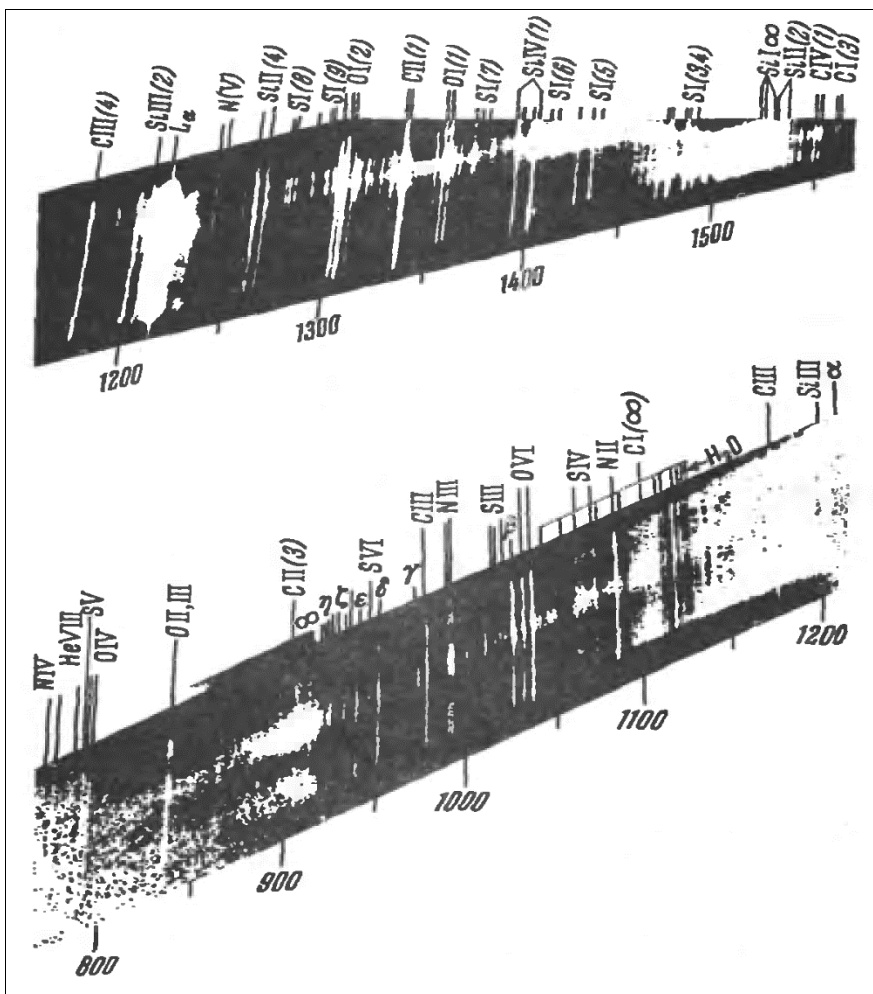
26-rasm. Quyosh aylanishining chizmasi. Chapda - markaziy meridian bo`ylab joylashgan dog`lar; o`ngda - ularning Quyoshning bir aylanadan so`ng joylanishi.

Quyosh markazidagi ulkan haroratning faqat bitta manbasi bo`lishi mumkin - termoyadro reaksiyalaridir. Bunda vodorod moddasi yonib kimyoviy reaksiyalar natijasida og`ir elementlar hosil bo`ladi. Quyoshning kimyoviy tarkibini o`rganishda uning spektri yordam beradi. Ko`rinma diapazonda quyoshning nurlanishi uzliksiz spektriga ega. Uning fonida Fraunhofer nomli chiziqlar - bir necha o`n ming qora yutilish chiziqlari ko`rinadi. Uzliksiz spektrning maksimumi 4300-5000 Å to`lqin uzunliklaridga to`g`ri keladi (spektrning ko`k-yashil qismi) va ikala tomonga hiralashib boradi. Ushbu spektr qisqa va uzun to`lqinli tomonlarga tarqalib boradi (27-

rasm). 2000 Å toʻlqin uzunligida quyosh spektrining koʻrinishi optik diapazondagiga juda oʻhshaydi. Ammo yanayam qisqa toʻlqin uzunliklarida spektr keskin oʻzgaradi, yaʼni uzliksiz spektrning intensivligi susayib, Fraungofer chiziqlari yorqin nurlanish (emission) chiziqlari bilan almashadi (28-rasm).



27-rasm. Quyoshning koʻrinma spektri



28-rasm. Quyoshning uzoq ultrabinafsha sohasi

Spektrning infraqizil tomoni 1500 Å gacha Er atmosferasi tomonidan qisman yutiladi. Bu erda suv bo'g'i, kislorod va uglerod molekulalarining polosalari ko'rinadi. Undan kattaroq to'liq uzunliklari Yer atmosferasida mutloq yutiladi va Quyosh spektrini faqatgina atmosferadan tashqari kuzatuvlardan olsa bo'ladi. quyoshning radionurlanishi ham qiziq. To'liq uzunligi oshishi bilan intensivligi kamayishi 106 gradusli absolyut qora jismning nurlanishiga o'hsheydi. Bundan tashqari, to'liq uzunligi oshishi bilan quyoshning radionurlanishi o'zgruvchanlikga ega bo'ladi. Bu bilan u optik diapazondan keskin faq qiladi.

Quyosh spektrining muhim jihatlaridan biri - 1600 Å dan to infraqizil sohasigacha Fraungofer yutilish chiziqlari mavjudligi. Bu chiziqlar siyrak gazning nkrlanish chiziqlariga ustma-ust tushishadi. Demak, bu chiziqlar quyosh atmosferasining yuqori, demak sovuqroq qismlarida vujudga kelishadi.

Ularning intensivligi bo'yicha quyosh atmosferasining holatini o'rganishimiz mumkin. Quyosh spektrining eng kuchli chizig'i - vodorodning rezonans $L\alpha$ chizig'i (Layman-alfa). To'liq uzunligi 1216 Å (ultrabinafsha sohasi 28-rasm). Ko'rinma diapazonda eng yorqin chiziqlar - ionlashgan kaltsiyning N va K rezonans chiziqlari. Ulardan keyin intensivlik bo'yicha vodorodning Balmer seriyasi chiziqlari - $H\alpha$, $H\beta$,

H_γ, natriyning rezonans chiziqlari - D₁ va D₂, magniy, temir, titan va boshqa kimyoviy moddalarning chiziqlari ko`rinadi (28-rasm). Bu chiziqlarning mavjudligi ularga to`g`ri keladigan kimyoviy moddalarning quyoshning tarkibida borligini tasdiqlaydi. Natijalarga ko`ra quyoshning moddasi boshqa kosmik jismlarga o`xshash (sayyoralardan tashqari) kimyoviy tarkibga ega.

Moddalardan eng ko`pi bu vodorod. Atomlar soni bo`yicha u boshqalardan 10 marta ko`p va Quyosh massasining 70% tashkid etadi. Undan keyin neliy keladi - quyosh massasining 29%. qolgan elementlar 1% tashkil etishadi. Masalan metall atomlarining soni vodorod atomlaridan 10000 kam.

Quyosh doimiysi

Quyosh nurlanishi quvvatini, Quyosh doimiysi deb yuritish qabul qilingan. Quyosh doimiysi deb, bir minut davomida, Quyoshdan Yergacha bo`lgan o`rtacha masofada (Yer atmosferasidan tashqarida) Quyoshdan kelayotgan nurlanish yo`nalishiga tik yotgan 1 sm<sup>2</sup> yuzasidan o`tayotgan Quyosh energiyasining to`la miqdoriga aytiladi.

3.Ichki tuzilishi va atmosferasi. Fotosfera. Xromosfera va toj.

Chuqurlik bo`ylab Quyosh haroratining oshishi bilan uning boshqa fizik xarakteristikalarini (bosim, zichlik, massa va h.z.) ham o`zgarib boradi. Quyoshning har bir ichki nuqtasida gidrostatik muvozanat holati saqlanishi lozim. Bu degani, elementar qatlamga tasr etayotgan bosim gravitatsion tortish kuchi bilan tenglashishi kerak.

$$P_1 - P_2 = \Delta P = \rho g H (1)$$

Bu erda ρ - qatlamning o`rtacha zichligi, H - qalinligi, g - tortish kuchi tezlanishi.

Quyoshning fizik holatlari bo`yicha uning ichki qismlarini bir necha sohalarga bo`lishimiz mumkin (31 va 32-rasmlarda Quyosh zonalarining sxemasi berilgan):

1. Energiya chiqarish (termoyadro) zonasi
2. Qayta nurlanish zonasi
3. Konvektiv zonasi
4. Fotosfera
5. Xromosfera
6. Toj

Quyidagi jadvalda ularning fizik xarakteristikalarini berilgan:

Jadval 2. 2000 yil natijalarga asoslangan Quyosh ichki tuzilishining modeli

Markazdan masofa, $R/R_{\odot}$	Harorat T, K	Bosim P , Па	Zichlik ρ , гp/cm^3
Termoyadro zonasi			
0	$1,55 \cdot 10^7$	$2,3 \cdot 10^{16}$	149
0,1	$1,31 \cdot 10^7$	$1,3 \cdot 10^{16}$	87,4
0,2	$9,42 \cdot 10^6$	$4,4 \cdot 10^{15}$	35,3
Qayta nurlash zonasi			
0,3	$6,81 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^{15}$	12,1
0,4	$5,14 \cdot 10^6$	$2,7 \cdot 10^{14}$	3,94
0,5	$3,98 \cdot 10^6$	$7,0 \cdot 10^{13}$	1,32
0,6	$3,13 \cdot 10^6$	$2,1 \cdot 10^{13}$	0,50
Konvektiv zona			
0,7	$2,34 \cdot 10^6$	$6,4 \cdot 10^{12}$	0,20
0,8	$1,38 \cdot 10^6$	$1,6 \cdot 10^{12}$	0,09
0,9	$6,02 \cdot 10^5$	$2,0 \cdot 10^{11}$	0,02
0,98	$9,96 \cdot 10^4$	$1,7 \cdot 10^9$	0,001
Fotosfera			
1,00	$4,56 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^4$	$0,74 \cdot 10^{-7}$

Bu jadvalni boshqacha Quyoshning modeli deb aytsa bo`ladi. Jadvaldan ko`rinib turibdiki Quyoshning markazida xarorat 10^6 darajadan katta, bosim esa bir necha yuz milliard atmosfera. Bu sharoitlarda atomlar juda katta, sekundiga bir necha yuz kilometr tezliklar bilan xarkatlanishadi. Katta zichlik tufayli atomlararo to`qnashishlar uzliksiz sodir bo`lib turadi. Bu to`qnashishlar tufayli yadro reaksiyalari yuzaga keladi.

Quyoshda termoyadroreaktsiyalarini ikki turi rol o`ynaydi. Birinchisi - **proton-proton** reaksiyalari. Bu reaksiya natijasida vodorodning 4 atomidan 1 geliyning atomi hosil bo`ladi. Oraliq reaksiyalarda og`ir vodorod (deyteriy) atomi va geoiyning izotopi vujudga keladi. Ikkinchisi - **uglerodli sikl**. Bu erda ham 4 protondan 1 geliy atomi xosil bo`ladi. Ammo jarayon murakkabroq va bu erda uglerod katalizator roliga ishtirok etadi. Ikkala reaksiyalarda eng muhim bu **massa defekti**, ya'ni geliyning 1 atomi massasi vodorodning 4 atomidan tahminan 1%ga kam. Mana shu massalarning ayirmasi Quyoshda ulgan energiyaning hosil bo`lishiga sababi bo`ladi.

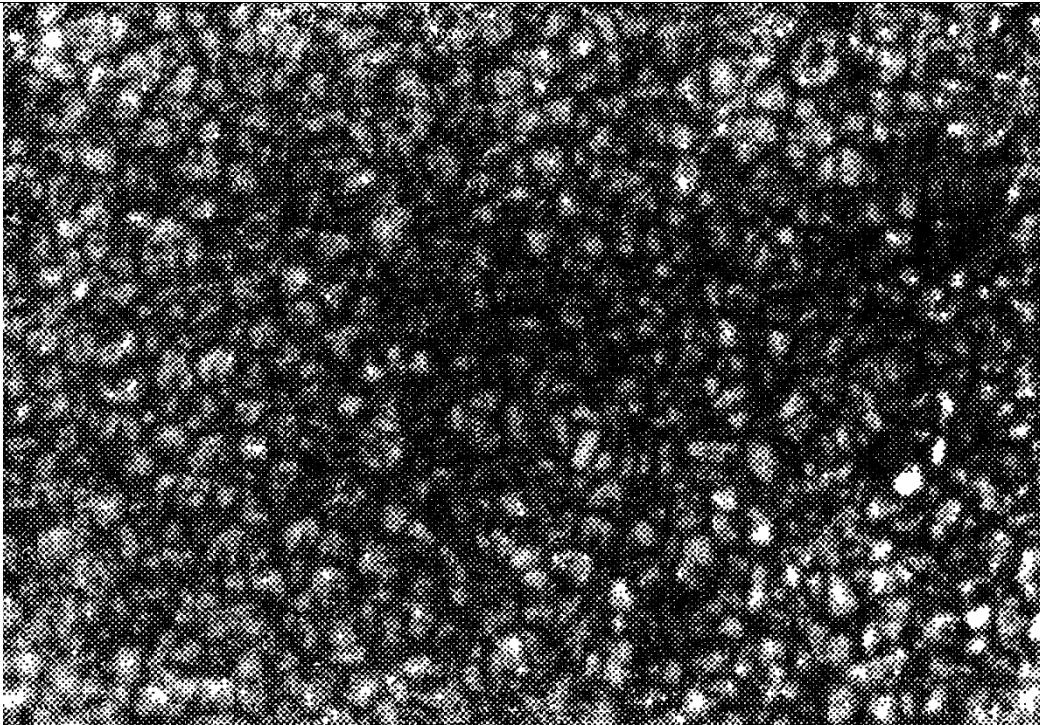
Quyoshning markazida harorat va bosim eng yuqori bo`lgani uchun u erda termoyadro reaksiyalari juda intensiv kechadi. Reaksiyalarning ikkala turi bir hil

ravishda kechadi. Markazdan uzoqlashgan sari harorat va bosim kamayadi, uglerodli sikl ishdan chiqadi va 0,2-0,3 radiusgacha faqat proton-proton reaksiyalari rol o`ynaydi.

Masofa 0,3 radiusdan boshlab harorat 5 million gradusdan, bosim esa 10 milliard atmosferdan kamayadi va ushbu sharoitda termoyadro reaksiyalari to`htaydi. Bu erda energiya qaytanurlanish bilan o`tkaziladi. Buning mexanizmi quyidagicha - atom pastdan kelgan yuqori energiyali kvantlarni yutadi, keyin, vaqt o`tib, ularni pastroq energiyali kvantar bilan qayta nurlaydi. Natijada “qattiq” kvanlarning bo`linishi sodir bo`ladi. Gamma o`rniga rentgen nurlanish yuzaga keladi, rentgen kvantlari o`z navbatida ultrabinafshaga aylanai, ular ohirida yuqori qatlamlarda optik va issiqlik kvanlarida qayta nurlanishadi. Bunaqa sharoitda muhit **nuriy muvozanat** holatida bo`ladi va qayta nurlash zonasi Quyoshning 0,3 radiusidan 0,7gacha tarqaladi.

Undan yuqori **konvektiv** zonasi joylashgan. Bu erda nur o`tkazilishida moddaning o`zi ishtirok etadi. Undan keyin Quyosh atmosferasining pastki qatlami (fotosfera) keladi. Uning harorati eng mini mal 4200K gacha tushib, yana ko`tariladi. Bu holatda vodorod neytral bo`ladi, metallar esa ionlashgan.

Konvektiv zonasi bilan Quyoshdagi qiziq kuzatuv hodisasi bog`liq. Quyoshning yaxshi suratlarida uning mayda strukturasi ko`rinadi. Bu zich joylashgan bulutlarni yoki sochilgan gurunchni eslatadi (29-rasm). Yoriq shakillar **granulalar** deyiladi, hodisa esa granulyatsiya. Ularning o`lchamlari yoy 1" yoki 700 km. Har bir granula o`rtacha 5-10 minut “yashaydi”, uning o`rnida yangisi paydo bo`ladi. Granulalar bir biridan qora oraliqlar bilan ajratilgan.



29-rasm.
Quyoshdagi
granulyatsiya

Granulalar ichida 1-2 km/sek tezlik bilan modda aylanishi sodir boʻladi. Markazda koʻtarilib, yonlaridan tushadi. Pastki qatlamlarda hosil boʻlib, tepaga koʻtarilishadi va fotosferaning pastqi qatlamlarida yoʻq boʻlib ketishadi. Granulyatsiya bu konvektiv zonasining koʻrinishidir. Konvektsiyaning sabablaridan biri, u erdagi harorat shunchalik kattaki nur oʻtkazish mexanizmi bor energiyani yuqoriga uzatishga ulgirmaydi va energiya oʻtkazishda moddaning oʻzi ishtirok etishga majbur. Granulalar yuqoriga koʻtarilib, sovuq fotosferaga uchrashadi va yoʻqolib ketishadi.

Konvektiv zonasining yuqorisida quyoshning atmosferasi boshlanadi. Unrning eng paski qatlami bu **fotosfera**. Fotosfera deb quyoshning koʻrinma nurlanishi yoki uzliksiz spektri hosil boʻladigan qatlami deyiladi. Fotosfera bevosita koʻrinadi. Shunday qilib fotosferada bizga keladigan energiya nurlanadi.

Fotosferaning xususiyatlaridan biri - diskni qirrasiga qarab qorayishi. Bu hodisani fotosferada harorat chuqurlik sari oshishi bilan tushuntirsa boʻladi. quyosh diskining har bir nuqtasini θ burchak yuilan ifodalasa boʻladi. θ bu koʻrish oʻqi va koʻrilayotgan nuqtadagi normal orasidagi burchak. Diskning markazda $\theta=0^\circ$ va koʻrish oʻqi normal bilan ustma-ust tushadi. Diskning qirrasida esa $\theta=90^\circ$ va koʻrish oʻqi normalga perpendekulyar boʻladi. Ionlashgan gazning maksimal nurlanishi $\tau \approx 1$ qatlamida hosil boʻladi. Agar $\theta > 0^\circ$ boʻlsa optik chuqurlik fotosferaning yuqoriroq, arorati kamroq qatlamlariga toʻgʻri keladi. Shu sababli chetda nurlanish intensivligi kamayadi.

Diski bo'yicha aniq o'lchalgan intensivlik taqsimoti chuqurlik bilan Quyosh parametrlarini (harorat, bosim, zichlik, qalinlik) o'zgarishini o'rganishda kerak bo'ladi. Masalan, disk bo'yicha intensivlikni o'zgarishi quyidagi formula bilan ifodalasa bo'ladi:

$$B(\theta) = B_0(1 - u + u \cos \theta) \quad (2)$$

Bu yerda $B(\theta)$ - θ burchak ostidagi nuqtaning yorqinligi, B_0 - disk markazidagi yorqinlik, u - to'lqin uzunligiga bog'liq koeffitsiyent (qizil tomonga kamroq, ko'k tomonga ko'proq). $\lambda = 5000 \text{ \AA}$ uchun $u = 0.65$, $B_0 = 4.6 \cdot 10^3 \text{ BT}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \text{\AA})$. Fotosferani, faraz qilib, yupqa birjinsli qatlamlarga bo'lsak, unda $\tau = \cos \theta$ deyishimiz mumkin. O'shanda yorqinlikning chuqurlik bo'yicha o'zgarishini topishimiz mumkin:

$$B(\tau) = B_0(1 - u + u \cdot \tau) \quad (3)$$

(2) va (3) formulalarni solishtirsak Eddington-Barbe tenglamasiga kelamiz:

$$B_\lambda(\theta) \approx B_\lambda[T(\lambda \tau = \cos \theta)] \quad (4)$$

bu degani $\tau = \cos \theta$ optik chuqurlikda nurlanish $B(T)$ Plank funksiyasi bilan ifodalanadi.

Fotosferaning chuqurligini hisoblash uchun (1) formuldan foydalanamiz. U erdagi kattalikni bir xil zichlikli qatlamni qalinligi deyishimiz mumkin yoki bir jinsli atmosferaning balandligi. (1) ifodani quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$\mu g_\odot H = RT \quad (5)$$

bu yerda μ - moddaning molekulyar massasi, R - Stefan-Boltsman doimiysi. Quyosh moddasi asosan neytral vodoroddan tashkil etishini e'tiborga olsak $\mu \approx 1$, $T = 6000^\circ$ va $g_\odot = 2,7 \cdot 10^4 \text{ sm/sek}^2$, bunda

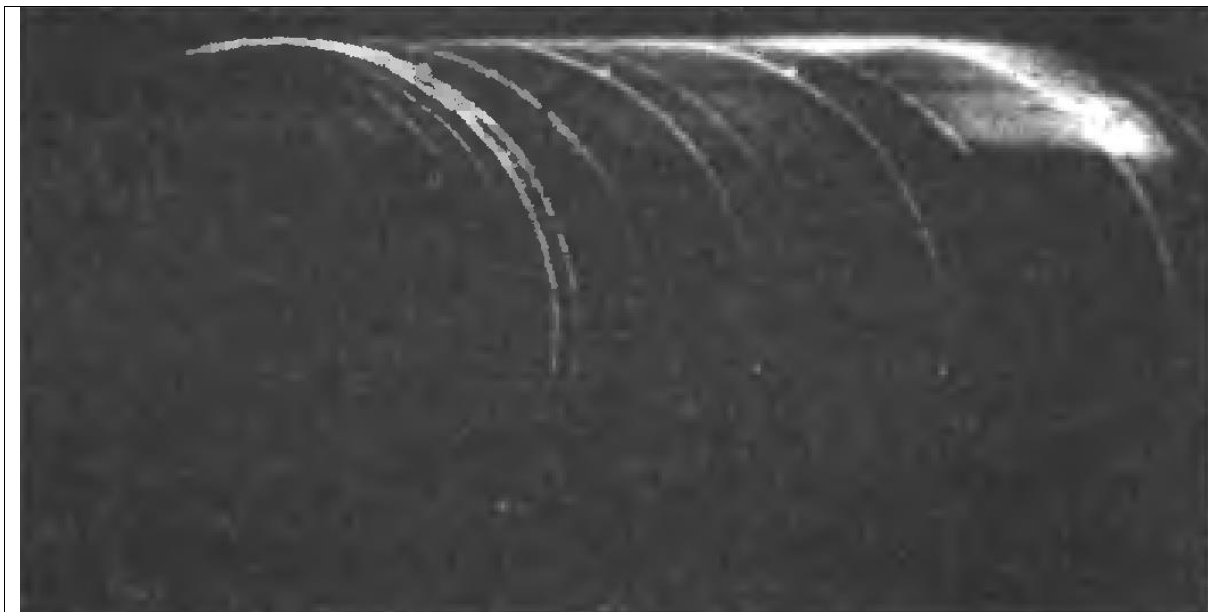
$$H = \frac{RT}{\mu g_\odot} \approx 180 \text{ km}$$

Demak fotosferadagi zichlikning sezilarli o'zgarishi bir necha yuz kilometr qalinlikda sodir bo'ladi. Uning qiymatlari pastki qatlamlarda $5 \cdot 10^{-7} \text{ gr/sm}^3$ dan to yuqori qatlamlarda $0,1 \cdot 10^{-7} \text{ gr/sm}^3$ gacha o'zgaradi.

Quyoshdan uzoqlashgan sari moddasining zichligi siyraklashadi. Fotosferaning yuqori chegarasi $\rho = 10^{-8} \text{ gr/sm}^3$ zichlik bilan belgilanadi. U erdagi harorat quyoshdagi eng past qiymatlarda bo'ladi $4400\text{-}4200 \text{ K}$. Undan yuqori harorat yana ko'tariladi - bir necha ming K gacha, vodorod va geliy ionlanishadi. Quyosh atmosferasining shu qismi **xromosfera** deyiladi. Xromosferaning yorqinligi fotosferanikidan ~ 1000 marta kam. Shuning uchun uni faqat quyosh tutilishi paytida kuzatish mumkin. Bu paytda Quyosh atrofida xromosferaning yorqin pushti yoyi ko'rinadi. Uning qalinligi $10''$

yoki bir necha ming kilometr. Xromosfera yorqin emission spektriga ega (30-rasm). Bu spektr ko`rinishidan Quyoshnikiga o`xshayda, ammo yutilish chiziqlari nurlanish chiziqlariga almashtirilgan va uzliksiz spektri yo`q.

Undan tashqari ionlashgan moddalarning chiziqlari fotosferanikidan kuchliroq. Geliyning chiziqlari ham juda yorug` (birinchi bo`lib geliy xromosferada topilgan), bu u erda katta haroratning dalilidir.



30-rasm. Xromosfera spektri (chaqnash paytida olingan). Rasmdagi xar bir yoy – Ca^+ va bodorodning xar xil chiziqlaridagi tasvirlar.

Spektrdagi eng kuchli bu ionlashgan kaltsiy vodorod va geliylarning chiziqlaridir. Xromosferada, fotosferadagidan aniqroq, notekis struktura yaqqol ko`rinadi. Shu strukturaning eng kichik elementlari spikulalar deyiladi. Ularni diskning chekkasida yahshi ko`rish mumkin. Ular uzunchoq, radial tomonga cho`zilgan bo`lishadi. Uzknligi bir necha ming kilometr, qalinligi tahminan bir ming kilometr. Spikulalar sekundiga bir necha o`ng kilometr tezlik bilan xromosferadan yuqoriga ko`tarilib, u erda yo`q bo`lib ketishadi. Shunday qilib, spikulalar orqali xromosfera va toj orasida modda almashuvi sodir bo`ladi. Spikulalar o`z navbatida yanaham yirikroq xromosfer to`ri nomli strukturani tashkil qilishadi. Bu to`r vodorod va kaltsiy filtrogrammalirida yahshi ko`rinadi. Bu to`r 30÷60 ming kilometrli uyalardan iborat. Xromosfer to`rning qo`rinishi har hil filtrlarda turlicha, bu u erdagi moddaning harakat yo`nalishiga va tezligiga bog`liq. Filtrogrammalarni taqqoslash qiyalar ichida modda ko`tarilib, chegaralarida pasga tushur ekanligi ma`lum bo`ldi.

Bunaqa harakat supergranulalanish deyilgan, chunki bu yirik masshtabli konvektsiya harakatlarining oqibitidir.

Quyosh atmosferasining yuqori qatlamlarida, zichlik $10^{-14} \div 10^{-15}$ gr/sm³ gacha (10^9 at/sm³) tushgan joyda, haroratning yana bir keskin, bir million K ga, ko'tarilishi sodir bo'ladi. Bu joy fotosferadan 2-3 ming kilometr balandlikda bo'lib ($3 \cdot 10^{-3} R_{\odot}$), u erdan quyoshning eng yuqori va siyrak qatlami - Quyosh toji boshlanadi. Uning yorqinligi kunduzni osmonnikidan bir necha yuz marta kam, fotosferanikida esa million marta. Shu sababli tojni ko'z bilan faqat to'la quyoshtutilishi paytida ko'rish mumkin. Kuzatuvlarni esa koronograflar orqali oborish mumkin.

Toj aniq chegaralarga ega emas va uning shakli noto'g'ri bo'lib, vaqti vaqti bilan o'zgarib turadi. Tojning yorqinligi quyosh radiusi masofasida bir necha o'n marta kamayadi. Yorqinlikning $e \approx 2,7$ marta kamayishi 10^{10} sm, yoki $R_{\odot}/7$ masofada sodir bo'ladi. quyosh tojining $0,2 \div 0,3$ radius masofada joylashgan eng yorqin qismini ichki toj, qolganini tashqi toj desa bo'ladi. Toj strukturasining muhim xususiyatlaridan biri bu uni tashkid etuvchi nurlardir. Nurlar uzunligi har hil bo'ladi - bir encha o'n va unda ko'p quyosh radiusi. Ichki toj ham har hil shakillarni oladi yoylar, shlemlar, bulutlar.

Tojning spektri muhim xususiyatlarga ega. Uning asosi hira uzliksiz spektr, energiya taqsimoti fotosferanikiga o'hshaydi. Uning fonida yorqin emission chiziqlar mavjud. Ular uzoqlashgan sari hiralashadi. Energiyaning bunaqa taqsimoti tojning nurlanishi fotosfera nurlanishining tarqatish oqibitiliginu tasdiqlaydi. Tojning nurlanishi 50% gacha qutblangan. Bu orqali tojning tabiatini o'rganish mumkin. Kuchli qutblanish faqat erkin elektronlar sabab bo'lishi mumkin. Qutiblanish maksimumi $0,5 R_{\odot}$ masofaga to'g'ri keladi. Keyin qutblanish susayadi. Natijada ***fraungofer toji*** hosil bo'ladi. Bu toj asli tojga aloqasi yo'q. Aslida bu quyosh nurlanishini sayyoralar aro changda tarqalishidir.

Tojning har bir nuqtasida yorqinlik elektronlar soniga proporsional. Bitta elektron 1 sm^2 yuzaga tushgan energiyaning 10^{-24} qismini tarqatadi. 1 sm^3 hajmda esa elektronlar soni 10^8 bo'ladi. Erkin elektronlarning paydo bo'lish sababi bitta - moddaning ionlanishi. Lekin tojda vodorod yo'q, chunki spektrda uning chiziqlari ko'rinmayapti, demak elektronlarning manbasi oddiy elementlar, ammo juda katta ionlanish darajasida - FeXIV, FeX, FeXI, FeIII, NiXIII, NiXV, CaXII, CaXV, ArX dva h.z. Element yonidagi rim soni shu atomdan uzulgan elektronlar sonini bildiradi.

Toj spektri chiziqlarining ko'pchiligi taqiqlangan. Ularning hosil bo'lishining sababi atomlarning elektronlar bilan zarblar. Bu paytda elektronlarning energiyasi bir necha yuz elektron-voltni tashkil etishi kerak. Elektronlar bunaqa energiyalarga harorat million gradusdan kam bo'lmagan sharoitda erishishadi. Demak toj juda siyraklashgan, harorati tahminan bir million gradusli plazma.

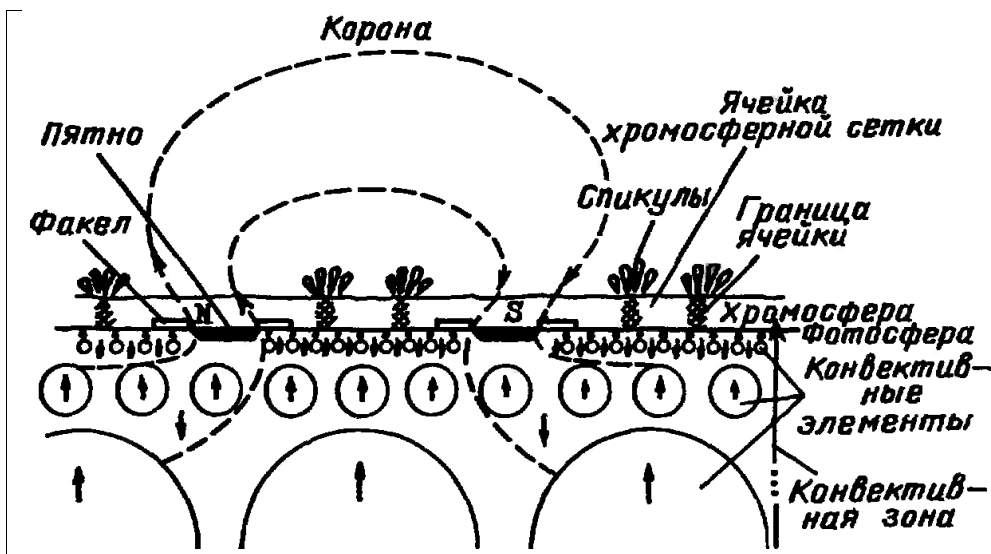
Quyidagi 3chi jadvalda Quyosh atmosferasini modellash bo'yicha olingan ba'zi ma'lumotlar berilgan:

Jadval 3. Quyosh atmosferasining modeli					
Optik chuqurlik τ_{5000}	Harorat T, K	Zarralar konsentratsiyasi $\lg(n_H+n_e), \text{cm}^{-3}$	Elektronlar konsentratsiyasi $\lg n_e, \text{cm}^{-3}$	Zichlik $\lg \rho, \text{rp/cm}^3$	Balandlik, h, km
Fotosfera					
20	9 200	17,2	15,5	-6,4	-88
10	8 650	17,2	15,3	-6,4	-72
5	8 100	17,2	14,9	-6,3	-56
2	7 120	17,2	14,3	-6,4	-27
1,0	6 430	17,2	13,8	-6,5	0
0,5	5 920	17,1	13,4	-6,5	36
0,2	5 410	17,0	12,9	-6,7	91
0,1	5 140	16,8	12,7	-6,8	136
10^{-2}	4 640	16,3	12,1	-7,4	278
10^{-3}	4 370	15,8	11,6	-7,9	420
Harorat minimumi 10^{-4}	4 180	15,2	11,0	-8,4	560
Xromosfera					
10^{-5}	5 280	14,0	10,9	-9,6	840
10^{-6}	7 150	11,6	10,8	-12,0	1 580
10^{-7}	8 400	11,1	10,5	-12,5	1 900
10^{-8}	9 000	11,0	10,5	-12,6	2 000
	11000	10,8	10,5	-12,8	2 200
	100000	10,1	9,8	-13,5	2 300
	470000	9,3	9,0	-14,3	2 400
Toj	$1,2 \cdot 10^6$	8,1	7,8	-15,5	140000

4.Quyoshdagi magnit maydonlar. Quyosh aktivligi sikli. Quyosh faoligini davriy o'zgarishi.

Vahti sari Quyosh atmosferasida tez o'zgaradigan faol sohalari paydo bo'lib turishadi. Ularning xususiyatlari va tuzilishi atrofdagidan keskin farq qiladi. Quyosh faolligining fotosfera, xromosfera va tojdagi ko'rinishi juda farq qiladi. Lekin ularning sababi bitta - magnit maydonining beqarorligi. Uning kuchayishi yoki susayishi har doim aktiv sohalar vujudga kelishi bilan bog'liq. Quyoshning faol jarayonlar bo'layotgan qismini faol sohasi deyishadi. Ularni umumiy ko'rinishi (31-rasmda) ko'rishimiz mumkin. Faol sohalarining bir necha turi mavjud:

1. Quyosh dog'lari
2. Mash'allar
3. Flokulalar
4. Xromosferadagi chaqnashlar
5. Protuberanetslar
6. Tojning aktiv soalari

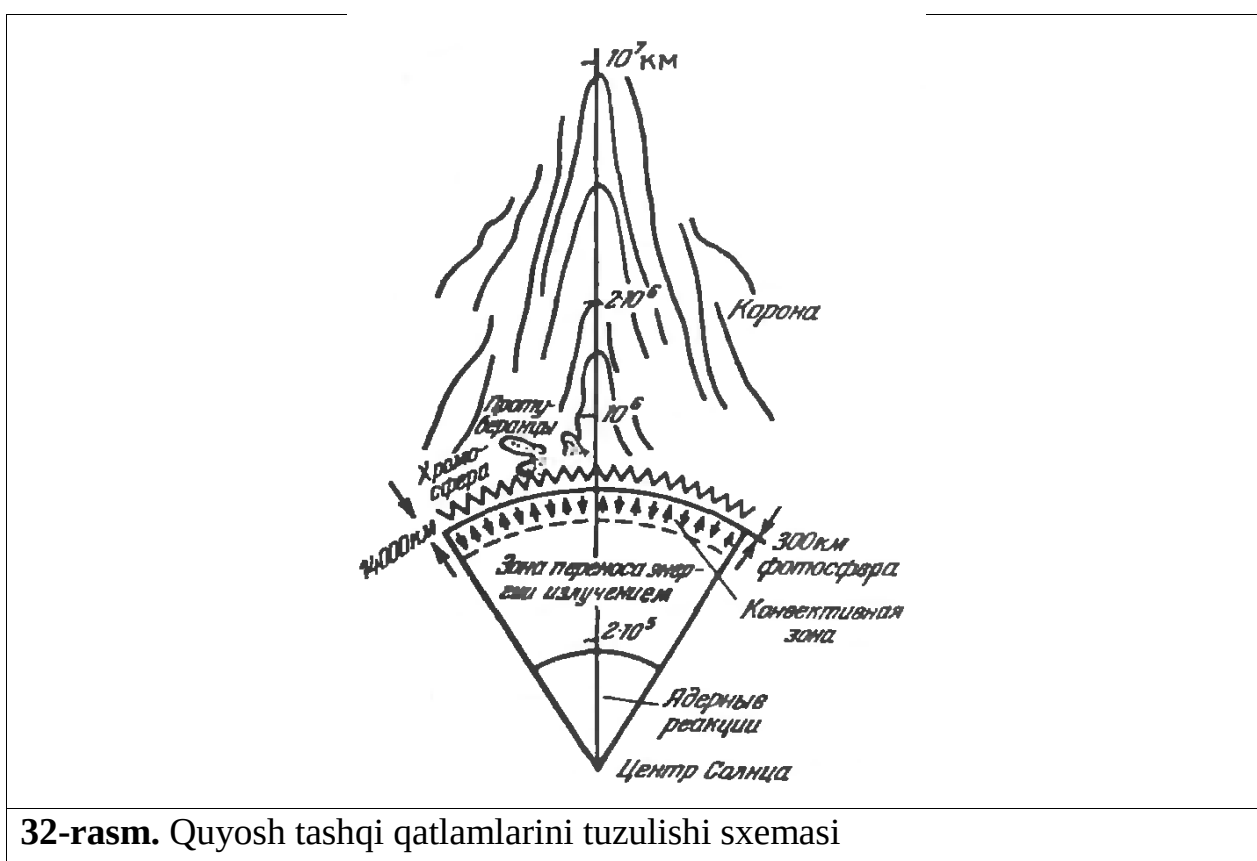


31-rasm.
Quyosh tashai
qatlamlari
sxemasi.

Quyosh dog'lari. Quyosh aktivligining eng ma'lum bo'lgan va yahshi kuzatiladigan ko'rinishlaridan biri bu Quyosh dog'lari. Ular odatda guruhlar bo'lib joylanishadi. Quyosh dog'larining guruhlarini paydo bo'lishi faol sohalarni vujudga kelayotganini muhim alomati.

Dog` avvalom granular orasidan mayda kovak shaklida paydo bo'ladi. Bir sutkadan keyin kovak aniq chegarali qoramtir dog'ga aylanadi. Uning diametri bir necha o'n ming kilometrgacha oshadi. Shu bilan birga magnit maydonining kuchlanishi oshadi, katta dog'larning markazida bir necha ming erstedgacha boradi.

Dog`lar odatda ikkita katta dog`lar - etakchi (g`arbda) va intiluvchi (sharqda) atrofida guruhlanishadi. Bu ikkala dog`larning va ular atrofidagi dog`larning magnit maydonlari qarama qarshi qutblanishga ega, shuning uchun bunaqa guruhlarini bipolyar deyishadi. Katta dog` paydo bo`lishidan uch-to`rt sutka o`tgach uning atrofida sal yorug`roq yarimsoya paydo bo`ladi. Dog`ning markaziy qismi soya deb ataladi. Vaqt o`tib dog`lar guruhi egallab turgan yuzasi kattalashib boradi va o`ninchi kuni maksimal qiymatga ega bo`ladi. Bundan keyin dog`lar asta sekinlik bilan kichiklashib, yo`qolib borishadi. Avval eng kichikinalari, keyin, parchalanib, intiluvchi dog`lar. Umuman bu jarayon ikki oygacha cho`ziladi, biroq ayrim guruhlar barcha pog`onalardan o`tmay, avvalroq yo`q bo`lib ketishi mumkin.



Fotosferaning juda katta yorug`ligi sababli markaziy dog` (soya) qora bo`lib tuyiladi. Bu nisbiy qoralik. Aslida dog`ning yorqinligi atigi o`n marta kichkina, soyaniki esa fotosferaning 0,75 qismini tashkil qiladi. Stefan-Boltsman qonuniga asosan dog`ning harorati fotosfera haroratidan 2-2,5 ming K kichkina degani.

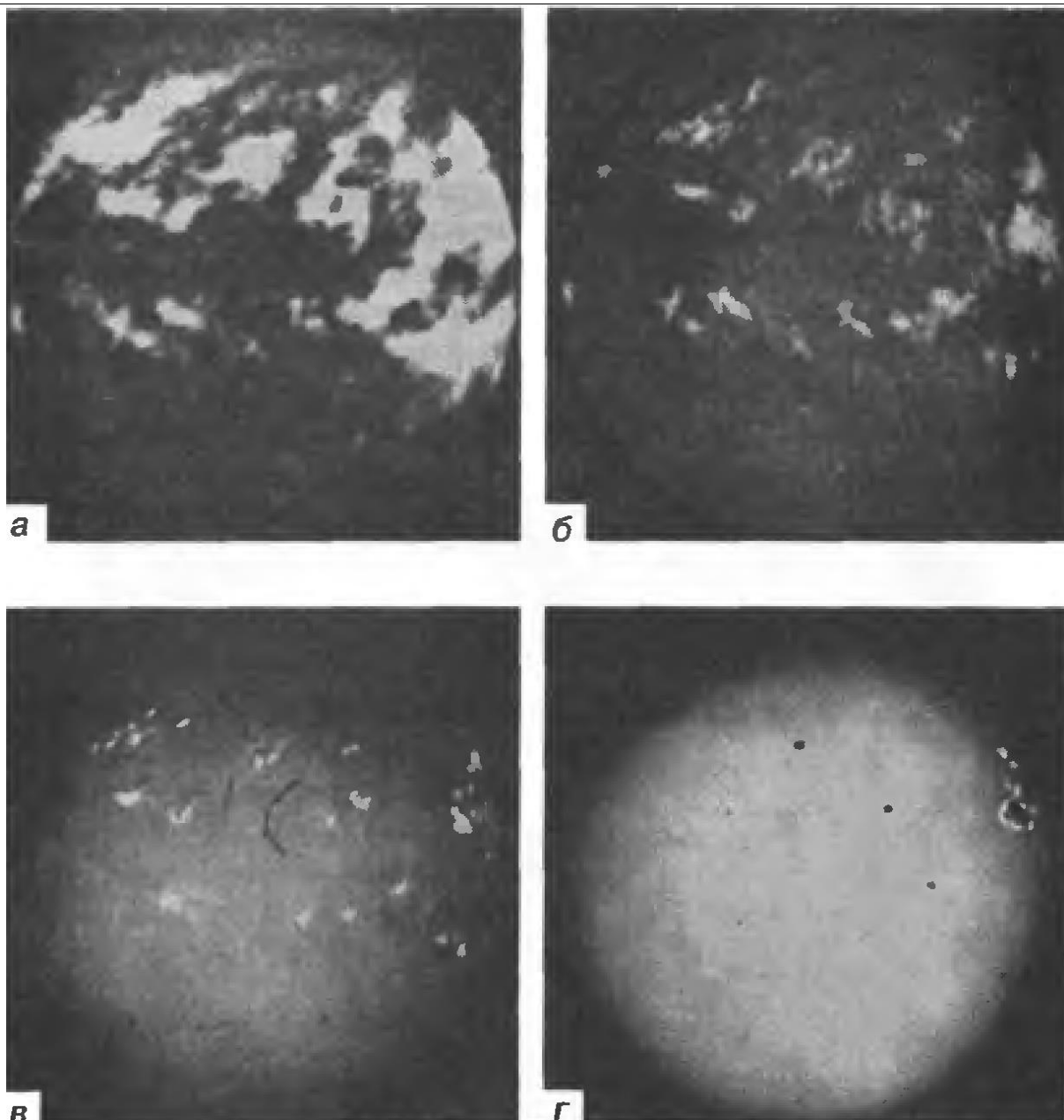
Dog`dagi haroratni pasayishi magnit maydoni ta'iri bilan tushuntiriladi. Magnit maydoni kuchaygan paytda moddaning ko`ndalang harakatiga yo`l bermaydi, shu sababli fotosferaning moddasi kuchlanish chiziqlari bo`ylab harakatlanadi.

Natijada dog`ning pastida ichki qatlamlardan energiyani olib keluvchi mdda sirkulyatsiyasi susayadi va shunday qilib harorat pasayadi.

Mash'allar. Fotosferaning g`alayonlanmagan qismlarida kuchlanishi 1 ersteda teng umumiy magnit maydoni mavjud. Faol sohalarda esa magnit maydonning kuchlanishi bir necha yuzdan ming martagacha oshishi mumkin. Magnit maydoni nisbatan kichkina kuchlayishi ( $10 \div 100$  ersteda) mash'al nomli yorqin sohani paydo bo`lishiga olib keladi. Ular Quyosh diskining ancha joyini egallab turishadi. Ular ingichka tolali strukturaga ega va hilma xil mash'al granulalari - egrichiziqlar, yorqin nuqtalar va bog`lamalardan iborat.

Mash'allar asosan dog`lar atrofida ko`rinadi. Ba'zi paytlarda ular dog`larsiz ko`rinishi mumkin, u holda mash'allar dog`larni paydo bo`lishi alomati yoki dog`lanish jarayoning qoldig`i bo`lishi mumkin.

Eng aniq holda mash'allar quyosh diskining chetida ko`rinib (yorqinligi fotosferanikidan 20% katta), markazda esa ular deyarli sezilmaydi. Bundan mash'al harorati fotosferadan 200-300 K katta va undan sal yuqoriroq turadi deb hulosa qilish mumkin.



33-rasm. Vodorodning $L\alpha$ (a), ionlashgan kaltsiyning K (b), vodorodning $H\alpha$ (v) va oq nurlar (g) da bir kunda olingan Quyoshning spektrogeliogrammalari.

Mash'alning ham kelib chiqishi magnit maydonning xususiyatlariga bog'liq. Katta kuchlanishli magnit maydonida modda ko'ndalang harakat qila olmay, faqat kuchlanish chiziqlari bo'ylab bo'lishi mumkin. Mash'aldagi kuchlanish ko'ndalang harakatni mutloq to'xtatib qo'ymaydi, u faqat xotik harakatni tartibga soladi. Bu konvektsiya jarayoniga yordam beradi va issiq gazlar yanada yuqoriroq ko'tarilishi mumkin. Shunday qilib mash'alning paydo bo'lishi konvektsiyaning kuchayishi bilan bog'liq.

Mash'allar nisbatan barqaror tuzilmalar. Ular fotosfera yuzasini katta qismini egallab, sezilarli o'zgarishlarsiz bir necha hafta, hattoki oylar mavjud bo'lishi mumkin.

Flokulalar. Xromosfera dolar va mash'allar ustida o'z yorqinligini oshiradi. Uni ustiga g'alayonlangan xromosferaning kontrasti balandlik sari oshib boradi. 33-rasmda vodorodning $L\alpha$, ionlashgan kaltsiyning K, vodorodning $H\alpha$ chiziqlarida va oq nurlarda olingan quyoshning suratlari ko'rsatilgan. Birinchi uchta surat xromosferaning 2300, 1200-1700 va 1800-2000 kilometr balandlikda joylashgan qatlamlarga to'g'ri keladi. Suratlarda ko'rinayotgan va fotosferadagi mash'allar bilan ustma ust tushadigan yorqin dog'lar **flokulalar** deyiladi.

Flokulalar haroratini aniqlovchi ma'lum bir usul yo'q. Stefan-Boltsman qonunini yoki Plank formulasini ishlatib bo'lmaydi, chunki xromosferada uzliksiz spektr ko'rinmaydi. Shu sababli flokulalarda yorqinlik va harorat orasida juda murakkab bog'lanish mavjud.

Flokulalarning o'ta yorqinligini u erda xromosferaning harorati o'zgarmas holda moddaning zichlanishi 5-6 marta oshishi bilan tushuntirsa bo'ladi.

Xromosfera chaqnashlari. Xromosfera chaqnashlari (**Quyosh chaqnashlari**) quyosh faolligining eng yuqori energiyali va tez rivojlanadigan ko'rinmasi. U vujudga kelayotgan dog'lar orasiga to'g'ri keladigan xromosfera qatlamlarida paydo bo'ladi. Chaqnashdan oldin flokkulalardan biri birdaniga yorug'lashib ketadi. Bir minut ichida kuchli nurlanish kattaligi o'n minglab kilometrli sohani qamrab oladi. Spektrning ko'rinma qismida chaqnash vodorod, ionlashgan kaltsiy va boshqa metalarning chiziqlarida ko'rinadi. Uzliksiz spektrning ham qiymati oshib ketadi, ba'zi paytlarda shunchalik oshadiki, hattoki chiqnash fotosfera fonida kuzatiladi.

Optik diapazondagi chaqnash bilan birga ultrabinafsha, rentgen va radio diapazonlardagi nurlanish intensivligi oshadi. Chaqnash paytida eng qisqa to'liqlik "qattiq" rentgen spektral chiziqlari kuzatiladi. Shu nurlanishlarning kuchayishi bir necha minut ichida sodir bo'lib o'tadi. Maksimumidan keyin bir necha o'n minut ichida susayib boradi. Chaqnash paytidagi yorug'lanish bilan birga gazning juda kuchli harakatlanishi va plazma bulutlarning otilib chiqishi kuzatiladi.

Barcha ko'rsatilgan hodisalar beqaror va notekim magnit maydoni ta'sirida katta energiyali plazmani otilib chiqirilishini ko'rsatadi. Magnit maydoni va plazma orasidagi murakkab jarayonlar natijasida magnit maydonining energiyasi issiqlik energiyaga aylanib, atrofdagi gazni o'nlab million kelvingacha isitib, ba'zi plazma bulutlarni tezlashtirib yuboradi. Shu bilan birga zarrachalar ham tezlashib ketadi: elektronlar bir necha o'n kiloelektron-voltgacha va protonlar bir necha o'n megaelektron-voltgacha.

Chaqnash jarayoni xromosferaning ma'lum bir xajmini siqilib borib portlash xarakteriga ega. Chaqnash paytida ajralgan umumiy energiya (optik, radio,

ultrabinafsha, rentgen diapazonlarda nurlanish, plazma bulutlarini va zarrachalarini tezlanishi) $10^{28} \div 10^{32}$ erg, yoki $10^{21} \div 10^{25}$ Dj ni tashkil etadi. Bu energiyaning yarimini tojdagi modda sochilishi va zarba to'liqlari olib ketadi, 0,25 qismini xromosferadagi modda harakatiga sarflangan. qolgan energiya ultrafinafsha, optik, radio va kosmik nurlanishga ketadi.

Protuberanetslar. Tojda ko'rinadigan faol birikmalar **protuberanetslar**. Atrofdagi plazmaga nisbatan ular sovuq va zich bulutlar. Protuberanetslarning spektri xromosferanikiga o'xshaydi. Ular turlicha shakllarda va o'lchamlarda bo'lishadi. Ko'pincha ular uzun tekis vertikal strukturaga ega bo'lib, quyosh sirtiga perpendeklyar holatda joylanishgan. Shuning uchun ular Quyosh diskiga proektsiyasida egrichiziqli tolalar bo'lib ko'rinishadi. Protuberanetslar Quyosh atmosferasidagi eng yirik birikmalar, ularning uzunligi bir necha yuz ming kilometrgacha etadi, eni esa 6 000 $\div$ 10 000 oshmaydi. Ularning pastga qismi xromosfera bilan tutashib ketadi va balandlikka bir necha o'n ming kilometrlarga yoyiladi.

Protuberanetslar orqali xromosfera va toj orasida doimo modda almashuvi bo'lib o'tadi. Buni protuberanetslarning va ular ichidagi modda oqimlari ko'rsatadi. Bu tezliklar soatiga 10 $\div$ 100 kilometrni tashkil etadi. Protuberanetslarning vujudga kelishi, rivojlanishi va harakati dog'lar evolyutsiyasi bilan bog'liq.

Tojning aktiv sohalari. Tojning tashqi ko'rinishi pastki qatlamlardagi faollik bilan bog'liq. Dog'lar ustida egrichiziqli nurlar hamda **toj kondensatsiyalari** nomli toj moddasining zichliklari ko'rinadi. Bu kondensatsiyalar bullarni eslatadi. Mash'allar ustida esa to'g'richiziqli, sal to'liqlangan nurlar sistemalari kuzatiladi. Protuberanetslar odatda toj moddasining yoy va shlem shakildagi zichlanishlar bilan o'ralangan bo'ladi. Bu birikmalarning hammasi uzun nurlarga o'tib ketishadi. Bu nurlar quyoshning bir necha radiusigacha cho'zilib, quyosh faolligining maksimumida olingan toj suratlarida yahshi ko'rinadi.

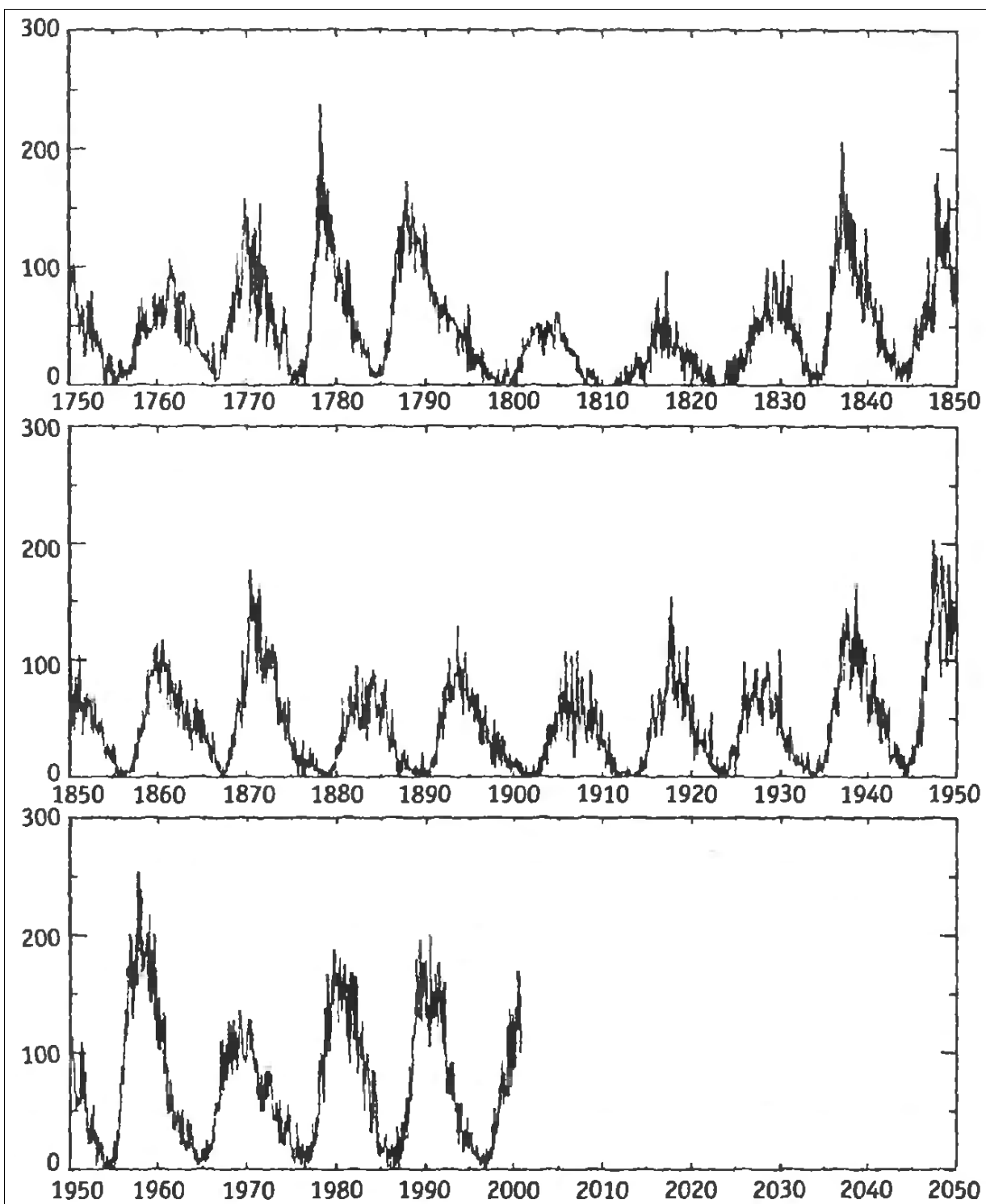
Quyosh tranzientlari - yaqin orada paydo bo'lgan tushuncha. Bunda tojdagi qisqa vaqtli o'zgarishlar va quyoshdan uzoqlashayotgan toj bulutlari va zichliklari shaklidagi dinamik tuzilmalari tushuniladi. Bu hodisalar protuberanetslarning chaqnashlari va portlashlari bilan bog'liq. Tranzientlar toj va rentgen chiziqlarida kuzatiladi.

Xromosfera chaqnashlari paytida hosil bo'lgan tranzientlar katta energiyali plazma sochilishi shaklida bo'lib, sekundiga 1500 kilometr tezlik bilan tarqaladi. Ular protuberanetslarning chaqnashlari paytida ham paydo bo'lishi mumkin, unda ularning tezliklari 800 km/sek ni tashkil qiladi.

Yuqorida qarab o'tilgan Quyosh faolligini ko'rinishlari bir biri bilan chammarchas bog'liq. Dog'lardar oldin hardoim mash'allar va flokulalar paydo bo'ladi. Chaqnashlar esa dog'lar guruhlarning faolligi oshishi yoki ulardagi keskin

o`zgarishlar paytida sodir bo`ladi. Shu bilan birga protubernetslar faol sohalari yo`qolishidan keyin uzoq vaqt davomida bor bo`ladi. Sanab o`tilgan barcha hodisalar atmosferasining biron bir sohaga tegishli bo`lsa, u holda o`sha soha **Quyosh faolligi markazi** deyiladi.

Dog`lar va ularga bog`liq bo`lgan faollikning boshqa ko`rinishlarining soni vaqt sari o`zgarib turadi. Faollikning markazlari eng ko`p paytlari **Quyosh faolligining maksimumi** deyiladi, markazlari deyarli yo`q paytlari esa - minimum.



34-rasm. Volf soni

Faollik darajasini aniqlash mezoni sifatid Volf soni ishlatiladi:

$$W = k(f + 10g)$$

bu erda f - dog'larning umumiy soni, g - guruhlar soni, k - instrument turiga bog'lik koeffitsient.

Odatda Volf sonini oylar yoki yillar bo'yicha o'rtachasi olinadi va quyosh faolligini vaqtga bog'liq grafigi chiziladi. 34-rasmda faollikning goafigi ko'rsatilgan. U erada maksimum va minimumlar o'rtacha har 11 yilda takrorlangani ko'rinyapti. Lekin ba'zi maksimumlar orasidagi vaqt $7\div 17$ yillargacha o'zgarishi mumkin.

Minimum vaqtida dog'lar deyarli yo'q bo'ladi. Keyin ular $\pm 35^\circ$ kengliklarda paydo bo'la boshlashadi. Asta sekin dog'lanish sohalari ekvatorga yaqinlashib boradi, ammo $\pm 8^\circ$ kengliklardan pastida dog'lar uchramaydi.

Faollik davriyligining eng muhim hususiyati bu magnit qutblarini o'zgarish qonuni. Har bir 11 yillik davr davomida hamma etakchi dog'lar shimoliy yarimshirida ma'lum bir qutblanishga ega, janubiy yarimsharida esa qaramaqarshi qutblanish mavjud. Huddi shu intiluvchi dog'larga ham tegishli. Ularning qutblanishlari etakchi dog'larga qaramakarshi. Faollikning keyingi davrida etakchi va intiluvchi dog'larning qutblanishi aksiga o'zgaradi. Maksimum davrida Quyoshning umumiy magnit maydoni ham o'zgaradi. Shuning uchun 22-yillik davr haqida ham gapirsa bo'ladi (Xeyl davri). Quyosh faolligining boshqa ko'rinishlari ham 11-yillik davriylikga ega - mash'allar va flokulalar maydoni, chaqnashlar va protuberanetslar soni, tojning shakli va quyosh shamolining kuchi.

Quyosh faolligining davriyligi hozirgi paytda Quyosh fizikasining eng dolzarb va haligacha echilmagan masalalaridan biri bo'lib kelmoqda. Shuni aniq aytish mumkinki, Quyosh faolligining hilma hil ko'rinishlari magnit maydon, konvektsiya, meridian bo'yicha sirkulyatsiya va differentsial aylanish hodisalar orasida bo'lib o'tayotgan murakkab jarayonlarga bog'liq.

5.Quyoshning radionurlanishi. Quyosh shamoli.

Fotosferaning ustida joylashgan xromosferada temperatura asta sekin bir necha o'n ming gradusga ko'tariladi.

Xromosferaning tashqi qatlamlarida zichlik 10^{-5} g/sm³ darajaga etgan joyda temperatura keskin million gradusga ko'tariladi.

Bu sohada Quyosh atmosferasining eng tashqi siyrak qismi – Quyosh toji deb ataluvchi qatlam boshlanadi.

Xromosferaning ravshanligi fotosfera yorug'ligidan yuzlab marta xira. SHuning uchun fotosferadan chiqib kelayotgan quvvatli radiatsiya fonidan xromosferaning xira nurlanishini ajratib ko'rsatish maxsus usullarni qo'llashni talab etadi. Quyosh to'la tutilgan paytlarda qisqa vaqt davomida xromosferani bevosita ko'rish mumkin.

Bu holat Quyosh to'la tutilganda Oy diski chetlari orqasidan qizil rangda o'roq shaklida, ba'zan ingichka tutash halqa singari ko'rinishda turadi.

Quyosh atrof kosmik fazoga nurlanish bilan birgalikda zarralar (elektron va protonlar) oqimini ham sohib turadi. Bu muntazam oqim Quyosh shamoli (q.sh.) deb ataladi. Yer orbitasida uning o'rtacha tezligi 400km/s, zarra konsentratsiyasi $3 \cdot 10^6$ m.

Nazorat uchun savollar

1. Quyosh to'g'risida umumiy tushuncha.
2. Quyoshning spektr va kimyoviy tarkibi. Quyosh doimiysi.
3. Ichki tuzilishi va atmosferasi. Fotosfera. Xromosfera va toj.
4. Quyoshdagi magnit maydonlar. Quyosh aktivligi sikli. Quyosh faoligini davriy o'zgarishi.
5. Quyoshning radionurlanishi. Quyosh shamoli

Sayyoralar fizikasi asoslari

Reja:

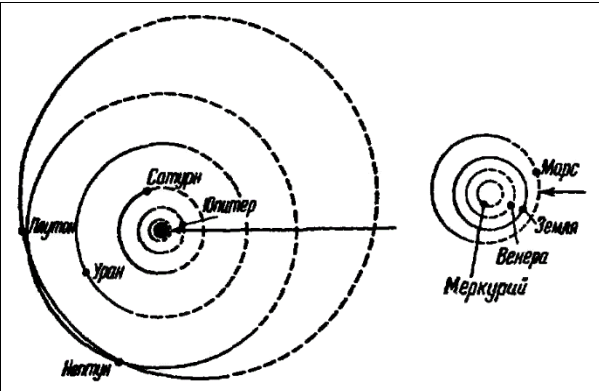
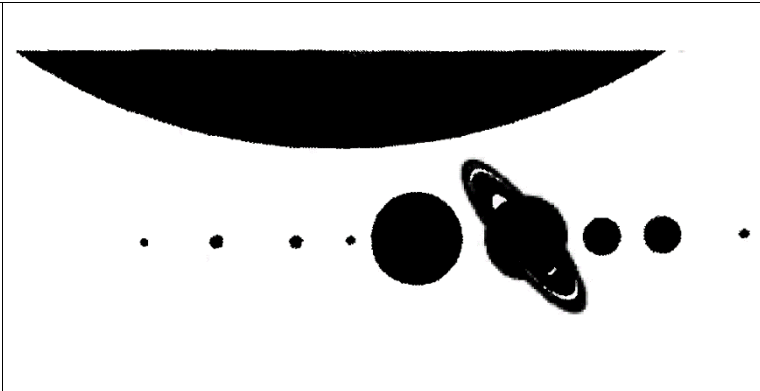
1. Sayoralarning ichiki tuzilishi. Sayoralar atmosferasi.
2. Yer tipidagi sayyoralar. Merkuriy, Venera, Mars. Yer va Oy fizikasi.
3. Ulkan sayyoralar fizikasi. Yupiter, Saturn, Neptun. Uran. Kosmik aparatlarning harakatlari.
4. Kichik sayyoralar. Kametalar, metyorlar.

1. Sayoralarning ichiki tuzilishi. Sayoralar atmosferasi.

Quyosh atrofida hususiyatlari turlicha bo'lgan ko'p sonli jismlar aylanadi. Quyosh tizimi tarkibiga, sayyoralardan tashqari ularning yo'ldoshlari, asteroidlar (kichik sayyoralar), kometalar, sayyoralar aro chang zarrachalari kirishadi. Erning yo'ldoshi Oy - Quyoshdan keyin eng sezilarli osmon ob'ekti. Galiley birinchi bo'lib Yupiter atrofida yo'ldoshlari aylanishini topgan. Keyinchalik yo'ldoshlar boshqa sayyoralarda ham topilgan - Saturn, Mars, Uran, Neptun va Pluton. Yo'ldoshlarning axtarilishi va ochilishi haligacha davom etmoqda. Asteroid va kometalarning esa har yili yangisi ochiladi.

35-rasmda sayyoradar orbitalarining Quyoshga nisbatan bo'lgan jolanish sxemasi taqdim etilgan, 36-rasmda ularning nisbiy o'lchamlari ko'rsatilgan. 4 jadvalda sayyoralar orbitalarining elementlari berilgan: katta yarim o'q,

ekstsentrismet, og`iganlik, aylanish davri, vosxodyahiy uzul va perigeliyning kengliklari.

	
35-rasm. Quyosh tizimining sxemasi. O`ngda ichki sayyoralarning sxemasi berilgan. Strelka bahorgi tengkunlik nuqtasini ko`rsatadi. Bu nuqtadan sayyoralarning geliotsentrik uzunliklari hlchanadi. Shtix chiziqlar bilan orbitarning ekliptikadan pastdagi qismi ko`rsatilgan.	36-rasm. Quyosh va sayyoralarning nisbiy o`lchamlari

Jadval 4. Sayyoralar orbitalari elementlari

Sayyora	Katta yarim o`q		Qaytishning siderik davri		Qaytishning sinodik davr, sutka
	a.ye.	10^6 km	Tropik yil	sutkalar	
Merkuriy	0,387099	57,909	0,24085	87,969	115,88
Venera	0,723332	108,209	0,61521	224,700	583,92
Yer	1,000000	149,598	1,00004	365,257	
Mars	1,523662	227,937	1,88089	686,980	779,94
Yupiter	5,203363	778,412	11,86256	4 332,71	398,88
Saturn	9,537070	1 426,726	29,45852	10 795,50	378,09
Uran	19,191263	2 871,974	84,013	30 685	396,66
Neptun	30,068963	4 498,257	164,795	60 190	367,49
Pluton	39,481687	5 906,361	248,602	90 800	366,74

Jadval 4. Sayyoralar orbitalari elementlari (davomi)					
Sayyora	O'rta sutkalik harakat	Orbitaning ekssentrisitenti	Ekliptikaga og'ish, gradus	Uzunlik, gradus	
				Восходящий узел	Перигелий
Merkuriy	14732,1626	0,205631	7,00487	48,33167	77,45645
Venera	5767,6903	0,006773	3,39471	76,68069	131,53298
Yer	3548,1866	0,016710	0,00005	-11,260647	102,94719
Mars	1886,5178	0,093412	1,85061	49,57854	336,04084
Yupiter	299,1200	0,048393	1,30530	100,55615	14,75385
Saturn	120,4517	0,054151	2,48446	113,71504	92,43194
Uran	42,236	0,047168	0,76986	74,22988	170,96424
Neptun	32,532	0,085856	1,76917	131,72169	44,97135
Pluton	14,273	0,248808	17,14175	110,30341	224,06676

O'z fizik xususiyatlari bo'yicha hamma sayyoralar iki guruhga bo'linishadi: Er tipidagi sayyoralar (Merkuriy, Venera, Yer, Mars) va gigant sayyoralar (Yupiter, Saturn, Uran, Neptun). Pluton haqida ma'lumotlar hozirgacha juda kam, lekin bor ma'lumotlarga ko'ra uni gigan-sayyoralar tipiga kiritish mumkin. 5 jadvalga asosan gigant-sayyoralar va Er tipidagi sayyoralarning ba'zi fizik xarakteristikalarini berilgan va u erdan ikkala tipdagi sayyoralar orasidagi farqlarni ko'rish mumkin.

Jadval 5. Sayyoralarning fizik xarakteristikalarini								
Sayyora	Ekvatorial radius		Qutblar dagi siqilish	Massa		Zichli k gr/sm ³	Gravit. tezlanis h sm/sek ²	Parabolik tezlik km/sek
	km	Yer radiusid a		10 ²⁷ gr	Yer massasi da			
Merkuriy	2439	0,382	0,0	0,330	0,052	5,43	370	4,25
Venera	6051	0,249	0,0	4,87	0,814	5,25	887	10,36
Yer	6378	1	0,0034	5,98	1	5,50	980	11,18
Mars	3397	0,533	0,0052	0,642	0,107	3,92	371	5,02
Yupiter	71398	11,194	0,062	1900	317,7	1,32	2486	59,6
Saturn	60330	9,459	0,103	569	95,2	0,68	1041	35,4

Uran	26220	4,111	0,06	86,9	14,5	1,22	844	21,0
Neptun	24760	3,882	0,02	102	17,1	1,65	1120	24,0
Pluton	1178± 28	0,185± 0,004	-	0,013 ±0,00 24	0,00217 ± 0,0038	1,9±0, 5	63±15	1,21± 0,13

Jadval 5. Sayyoralarning fizik xarakteristikalari (davomi)

Sayyora	Aylanish siderik davri	Markazga intilma tezlanish, ekvator da	Ekvatorning orbitaga og'masi	Ko'rinma yulduz kattaligi	Ko'rinma sferik albedosi	Harorat, K	
						Effektiv	Sirtqi
Merkuriy	58,65d	0,00	7°	-0,20 ^m	0,058	439	439
Venera	243d	0,00	2,6°	-3,81 ^m	0,78	229	735
Yer	24 ^h 56 ^m 4,1 ^s	3,4	23°26'		0,36	248	289
Mars	24 ^h 37 ^m 22 ^s	1,7	24°56'	-2,01 ^m	0,14	210	214
Yupiter	9 ^h 50,5 ^s	224,5	3°07'	-2,55 ^m	0,54	124,4	-
Saturn	17 ^h 12 ^m	175,5	26°45'	0,67 ^m	0,54	95,0	-
Uran	17 ^h 14,4 ^s	8,3	82°	5,52 ^m	0,60	59,1	-
Neptun	16,11 ^h	30,2	29°	7,84 ^m	0,50	59,3	-
Pluton	6,4 ^d	0,01	-	15,1 ^m	0,30	46±12	46±12

Gigant sayyoralar o'lcham va massa bo'yicha ancha kattaroq, zichliklari kichkinaroq, tezroq aylanishadi. Quyosh tizimidagi sayyoralarning umumiy massasining taxminan 98% gigant sayyoralarda jamlangan. Yana bir muhim jihat bor. Yupiter va Saturn ichki qatlamlaridan kelayotgan issiqlik oqimi shu sayyoralarga Quyoshdan tushayotgan issiqlik oqimiga teng. Er ichidan kelayotgan issiqlik Quyoshdan kelayotgan issiqlikdan solishtirib bo'lmaydigan darajada kichkina va bu holat boshqa er tipidagi sayyoralarda kuzatiladi. Gigant sayyoralar ko'p yo'ldoshlarga ega. Har bir sayyora o'z yo'ldoshlari bilan Quyosh tizimi modelini eslatadi. Bundan

tashqari Yupiter, Saturn, Uran va Neptun xalqalarga ega. Er tipidagi sayyoralardan gigant sayyoralarga qaraganda yaxshiroq o`rganilgan. Bunga bir necha sabablar bor: 1) er tipidagi sayyoralarni o`rganishda ma'lum darajada Erda bo`lib o`tayotgan jarayonlarni qo`llash mumkin; 2) Gigant sayyoralargacha bo`lgan masofa juda katta.

Sayyoralarni o`rganish uzoq vaqt davomida olib boriladi va uni bir necha davrlarga bo`lishimiz mumkin:

1) Qadimgi zamonlardan birinchi teleskopik kuzatuvlarga bo`lgan davr. Unda sayyoralarning harakatlari kuzatilardi va ularning tahlili Kopernikning geliotsentrik sistemasi yaratilishi bilan yakunlangan.

2) Birinchi teleskopik kuzatuvlardan XIX asr o`rtasigacha. Birinchi teleskoplarda Yupiterning katta yo`ldoshlari, Veneraning fazalari, Oy sirtining murakkab tuzilishi, Saturnning halqalari ochilgan edi. Keyinchalik Marsdagi qutblar, qoramtir va yorug` polosalar, Yupiterdagi polosalar va h.z. aniqlangan.

3) XIX asrning o`rtasidan XX asr o`rtasigacha. Optik jihatdan XIX asrdagi teleskoplar deyarli hozirgi zamon darajasiga etgan edi. Bu davrda Marsning yo`ldoshlari, gigant sayyoralarning ko`pgina yo`ldoshlari ochilgan, Marsdagi ingichka tizimi va fasillir o`zgarishi topilgan edi. Vizual kuzatuvlar fotografik kuzatuvlarga o`tishgan. XX asrning 20 yillaridan boshlab birinchi astrofizik kuzatuvlar olib borilgan: haroratni infraqizil nurlanish orqali o`lchash; sayyoralar sirti va atmosferasini o`rganish maqsadida ularning fotometriyasi va polyarimetriyasi olib borilgan; spektrlari olingan.

4) XX asrning 1950-1970 y.y. Bu davrda sayyoralarni o`rganishda yanaham kuchliroq usullar qo`llanildi - infraqizil spektrometriya, radioastronomiya va radiolokatsiya. Shu davrning ikkinchi yarimida birinchi kosmik apparatlarning (KA) qo`llanilishi boshlandi. Avval ular Oyga, keyin Mars va Veneraga uchirildi. KAlar yordamida Oy juda faol o`rganildi, u erga odamlar qo`nishdi. Sayyoralar avtomatik apparatlar yrdamida o`rganilardi. 1967 yilda boshqa sayyoraga - Veneraga birinchi kosmik appartak qo`ndirildi va uning sirti va atmosferasi o`rganildi.

5) 1970 yilda hozirgi paytgacha. Sayyoralar o`rganishda KA eradagi kuzatuvlardan muhimroq bo`lib qoldi. Venera va Mars sirtiga ko`p marta tushadigan qo`nadigan apparatlar (qA) yaratildi, boshqa sayyoralarga ularning sun'iy yo`ldoshlari yuborildi (orbital apparatlar - OA). Ular bir birlarini o`zaro to`ldirishadi. qAlar qo`nish joyi atrofidagi atmosfera va sirt haqida detal ma'lumotlar berishadi, OAlar esa butun sayyora sirtini va atmosferasini o`rganishda juda qo`l keladi. OAlarda astrofizikaning bor imkoniyatlari ishlatiladi. Bunda bir necha yutuqlarga eririshish mumkin: a) kuzautv sifati keskin oshadi, b) sayyoralarning Erdan ko`rinmaydigan soharali kuzatiladi, v) Er atmosferaning ta'siri bo`lmaydi va h.z.

KAlar sayyoralarni o`rganishda boshchilik qilgani bilan erdagi kuzatuvlar qator sababga ko`ra o`z qadrini yana ancha vaqt davomida yo`qotmaydi. Bu sabablardan

quyidagilarni aytishimiz mumkin - a) KAlarga radiolokatsion antennalar yoki spektrograflardakka katta asboblarni o'rnatib bo'lmaydi, b) KAlar uzoq yillik kuzatuvlarni olib borishga imkon berishmaydi. Kometa va uzoq sayyoralar o'rganishda faqat erdagi kuzatuvlar qo'l keladi.

Hozirgi paytda Quyosh tizimini o'rganish nafaqat astronomiyani vazifasi bo'lib kelmoqda. Bunga boshqa fanlar ham o'z salmog'ini qo'shishmoqda - geofizika, geoximiya, geologiya. Ular asosida fanning yangi tarmoqlari tug'ilib rivojlanishyapti - sayyoralar fizikasi, planetoximiya, planetologiya va boshqalar.

2.Yer tipidagi sayyoralar. Merkuriy, Venera, Mars. Yer va Oy fizikasi.

Yer sayyorasi: tuzilishi va fizikasi. Bu paragrafda biz umumiy holda Erning atmosferasini va ichki tuzilishini qarab chiqamiz. Erning fizik tuzilishini vertikal holatda qarab chiqadigan bo'lsak u ketma ket konsentrik sferalardan iboratligi ko'ramiz. Ulardan eng yuqorisi - gazdan iborat atmosfera, keyingisi suyuq gidrosfera, u sayyoraning asosiy qatlami - litosferani qisman qoplab turadi. Bu uchchala sfera o'z navbatida o'zigacha fizik xususiyatlariga ega bo'lgan qatlamlarga bo'linishadi.

Ichki tuzilish. Avval litosferani qarab chiqamiz. Chuqur qatlamlar haqida ma'lumotni zilzilalar va Erning inertsia momenti berishadi. Erning o'rtacha zichligi $5,5 \text{ grG}^{\text{sm}^3}$, sirdagi zichlik taxminan $3 \text{ grG}^{\text{sm}^3}$. Demak chuqurlik bilan zichlik oshadi. Radius bo'ylab zichlik oshsa, u sharning inertsia momenti kichayadi. Erning inertsia momenti bir jinsli sharning inertsia momentidan 0,83 qismini tashkil etadi. Bu modda konsentratsiyasining chegaralarini belgilaydi. Keyin ma'lumotlarni tahlil etishda seysmologiya fani yordam beradi. Gap shundaki, zilzilalar va portlashlar paytida litosferada Erning eng chuqur qatlamlarigacha boradigan ikki turdagi seysmik to'lqinlar tarqaladi - ko'ndalang va bo'ylama. Bo'ylama to'lqinlarning tezligi kattaroq. To'lqin biron bir chegaradan o'tsa, u qaytariladi va sinadi. Seysmik tebranishlarni kuzatib va o'tish vaqtini o'lchab, qatlamlarning chuqurligini va u erdagi o'zgarishlarni o'rganish mumkin.

Ko'ndalang to'lqinlar suyuqlikda tarqalishi mumkin emas. Ular litosfera juda katta chuqurliklarga qatq jismdan iboratligini ko'rsatishadi. Lekin 3000 km chuqurlikdan boshlab ko'ndalang to'lqinlar kuzatilmaydi, demak litosferaning ichki qismi erigan yadrodan iborat. Keyingi tadqiqotlar yadro ikki qismga bo'linishini ko'rsatdi - ichki yadro (radiusi 1300 km va taxminlarga ko'ra qattiq) va suyuqlangan tashqi yadro (radiusi 3400 km). Erning yuqori qattiq qatlami ham bir jinsli emas. Taxminan 40 km chuqurlikda modda keskin o'zgaradigan chegara bor. Uning nomi Moxorovich qatlami. U qatlamning yuqorisi qobiq deb ataladi, pastisi esa mantiya.

Mantiyaning zichligi Moxorovich qatlamida $3,3 \text{ gr/sm}^3$ dan yadro chegarasida $5,2 \text{ gr/sm}^3$ gacha oʻzgaradi. Chegaradan keyin yadroning zichligi $9,4 \text{ gr/sm}^3$ gacha keskin oshadi va Erning markazida u qiymat $14,5 \div 18 \text{ gr/sm}^3$ boʻladi. Mantiyaning pastki qismida bosim $1,3 \cdot 10^6 \text{ atm}$ ga teng boʻladi. Laboratoriya sharoitida bunaqa qiymatlarga erishib boʻlmaydi. Mantiya va yadroning kimyoviy tarkibi deyarli teng - temir, magniy, kremniy va boshqa elementlarning oksidlari. Mantiyaning harorati paski qatlamlarda 5000°K oshmaydi, yadroning harorati taxminan 10000°K . Issiqlik manbasi mantiyada boʻlayotgan radioaktiv boʻlinish. Ba'zi joylarda harorat erish nuqtasidan oshib ketadi va u erda lava hosil boʻladi.

Qobiqning tuzilishi bir jinsli emas. Okeanlar tagida uning qalinligi kichkina, materiklarda katta. qobiq, gidrosfera va atmosfera vulqonlar jaraynida mantiyadan otilib chiqaytgan lava, gaz va boʻgʻlar ta'sirida shikillanishgan. Er qobigʻining yoshi taxminan $4,5 \cdot 10^9$ yil deb aniqlangan. Yer sathining 71% gidrosferani asosiy tashkil etuvchi okeanlar qoplagan. Er - Quyosh tizimida gidrosferaga ega boʻlgan yagona sayyora. Gidrosferadagi suv sirkulyatsiyasi turli yoʻllar bilan Erdagi iqlimni boshqarib turadi. Masalan parnik effekti yoʻli bilan. Unda Quyoshdan kelgan optik nurlanish Er sathida infraqizil nurlanishga aylanadi, uni oʻz navbatida suv boʻgʻlari yutib oladi va qiziydi. Yoki gidrosfera yoz faslida issiqlikni toʻplaydi va qishda tarqatadi va harorat tebranishlarini yumhatadi. Undan tashqari gidrosfera issiqlikni Erning ekvatorial qismlaridan shimoliy, hattoki qutbiy kengliklarga olib boradi (Golfstrim oqimi).

Atmosfera. Er atmosferasi litosferaga qaraganda yahshiroq oʻrganilgan. Kimyoviy tarkibi 6 javdalda berilgan. Atmosferanigʻng asosiy tashkil etuvchilari - azot ($\sim 80\%$) va kislorod ($\sim 20\%$). Atmosferaning hozirgi tarkibi qadimnikidan ($4,5 \cdot 10^9$ yil avvalgi) keskin farq qiladi. Oʻsha paytda kislorod oʻrnida uglekislota koʻp edi.

Jadval 6. Yer atmosferasining kimyoviy tarkibi	
Tashkil etuvchi	Protsent ulushi (hajm boʻyicha)
Azot, N_2	78
Kislorod, O_2	21
Karbonad angidrid gazi, CO_2	0,03
Argon, Ar	0,93
Neon, Ne	$1,8 \cdot 10^{-3}$
Geliy, He	$5,2 \cdot 10^{-4}$

Kripton, Kr	$1,1 \cdot 10^{-4}$
Ksenon, Xe	$8,7 \cdot 10^{-6}$
Vodorod, H ₂	$2,0 \cdot 10^{-5}$
Metan, CH ₄	$1,6 \cdot 10^{-4}$
Suv bug'i, H ₂ O	0,1
Ozon, O ₃	10^{-5}
Is gazi, CO	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Ammiak, NH ₃	10^{-5}
O'rtacha molekulyar massa	28,8

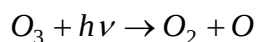
Atmosferaning Yer sathdagi o'rtacha harorati 288 K, effektiv harorati 249 K. Parnik effekti $\Delta T=39$ K ortig'ini yaratadi. Bu ortiq tirik organizmlarni yashashiga aynan to'g'ri keladi.

Atmosferaning pastki, harorat gradienti katta bo'lgan qatlami troposfera deb ataladi. U erda issiqlik infraqizil nurlar va konvektsiya yordamida o'tkaziladi va balandlik bilan uning harorati pasayadi. Troposferaning qalinligi 10 km. Undan yuqori Yer atmosferasining stratosfera, mezosfera va termosfera qatlamlari joylashgan. Troposferaning balandlik shkalasi quyidagicha aniqlanadi:

$$H = \frac{RT}{\mu g} = \frac{8,31 \cdot 10^7 \cdot 288}{28,8 \cdot 980} \approx 8 \cdot 10^5 \text{ sm}$$

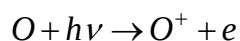
ya'ni bosim har 8 kilometr balandlikda e marta kamayadi.

Yer atmosferasining 20-25 kilometr balandligida harorat osha boradi. Buning sababi kvantlar ta'sirida ozonning parchalanishi:



Yuqoridagi reaksiya natijasida ozon $2000\text{\AA} \div 3000\text{\AA}$ oralig'ida ultrabinafsha nurlanishni yutadi va atmosferani qizitadi va maksimumi tahminan 50 kilometr balandlikda joylashgan. Mezosferadagi ozon qalqon singari Erni Quyoshning qattiq nurlanishidan himoya qilib turadi. Bu qalqonsiz Yerdagi hozirgi ko'rinishdagi hayotni paydo bo'lishi gumonlidir.

Mezosferadan yuqori mezopauza nomli harorat minimumi bor. Undan keyin harorat yanada oshadi. Buning sababi $150 \div 300$ kilometr balandlikda kislorodning ionizitsiyasi sodir bo'layotganligi. Kislorod Quyoshdan kelayotgan ultrabinafsha nurlarini yutadi va ion va elektron hosil bo'ladi:



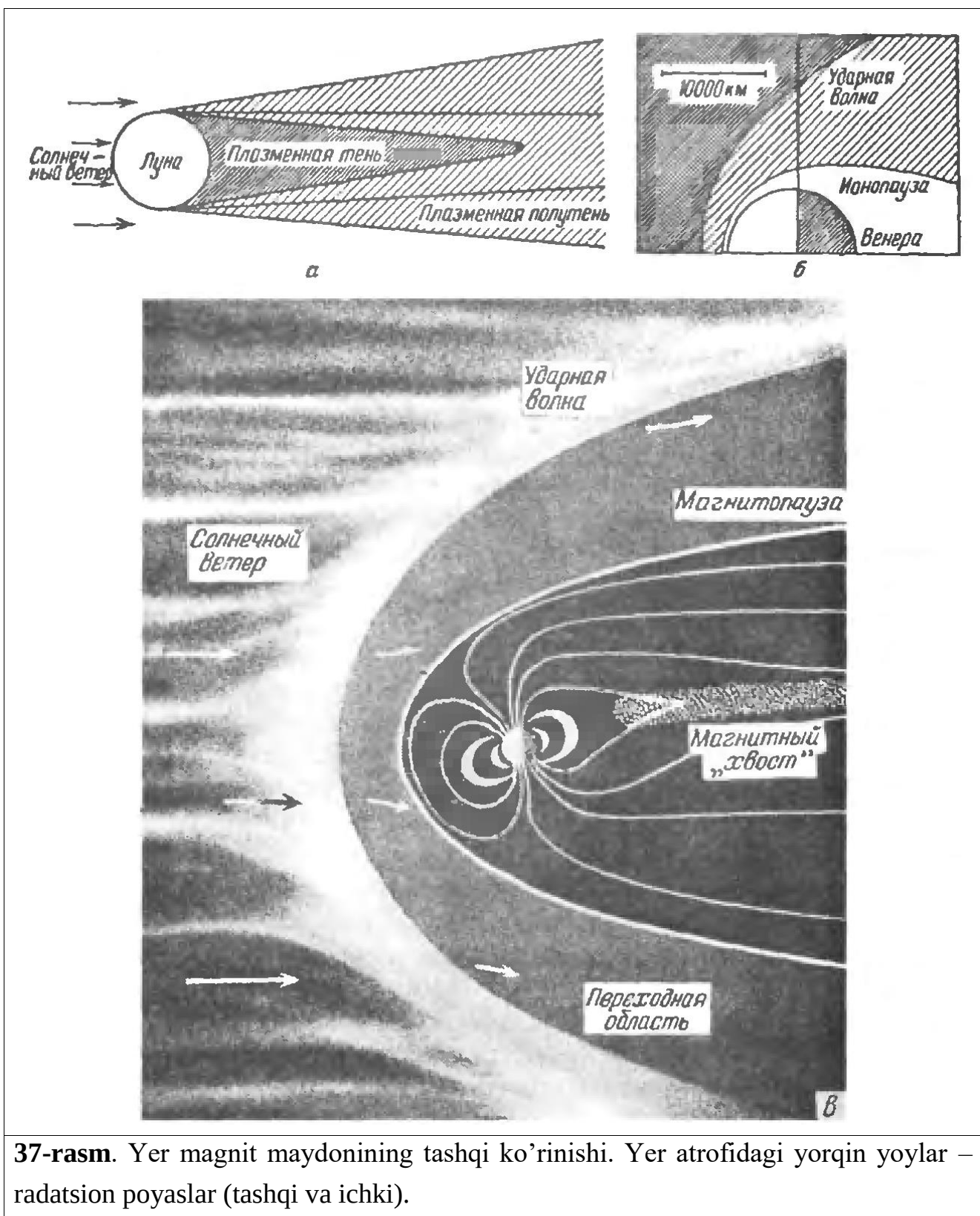
Mezosfera tahminan 400 kilometrgacha etadi. Bu erda atmosferaning harorati Quyosh faolligi davrida 1800 K gacha etadi, faollikning minimum yillarida bu harorat 1000K ga etadi. 300 kilometrlik balandlikda elektronlar kontsentratsiyasi kunduzi 10^6 sm^{-3} ni tashkil etadi. Shu zichlikdagi plazma to'liq uzunligi 20 metrdan katta bo'lgan radio nurlarni qaytarib yuboradi, undan qisqalarini esa o'tkazib yuboradi.

Yerning magnit maydoni. Er nisbatan kuchli magnit maydoniga ega, sathida $\sim 0,5$ ersted. Yer magnit maydonining kuchlanish chiziqlari o'rtacha olgandi dipolning kuchlanish chiziqlarini eslatadi. Faqat ularda qo'shimcha qobiqdagi magnitlashgan moddalarning ta'sirida hosil bo'lgan notekisliklar bor. Haqiqiy magnit maydoniga yaqin bo'lgan faraz qilingan dipol ekvivalent magnit dipoli deyiladi. Bu dipolning qutblari geografik qutblarga to'g'ri kelmaydi. Shimoliy magnit qutbning geografik koordinatalari $\varphi=79^\circ$ sh.k., $\lambda=70^\circ$ g'.u. (shimoliy Grenlandiya). Magnit maydonning qutblanishi har 500 ming $\div$ 50 mln yil intervallarida o'zgarib turadi.

Magnit maydonning vujudga kelishi dinamo-mexanizmi bilan bog'liq. Magnit maydoni suyuq yadrodagi gidrodinamik harakatlari natijasi deb hisoblanadi. Suyuq yadroning harorati katta (bir necha ming K) va u sezilarli o'tkazuvchanlikga ega. Agar yadroda kichkina bo'lgan ham boshlang'ich magnit maydoni bo'lsa, yadrodagi modda oqimi bu magnit maydon bilan to'qnashganda uni kuchaytirib yuboradi. Sababi elektr oqimi boshlag'ich maydonga qo'shimcha magnit maydonni hosil qiladi, u o'z navbatida elekt oqimini kuchaytiradi va bu jarayon qayta qayta takrorlanaveradi. Bu jarayon elektr oqimida hosil bo'ladigan issiqlik energiyasi gidrodinamik harakatlaridan hosil bo'ladigan energiya bilan tenglashmagunicha davom etaveradi.

Shunday qilib, sayyoraning magnit maydoni mavjudligi unda qisman suyuq yadrosi borligini ko'rsatadi. Lekin teskarisi haqiqiy emas, ya'ni magnit maydoni yo'qligi suyuq yadro yo'q degani emas. Magnit maydonning hosil bo'lishida yana boshqa faktorlar ham muhim rol o'ynashadi, masalan Oyning ta'siri.

Uzoq masofalarda Yer magnit maydonining shakli Quyosh oqimi ta'sirida o'zgaradi. Yerning magnit maydonida ko'p sonli zaryadlangan zarrachalar ushlanib qolinadi (elektron va protonlar), ular radiatsion poyaslarini tashkil qilishadi. Ularning ikki turi mavjud. Ichki poyas protonlardan (10^8 eV) va elektronlardan ($20\div 500$ keV) iborat. Bu poyas balandligi 2400 kilometrdan 5400 kilometrgacha bo'lgan oraliqda va $\pm 30^\circ$ kengliklarda joylashgan. Tashqi poyas balandligi 12000 $\div$ 20000 kilometr oraliqda joylashgan. U kichikroq energiyali proton va elektronlardan iborat. Poyaslar tushunchasi nisbiy, ularning chegaralari qanday zarrachalar qaralayotibdi va ularning energiyalariga bog'liq. Balandligi 50000-60000 kilometrda uchinchi radiatsion poyas, yoki halqasimon oqimi joylashgan. Uning kuchi 10^7 Amper va u 200 eV energiyali elektronlardan tashkil topgan. Umuman olganda zaryadlangan zarrachalar iqimi bor bo'lgan Yer atrofidagi fazo magnitosfera deb ataladi.



Quyosh oqimining Yerga ta'siri sezilarli, ba'zi paytlarda juda katta. Uning tasir kuchi vaqti-vaqti bilan bir necha soatlar davomida o'zgarib va tebranib turadi. Bu

hodisa magnit bo`roni deb ataladi. Magnit bo`ronlar har hil hodisalarga olib keladi. Masalan shimoliy kengliklarda qutb chaqnashlari kuzatiladi. Yana u Yerda yana radio aloqa buziladi. Sababi Quyosh chaqnashlar paytida magnitosferada qo`shimcha zaryadlangan zarrachalar paydo bo`ladi va ionlanish darajasi keskin oshib ketadi.

Oy fizikasi.Oy - Yerga eng yaqin bo`lgan tabiiy osmon jismi. Uning radiusi 1738 kilometr, Yerdan o`rtacha masofasi 384400 kilometr. Oyning massasi Yernikidan 81,3 marta kam, Yerkin tushish tezlanishi 163 sm/s^2 , bu Yernikidan 6 marta kichkina. Oydagi parabolik tezlk $2,83 \text{ km/s}$ yoki Yerdagidan 4,6 marta kichik. Oydagi tortish kuchi va parabolik tezlik kichikligi sababli unga qo`nish va undan uchish masalasi nisbatan oson echiladigan masala. Shu sababli Oy - odamlar qo`ngan birinchi tabiiy jism.

Oy massasining Yer massasiga bo`lgan nisbati  $(1/81,3)$  boshqa sayyora-yo`ldosh sistemalaridan nisbatan ancha katta. Shu kattalik bo`yicha keyingi o`rinda turadigan sistema bu Neptun-Triton, lekin neptunning massasi 700 marta katta. Shu sababli Yer-Oy sistemasini qo`shaloq sayyorlar sistemasi deb atashga asos bor. Oyning boshqa xususiyatlaridan biri bu uning o`rtacha zichligi - $3,3 \text{ gr/sm}^3$, u Yerning zichligidan 1,5 marta kam ($5,5 \text{ gr/sm}^3$).

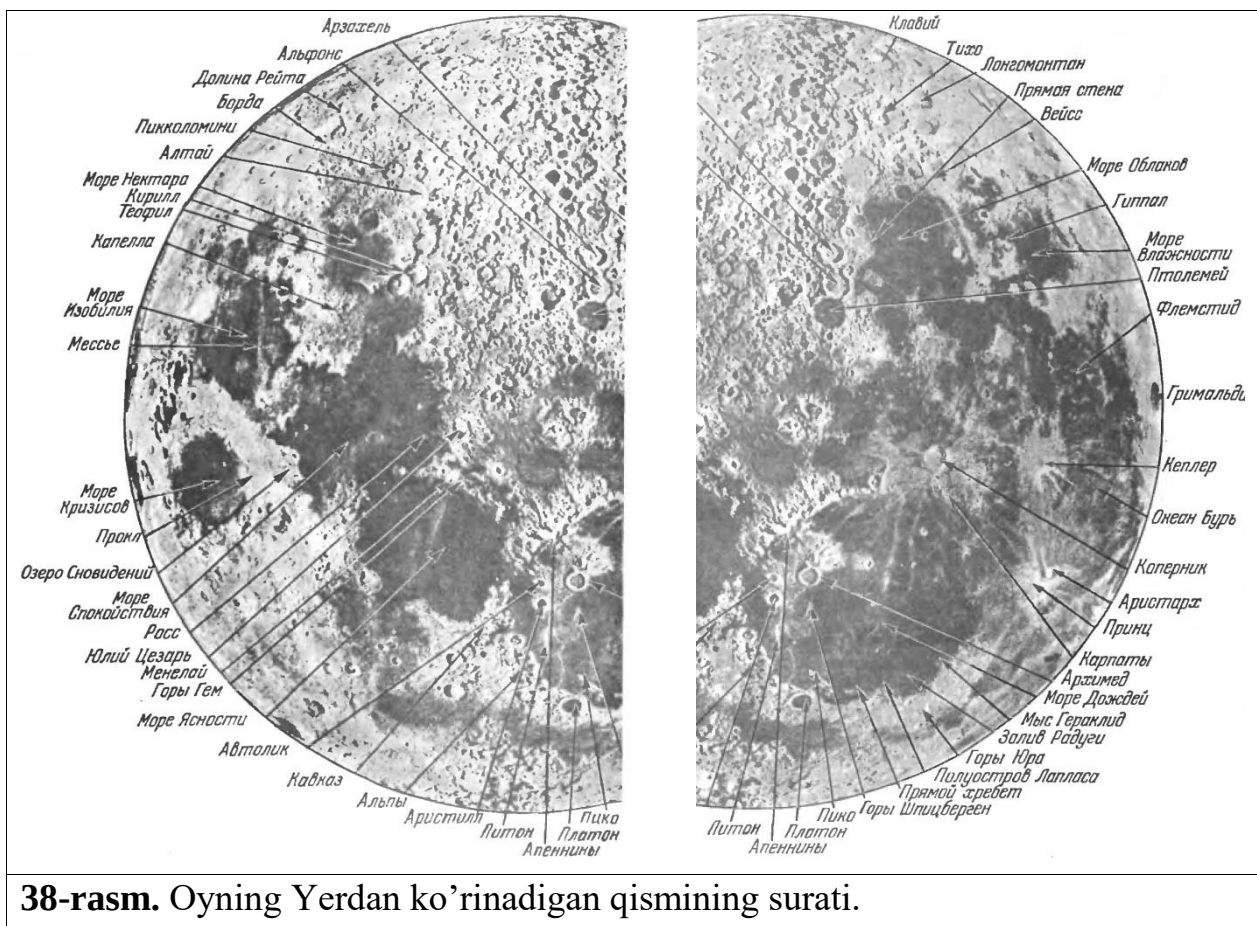
Oyning o`q atrofida aylanish davri Yer atrofida aylinish davriga teng, shuning uchun Oy har doim Yerga bir tomoni bidan ko`rinadi. Bunaqa harakat sinxron harakat deiladi.

Oy sathining yirik detallari - “dengizlar” va katta tog` sistemalari bevosita ko`z bilan ko`rinadi. Oyni teleskopda birinchi bo`lib Galiley kuzatgan. U Oyning qoramtir sohalarini dengiz deb atadi va Oyda suv yo`qligi ma`lum bo`lsa ham, bu termin hozirgacha saqlanib keladi. 9,22 rasmda Oyning haritasi ko`rsatilgan. Oy sathining 70% egallaydigan keng, yorug` sohaları materiklar deb ataladi. Bu notekis, tog`li joylar. Oyning qolgan 30% qismi - dengizlar, tekis silliq sohalar. Ularga XVII asrda Tinchlik Dengizi, Yomg`irlar Dengizi, Sokinlik Dengizi, Bo`ronlar okeani va h.. nomlar berilgan.

Materiklarni tog` xrebetlari kesib o`tishadi. Ular asosan dengizlarning qirg`oqlarida joylashgan. Ularga Erdagi tog`larning nomlari berilgan: Appeninlar, Kavkaz, Alplar, Altay va boshqa. Tog`larning eng katta balandilgi 5,6 kilometr. Oy relefining eng ajoyib shakillaridan biri - kraterlar. Oy krateri halqasimon valdan va uning ichidagi tekislikdan iborat. Ba'zi tekislikning o`rtasida markaziy tog` mavjud, uning balandligi valning balandligidan oshmaydi. Eng katta kraterlarning diametri 100 kilometrgacha boradi. Karterlarga olimlarning nomlari berilgan (38-rasm).

Oyning ko`rinmas qismi KAlar yordamida 1959 yildan boshlab o`rganib kelinmoqda. Tadqiqotlar natijasida Oyning orqa tomonida ma`lum farqlari borligi

aniqlandi. Orqa tomondagi pastliklar qoramtir emas, balki yorqin sohalar bo`lib ko`rinadi - basseynlar. Oldi qismida pastliklar lava bilan to`ldirilgan, orqada bu kuzatilmaydi. Dengizlar orqa tomonda basseynlar bilan davom etadi. 1966 yilda Oyga “Luna-9” nomli birinchi avtomatik sayyoralararo stantsiya (ASS) qo`ndi va Oy sathining birinchi suratlarini Erga uzatdi. Bundan boshlab ko`p ASSlar oyga borib ishlashgan. Ular qo`nish joyda qator ilmiy ishlarni olib borishgan.



38-rasm. Oyning Yerdan ko`rinadigan qismining surati.

Kuzatuvchining ko`zi Oyni yorug` va sariqroq disk bo`lib ko`radi. Lekin bu aldamchi yorug`lik, Oyning qaytarish qobiliyati juda kichkina. Oyning sferik albedosi tahminan 0,06. Yorug` sohalarning qaytarish qobiliyati qoramtirlarnikidan 2-3 marta katta. Oy sathining eng yorug` sohalari - kraterlar atrofidagi “nurlar” tushayotgan nurlanishning 20% qaytarishadi. Oy sthi tomonidan yutilgan energiya uni qizitadi va infraqizil diapazonda qayta nurlanadi. Oyning infraqizil va radiodiapazondagi kuzatuvlar quyidagilarni ko`rsatdi:

1. Oy ekvatorida sathning kunduzigi harorati taxminan 390 K bo`ladi.
2. Qorong`ida sathning harorati juda sovuq - 100-120 K.

3. Oy gruntining isiqlik o'tkazuvchanligi juda past, quruq qumning issiqlik o'tkazuvchanligiga teng. Tun va kun orasidagi harorat tebranishlari 10 santimetr chuqurlikda tekislanib ketadi.

Bu kuzatuvlar va ASlarning tadqiqotlari Oy grundi kovak strukturaga egaligini ko'rsatdi. Gruntning muhim ma'lumotlari ASS tomonidan olib kelingan namunalardan aniqlandi. Hozirgi paytda Yerda Oy gruntining tahminan 400 kilogram namunalari saqlanadi. Bu namunalarning tarkibi Yer gruntining tarkibiga o'hshab ketadi. Dengizlar bazaltlardan, kontinentlar silikatlardan tashkil topishgan. Oy gruntining yoshi juda katta, eng qarilari 4,5 milliard yil. Oy sathining ko'rinishi (erishmalar va singan parchalar) uzliksiz meteorit bombardimonligini ko'rsatadi. Lekin sathning buzilish tezligi juda kichik, tahminan 10^{-7} sm/yil. Bu degani Oydagi KAlar yana million yillar davomida saqlanib borishadi.

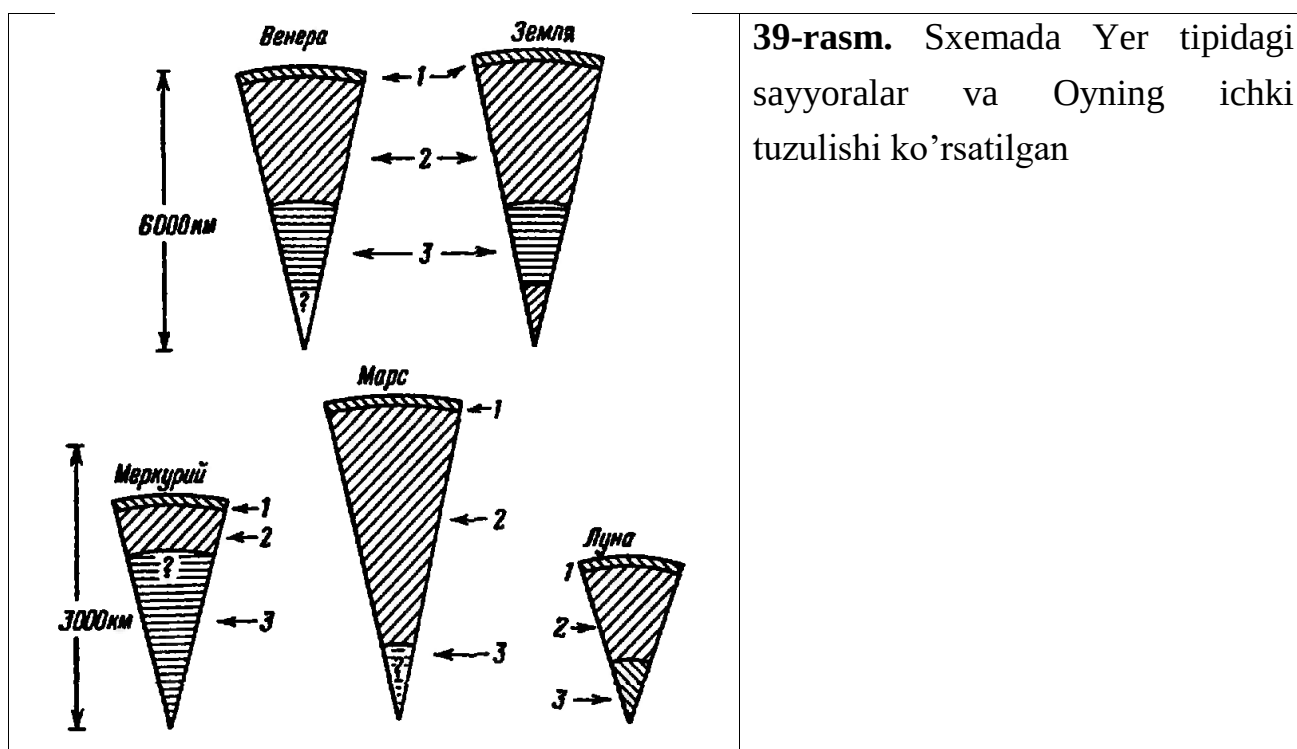
KAlardagi seysmograflar Oyda meteoritlar tushishi bilan bog'liq bo'lgan ko'p sonli mayda zilzilalarni sezishdi. Bu tadqiqotlar Oyda katta seysmik faollikni ko'rsatishmadi. Lekin Oy geologik o'lgan sayyora emas. Oyda vulqonlar bilan bolik chaqnashlar kuzatildi. Hattoki otilib chiqqan gaz bulutining spektri olindi.

Oyda magnit maydoni deyarli yo'q, u Yer maydonining 10^{-4} qismini tashkil qiladi. Bundan Oyda suyuq yadrosi ham yo'q degan hulosa qilish mumkin. Oyda qalinligi 60 kilometrli qobiq, mantiya va ehtimol kichkina qattiq yadro mavjud.

Kraterlarning ko'pchiligi meteoritlardan paydo bo'lishgan, vulqon otlishi izlari juda kam. Ba'zi paytlarda ikkala jarayon o'rinli bo'lishi mumkin, chunki juda katta meteoritlar tushganda qobiqni yorib o'tib vulqonlar otilishiga, lava va gaz yoyilishlariga olib kelishi mumkin.

Oy sathi Quyosh tizimining boshlang'ich bosqichlarida bo'lib o'tgan jarayonlarni o'rganishda juda qo'l keladi. Lekin baribir birinchi yuz ming yillar haqida ma'lumotlar etarli emas. Shuning uchun Oy kelib chiqishining to'liq nazariyasini qurish qiyin. Zamonaviy nuqtai nazariga ko'ra Oy shakillanishining birinchi bosqichi bu planetozemal jismlarning akkretsiyasi (boshqa Er tipidagi sayyoralar singari). Keyin Oyning juda qari bo'lgan qobig'i shakillandi. Bu ikkinchi bosqich edi. Uchinchi bosqich vulqonlar faolligi bilan ajraladi. Bu paytda Oyning mantiyasi suyultirilgan holatda bo'lib, lavaning ulkan massalari qobiqni yorib yuborishar edi. Eng qari kraterlarning yoshi 4 milliard yil. Tahminlarga ko'ra o'sha paytda Oy sathiga ohirgi kuchli planetozemallar oqimi tushib kelgan. Bu Oy evolyutsiyasining to'rtichi bosqichi edi. Eng katta meteoritlar ta'sirida dengizlar paydo bo'lgan. Undan keyin beshinchi davr boshlandi. Bu paytda lavaning juda katta massalari qobiq ichidan sochilib chiqqan. Bu jarayonlar tahminan uch milliard yil avval tugagan va ohirgi - eng uzun - sokinlik bosqichi kuchga kirdi. Meteoritlar tushishi keskin kamayib ketdi. Shuning uchun dengizlar hozirgacha tekis va silliq sathini saqlab qolishgan.

Yer tipidagi sayyoralar fizikasi Yuqoridagi aytilgandek, Er va Mars o'z xususiyatlari bilan boshqa sayyoralardan ajralib, Er tipidagi sayyoralar guruhini tashkil qilishadi. 4 va 5 jadvallarda ularning orbital va fizik xarakteristikalari berilgan. Bu erda biz Er tipidagi sayyoralarning umumiy jihatlarini va xar birini alohida qarab chiqamiz (Er oldinga paragrafda o'rganilgan).



Bu sayyoralarning har biri qattiq qobiqqa ega. Bu qobiqda ularning 99,99% massasi jamlangan. Venera, Er va Mars atmosferaga ega, Merkuriyda u yo'q. Faqatgina Erda gidrosfera va biosfera mavjud. Marsda gidrosferaning analogi - kriosfera - qutb va gruntdagi muzlar. Venerada suv yo'q, ammo atmosferasidagi bo'g'larning kontsentratsiyasi 1 sm qalinlikdagi suv qatlamiga mos. Merkuriy, Yer va Marsda o'z magnit maydonlari bor.

Yer tipidagi sayyoralarning qobig'ini vertikal tuzilmasini qarasak, u erda bir nechta fizik-kimyo xarakteriskalari bilan ajralib turadigan qatlamlarni ajratishimiz mumkin. 39-rasmda sayyoralar ichki tuzilishining sxemasi berilgan.

Yerning ichki tuzilishi yaxshi o'rganilganligi sababli, u boshqa sayyoralarni o'rganishda model tariqasida ishlatiladi. Yer singari bu sayyoralarda qalinligi 10-100 kilometrli eng yuqori qattiq qatlam - qobiqni, keyin qalin va qattiq qatlam - mantiyani va nihoyat yadroni ajratish mumkin. Yer tipidagi sayyoralarda tektonik hrakatlarlar izlari kuzatiladi. Bu jihatdan Yer eng faol, keyin Venera va Mars keladi. Shu

guruhlardagi sayyoralarning kimyoviy tarkibi quyosh tarkibidan keskin farq qiladi - vodorod, geliy va va inert gazlar juda kam. Buni 6 va 7 jadvallarda ko`rish mumkin.

Jadval 7. Venera va Mars atmosferalarining kimyoviy tarkibi. Protsent ulushi (hajm bo'yicha)		
Tashkil etuvchi	Venera	Mars
Azot, N ₂	3,5	2,7
Kislorod, O ₂	Qiymati aniqlanmagan	0,13
Karbonad Angidrid gazi, CO ₂	96,5	95
Argon, Ar	$7 \cdot 10^{-3}$	1,6
Neon, Ne	$7 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$
Geliy, He	$1,2 \cdot 10^{-4}$	Qiymati aniqlanmagan
Kripton, Kr	$7 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$
Ksenon, Xe	Qiymati aniqlanmagan	$8 \cdot 10^{-6}$
Vodorod, H ₂	10^{-3}	Yo'q
Metan, CH ₄	Yo'q	Yo'q
Suv bug'i, H ₂ O	$2 \cdot 10^{-3}$	0-0,2
Ozon, O ₃	Yo'q	$(0,4-2) \cdot 10^{-5}$
Is gazi, CO	$3 \cdot 10^{-3}$	0,07
Ammiak, NH ₃	Yo'q	Yo'q
O'rtacha molekulyar massa	43,5	43,5

To`rtta sayyoralarning hammasi intensiv meteorit bombardimonligiga duch kelishgan. Mars va merkuriyning tuzilishida bu katta rol o`ynagan. Venera va Erda ularning izlari tekislanib ketgan.

Merkuriy. Quyoshga eng yaqin sayyora, o'lchamlari Oynikidan sal katta. Zichligi Ernigiga yaqin, erkin tushish tezlanishi Ernigidan 2,6 marta kichik. Quyoshga yaqinligi va kichik burchak kattaligi (tahminan 7") sababli uni kuzatish juda qiyin va bu sayyora haqida Erdan olingan ma'lumotlar kam. Uning aylanish davrini faqat radiolokatsiya usuli bilan topishgan. Bu usul yordamida sayyoraning tezligini va yo`nalishni topish mumkin. Merkuriyning radiolokatsiyasi uning o`q atrofida aylanish davri $58,6 \pm 0,5$ kunga tengligini ko`rsatdi. Bu Quyosh atrofida aylanish davrining 2/3

qismini tashkil qiladi. Aylanish o`qi ekliptika tekisligiga deyarli perpendekulyar. Merkuriyning tabiiy yo`ldoshlari yo`q.

Merkuriy haqidagi boshqa ma'lumotlar "Mariner-10" KA yordamida olingan. 40-rasmda Merkuriyning mozaika shaklidagi surati ko`rsatilgan. Merkuriy sathining ko`rinishi Oyni eslatadi - duja ko`p kraterlar. Ammo farqlar xam bor. Merkuriyda keng, tekis va kraterlardan hol dengiz sohalari yo`q. Ikkinchi tomonlan u erda baland (bir necha kilometr) va cho`zilgan toq sistemalari mavjud. Bu degani sayyora evolyutsiya jarayonida siqilib borgan.

Merkuriyning sathi ekvatorda kunduzgi tomonida 700 K gacha qiziydi, qorong'i tomonida 100 K gacha sovib ketadi. Lekin ikkala tomondagi radionurlanishning intensivligi katta farq qilmaydi. Bundan hulosa - sathdagi grunt mayda parchalangan va kichik issiqlik o`tkazuvchanlikli moddadan tashkil etgan.

Merkuriy atmosferasining zichligi nihoyatda kichkina, kontsentratsiyasi 10^6 sm^{-3} . Er sharoitida bunaqa zichlik 700 kilometr tepalikda uchraydi. Atmosferaning kimyoviy tarkibi aniq emas. "Mariner-10" da o`rnatilgan spektrometr  $10^4 \text{ sm}^{-3}$  kontsentratsiyada geliyni topdi. Keynchalik u erda anchagina natriy borligi aniqlandi -  $10^5 \text{ sm}^{-3}$ . Sayyoraning kunduzgi haroratida natriy faqat gaz sifatida bo`lishi mumkin.



40-rasm. Merkuriyning mozaika shaklidagi surati

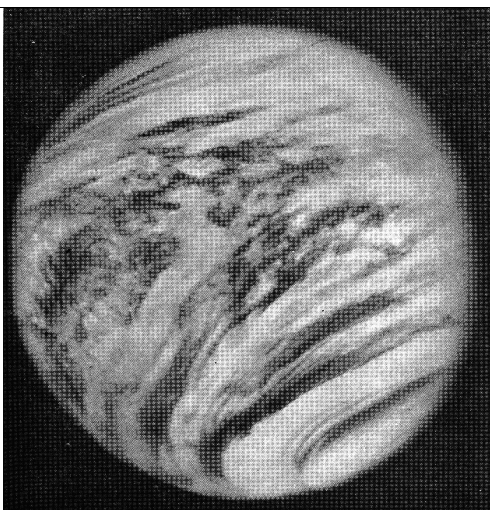
Merkuriyning magnit maydoni bor. Ekvator enida uning kuchlanishi $\sim 0,002 \text{ E}$ (Yernikidan 300 marta kichik). Magnit maydonining o`ki aylanish o`qi bilan taxminan

ustma-ust tushadi. Magnit maydoni suyuq yadro mavjudligini ko'rsatadi. Umuman aytganda Merkuriyning tashqi ko'rinishi Oyga o'hshaydi, ichki tuzilishiesha Yerga.

Venera. Uning massasi Ernikiidan katta farq qilmaydi ($M=0,82M_{Yer}$), o'lchamlari ham deyarli bir hil ($R=0,95R_{Yer}$). XVIII asrda Venerada atmosfera borligi isbotlandi. Shuning uchun ko'p yillar davomida Venerada va Erda fizik sharoitlari bir hil bo'lishi kerak degan fikr yuritilgan. Ammo ohirgi bir necha o'n yillar davomida o'tkazilgan tadqiqotlar bu fikrdan qaytarishdi. Veneraning qalin atmosferasi uni bevosita kuzatishga imkon bermaydi. Barcha kuzatiladigan hilma-hil detallar Veneraning qalin atmosferasiga tegishli va ular vaqt sari o'zgarib turishadi. 41-rasmda Veneraning ultrabinafsha nurlarda olingan surati ko'rsatilgan.

Venerani aylanish davri, Merkuriy kabi, radiolokatorlar paydo bo'lganidan keyn aniqlandi, chunki Yerdan uning sathini faqat radiodiapazonda ko'rish mumkin. Veneraning aylanishi juda sekin kechadi (davri 243 Yer sutkasi), yo'nalishi esa orbita bo'ylab harakat yo'nalishiga qarama-qarshi. O'qning ekliptikaga og'masi 3° .

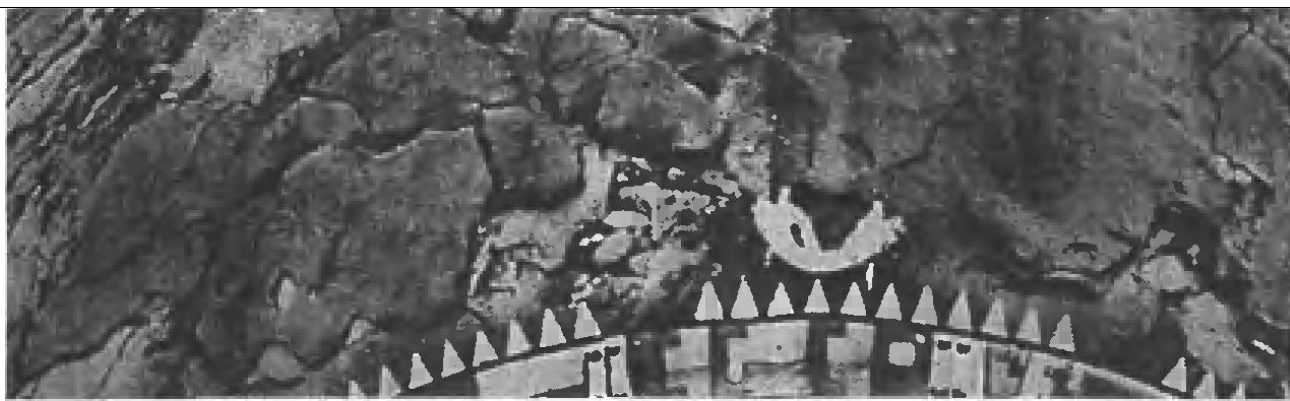
Aylanish va qaytish davrlari bir-biriga yaqin va yo'nalishlari qarama-qarshi bo'lgani sababli Venerada, u Quyosh atrofida bir marta aylanguncha, kun botishi va chiqishi ikki marta sodir bo'ladi. Veneraning bir sutkasi 177 Yer sutkasiga teng.



41-rasm.

Veneraning ultrabinafsha nurlarda ko'rinishi. Sayyora atmosferasida ekvatoridan qutb tomonga yo'nalgan shamollar ko'rinadi.

Radiolokatsiya yordamida Veneraning sathikeng o'rganilgan. Ma'lum bo'lishicha, Venera geologik faol sayyora. U yerda ko'p sonli vulqonlar va tektonok siljishlar izlari, lava oqimlari va qobiqdagi yorilganliklari kuzatildi. Bundan tashqari 1000 dan ortiq kraterlar topildi. Venera ichki tuzilishi bo'yicha Yerga o'xshadi degan taxminlar bor.



42-rasm. “Venera-14” tomonidan olingan Venera sathining surati.

Veneraning sathiga “Venera” seriyasidagi ASS qo`ndirilgan. Ular Erga Venera sathining suratlarini berishgan (42-rasm), atmosfera va gruntning kimyoviy tarkibini o`rganishgan (7 jadval). Atmosferaning asosiy tashkil etuvchisi - SO_2 va N_2 . Ulardan tashqari boshqa gazlar ham bor - suv bo`g`i, is gazi, SO_2 va HCl bo`g`lari. ASSlarda Venera atmosferasining harorat, bosim va zichlik profillari o`rganildi. Uning sathida harorat 735 K, bosim 90 atm ekan. Venerada fasillar almashuvi yo`q. Veneradagi katta harroat sababi - parnik effekti, chunki baland harorat, katta bosim va SO_2 ning katta miqdori bir-biri bilan bog`liq.

Venera atmosferasida bulutlar ham kuzatiladi. Ularning pasti chegarasi 48 kilometr, yuqorisi 70 kilometr balandlikda joylashgan. Ular katta qayotarish qobiliyatiga ega. Veneraning sferik albedosi Quyosh tizimida eng kattasi - 0,78. Natijada Venera Quyoshdan oladigan energiya miqdori Yernikidan ham kichkina.

Venera atmosferasidagi sirkulyatsiya murakkab xarakterga ega. 50-70 kilometr balandliklarda doimo shamollar keizgaydi, ularning o`rtacha tezliklari 100 km/s. Bu hodisa bulutlar harakati orqali topilgan. Keyin Venera atmosferasiga aerostatlar uchirildi. Ular uzatgan ma'lumotlarga ko`ra pastga tushish sari shamollar sekinlashishadi va sathning yaqinida o`rtacha tezlik 1 m/s bo`ladi. Kengliklar bo`yicha shamollar merianlarnikidan kuchliroq.

Veneraning magnit maydoni yo`q desa bo`ladi, Ernikiga nisbati 10-4. Veneraning tabiiy yo`ldoshlari ham mavjud emas.

Mars. Bu Er tipidagi to`rtichi sayyora, radiusi ernikidan ikki marta va massasi to`qqiz marta kichik. Ko`rinma diametri 25"dan 14" gacha o`zgarib turadi. Mars sathida

qo`zg`alams detalla mavjud. Bu uning aylanish davrini va ekliptikaga og`masini katta aniqlik bilan topishga yordam berdi (5 jadval). Erga o`hshab Marsda fasillar almashuvi sodir bo`ladi. Lekin janubiy yarimsharida shimoliyga qaraganda ez

qisqa va issiqroq. Sababi janubiy yarimsharida ez perigelidan o'tish paytiga to'g'ri keladi. Marsning bir yili 673 er sutkasiga teng.

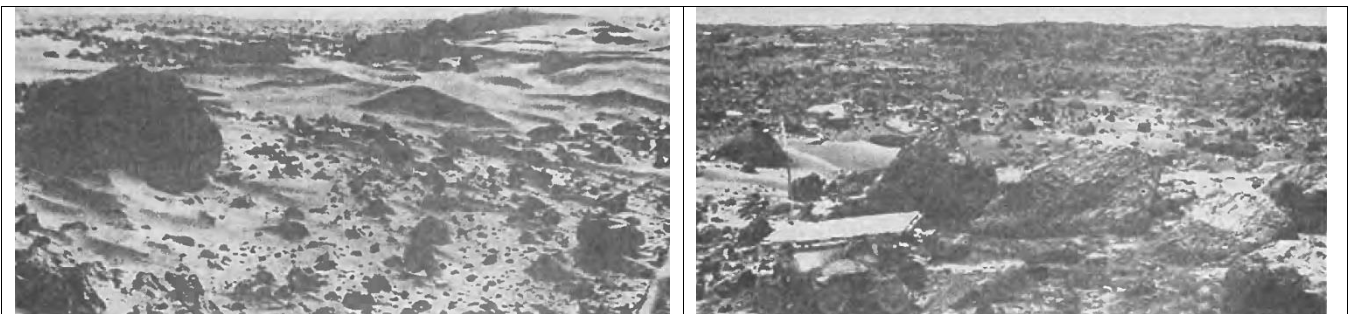
Teleskopda Mars sathini kuzatgan, u erda ko'p sonli detallar ko'rinadi. Ularni uchta guruhlariga bo'lishimiz mumkin:

1. Yorqin sohalar, yoki materiklar, diskning 2/3 qismini egallashadi. qizil-srg'ish rangli yorug', tekis dalalar.

2. Qutb qalpoqlari - qutblar atrofida qishda paydo bo'lib, yozda yo'qolib ketadigan oq dog'lar. Bu qalpoqlar qish davrida Marsni 50° kengliklarigacha bo'lgan sohalarini egallashadi.

3. Qoramtir sohalar (dengizlar) - diskni 1/3 qismini egallashadi. Dengizlarning ko'rinishi fasillarga bog'liq. Yozda ular yahshiroq ko'rinishadi, sababi chang to'zonlari bo'lishi mumkin.

KA va ASS lardan olib borilgan tadqiqotlar juda ko'p va qiziqarli natijalarni berishdi. Ularga ko'ra Mars sathida Er singari hamma geologik jarayonlar bo'lib o'tgan - zarbalar, tektonik surilishlar, vulqon otilishlari, erroziya. Lekin ularning izlari boshqacha proportsiyalarga ega. 43-rasmda "Viking-1" va "Masr-Pasfaynder" ASS lar tomonidan olingan Masr sathi suratlari ko'rsatilgan.



43-rasm. Mars sathining panoramasi: a) "Viking-1" olgan surat (1976); b) "Masr-Pasfaynder" uzatgan surat (1997), chapda "Sodjorner" nomli birinchi marsaxod.

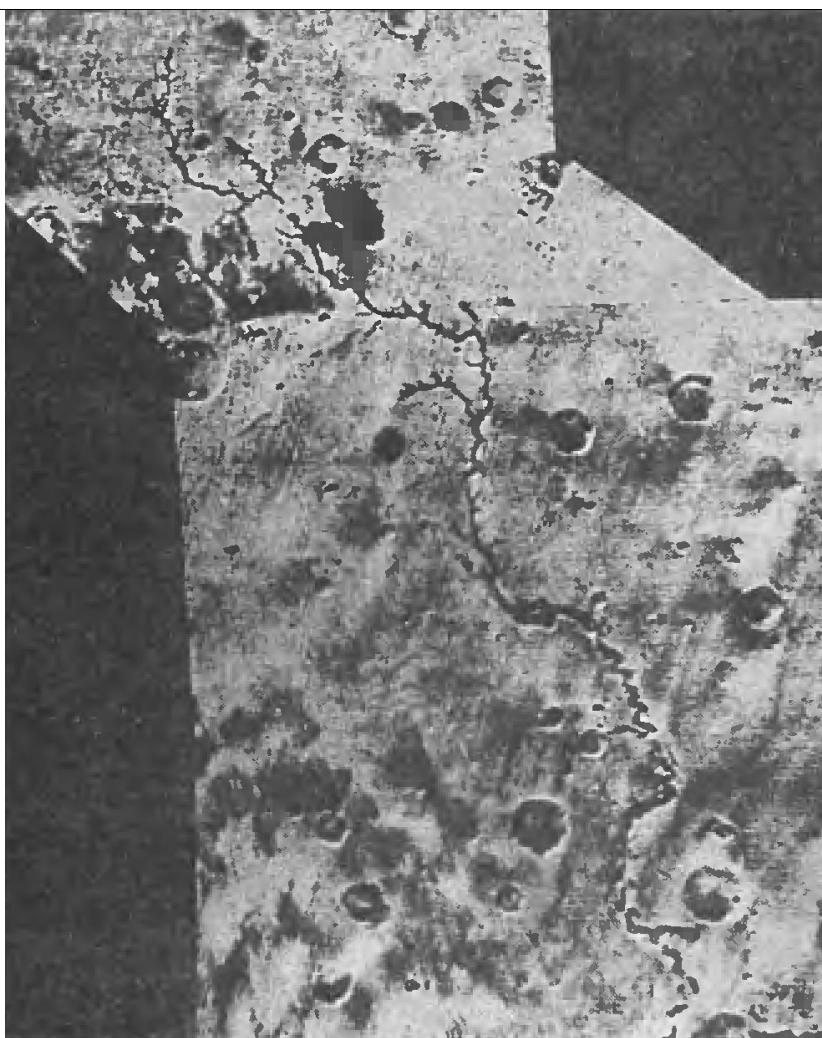
Mars paydo bo'lishi bilan kometa va asteroidlar tomonidan intensiv bombardimonligiga uchragan. Basseyn va kraterlar janubiy yarimsharida yaxshi saqlanib qolishgan, shimolida esa asosan tekislanib ketishgan. Shimoliy yarimshar yana bir xususiyatga ega - uning sathi bir necha kilometr pastroq. Buning sababi haligacha aniq emas. Bunga katta asteroid zarbasi yoki tektonik siljishlar bo'lishi mumkin. Lekin Marsda tektonikani roli nisbatan kichkina. Marsda tog' sistemalari yo'q. Ammo u erda juda katta, balandligi 25-28 kilometrga etadigan tog'lar mavjud. Bu tog'lar nisbatan "yosh" - 108 yildan oshmaydi. Bunaqa tog'larning paydo bo'lishi

sababi - Marsdagi toritish kuchi kichkinaligi va tektonik faollikning kamligi. 44-rasmda Marsda joylashgan Olimp tog'ning surati berilgan.



44-rasm. Ulkan bulqon tipidagi tog' – Nix Olimpia. Tog' konusining pastki diametri ~ 500 km.

Erroziya izlari xar-xil ko'rinishda mavjud - xaotik relefli sohalar, turli ko'rinishdagi vodiylar, suv, lava, muzliklar oqimlaridan qolgan uzanlar, barhanlar va xokazo. Hozirgi paytda Marsda bevosita suv mavjud emas. Kichkina bosim va katta harorat sababli u allaqachon bo'g'lanib, yo'q bo'lib ketgan. Qurigan daryo uzanlari qadimda Marsda suv bo'lganligi va zichroq atmosfera bo'lganliniki ko'rsatishadi. Uzanlarning ikki turi mavjud: ulka sel oqimlari va oddiy daryolar (45-rasm).



45-rasm. Nigral – Marsda qurilgan suv oʻzanini eslatadigan vodi. Uning uzunligi ~ 400 km. (“Mariner-9” ASS dan olingan surat).

Marsda magnit maydon bor, lekin u dipolli emas. Magnit maydon faqat bir nechta joyda mavjud. Mars sathining oʻrtacha harorati 200 K, ekvatorida kunduzgi harorat 290K, kechqurun 170 K, katta sutkali harorat tebranishlari sababi atmosfera zichligi va gruntning issiqlik oʻtkazuvchanligining kichikligi. Marsda eng past harorat qutblarda kuzatiladi 145 K. Mars gruntida ulkan abadiy muzliklar borligi tahmin qilinadi.

Mars atmosferasining kimyoviy tarkibi 7 jadvalda berilgan. Atmosferaning asosiy tashkil etuvchisi CO_2 va N_2 . Umuman atmosfera juda quruq. U erdagi boʻgʻ qiymati 1 mkm suv qatlamiga toʻgʻri keladi (Yerda 1 sm). Atmosfera bosimi atigi 6 millibar. Marsda shamollar ham kuzatiladi, lekin ularning tezliklari nisbatan kichkina - sekundiga bir necha metr. Ammo baʼzi paytlarda tezligi sekundiga 40-50 metrli kuchli shamol koʻtariladi. Oʻsha paytda katta chang toʻzonlari kuzatiladi, ular sayoraning

deyarli hamma yog`ini yopib ko`yishadi. Global chang to`zonlari faqat Marsga xos hodisa. Ular bir necha oylar davomida kezish mumkin.



46-rasm. Marsning tabiiy yo`ldoshi Fobos. 1400 km masofadan olingan surat.

Mars ikkita tabiiy yo`ldoshga ega - Fobos va Deymos (46-rasm). Ularni 1877 yilda amerikalik astronom Xoll ochgan. Ular sayyora sathiga juda yaqin va hira (+11,5^m va +12,5^m). Shuning uchun ularni kuzatish qiyin. Fobos markazdan 2,77 radius masofada harakatlanadi, uning aylanish davri 7h39m14s, ya'ni Marsnikidan ancha kam.

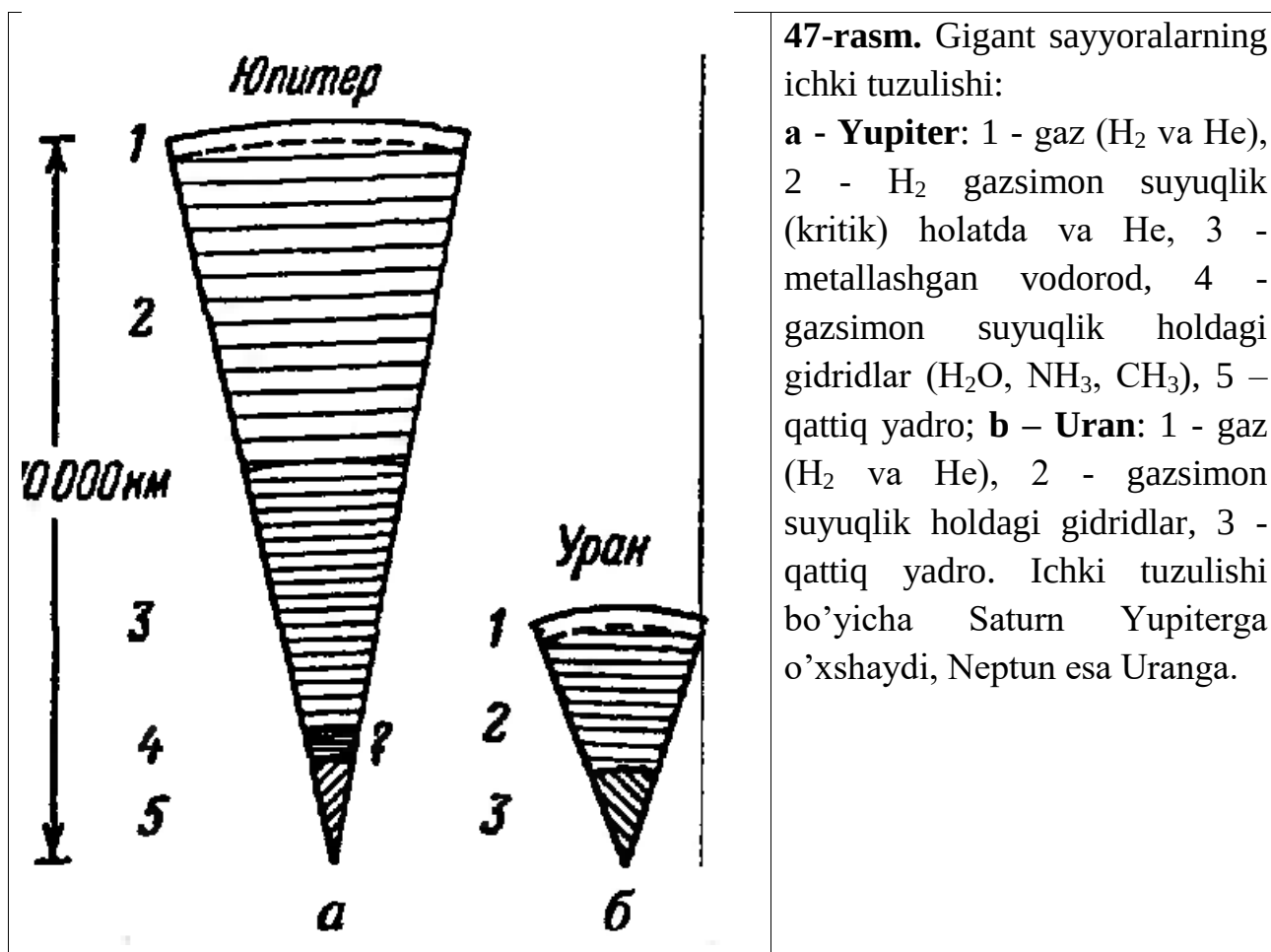
Natijada Fobos, to`g`ri harakatiga qaramay, g`arbda chiqadi. Deymos markazdan 6,96 radius masofada 30<sup>h</sup>17<sup>m</sup>5<sup>s</sup> davr bilan aylanadi. Ularning sathlarida kraterlar zichligi Marsnikidan kattaroq. Ikkala yo`ldosh noto`g`ri shaklga ega. Fobosning o`lchamlari taxminan 22-25 kilometr, Deymosniki esa taxminan 13 kilometr.

3.Ulkan sayyoralar fizikasi. Yupiter, Saturn, Neptun. Uran.

Yuqorida aytilgandek, Yupiter, Saturn, Uran, Neptun va ehtimol Pluton gigant sayyoralar tipiga kirishadi. Bu sayyoralarni o`rganish nihoyatda qiyin, chunki ular juda uzoqda joylashishgan va erdagi kuzatuvlar etarli emas. Ularni o`rganish uchun KAlardan foydalanish kerak. KAlar sayyoralarga yillar davomida safar qilishiadi.

1972-1977 yillarda gigant sayyoralarga “Pioner-10”, “Pioner-11”, “Voyadger-1” va “Voyadger-2” KAlari uchirilgan.

Shuni aytish kerakki gigant sayyoralarning ikkita jufti Yupiter, Saturn va Uran, Neptun o`zaro farq qilishadi. Birinchi juftlikning o`lchamlari kattarioq va zichligi kichkinaroq. Ularning kimyoviy tarkibi Er tipidagi sayyoralardan mutloq farq qiladi. Yupiter va Saturnda vodorod va geliyning miqdori Quyoshnikiga o`xshaydi. Boshqa elementlarning proporsiyasi ehtimol Quyoshdagidak. Uran va Neptunda og`ir elementlarning ulishi ko`proq.



Gigant sayyoralarning ichki tuzilishi ham Quyosh tizimidagi boshqa ob'ektlardan farqlanadi. 47-rasmda Yupiter va Uranning ichki tuzilishi modellari sxemasi ko`rsatilgan. quyida biz Yupiterning ichki tuzilishida batafsilroq qarab chiqamiz,

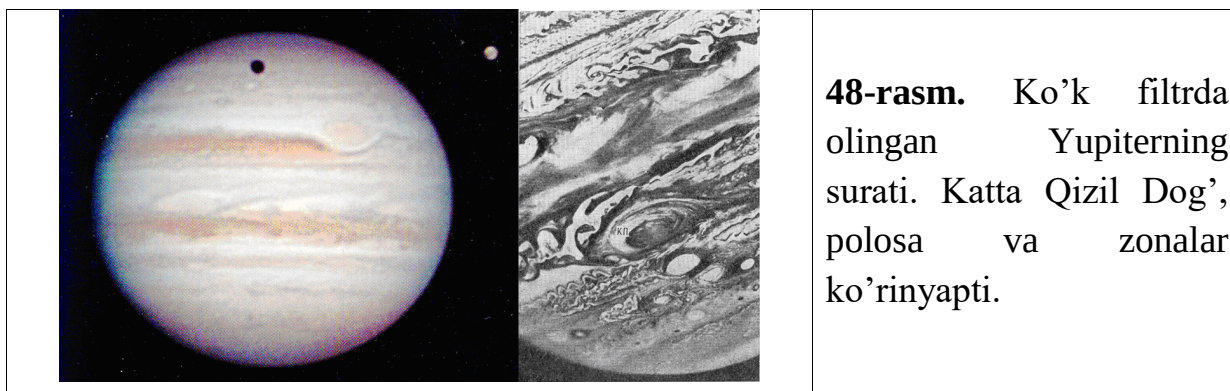
chunki u boshqa gigant sayyoralarga nisbatan yahshiroq o'rganilgan va uning natijalarini boshqalarga interpolatsiya qilish mumkin. Yupiterning ichki tuzilishida eng qizig'i uning moddasining holati. U modda holatini suyuq deyish mutloq to'g'ri bo'lmaydi. Aslida Yupiterdagi vodorod va geliy yuqorikritik holata bo'ladi. Bu holatda suyuqlik va gazning xususiyatlari o'zaro farq qilishmaydi, shuning uchun bu moddaning holati "gazsimon suyuqlik" deyiladi. Bundan tashqari 25-30 ming kilometr chuqurlikda vodorod tashqi elektronlarini yo'qotib, «aynigan» bo'lib qoladi. Bu holat metallarga ham hos, shuning uchun «aynigan» vodorodni metall desa bo'ladi. Yupiterning markazidagi harorat 30 000 K. Saturnning ichki tuzilishi Yupiterga o'xshaydi. Uran va Neptun sezilarli farq qiladi, u erda toshsimon moddaning ulushi ko'proq.

Yupiter. Bu Quyosh sistemadagi eng katta sayyora. Uning massasi Yernikidan 318 marta oshadi va Quyosh massasini 1/1050 qismini tashkil etadi. Ekvatorial radiusi Yernikidan 11,2 marta katta (71400 km). qutbiy radiusi sezilarli kamroq - 66900 kilometr, ya'ni sayyoraning siqilish darajasi katta ($\epsilon=1/16$). Yupiterning orbital va fizik xarakteristikalarini 4 va 5 jadvallarda berilgan, kimyoviy tarkibi 8 jadvalda.

Jadval 8. Yupiter atmosferasining kimyoviy tarkibi		
Tashkil etuvchi	Protsent	ulushi (hajm bo'yicha)
Azot, N ₂	-	
Kislorod, O ₂	-	
Karbonad angidrid gazi, CO ₂	-	
Argon, Ar	$\sim 10^{-3}$	
Neon, Ne	$2,3 \cdot 10^{-3}$	
Geliy, He	16	
Kripton, Kr	-	
Kseneon, Xe	Qiymati aniq emas	
Vodorod, H ₂	84	
Metan, CH ₄	$\sim 0,02$	
Oltin gugurt oksidi, SO ₂	-	
Suv bug'i, H ₂ O	Qiymati aniq emas	
Ozon, O ₃	-	
Is gazi, CO	-	

Ammiak, NH_3	$\sim 0,05$
O'rtacha molekulyar massa	2,3

Yupiterning yoy diametri taxminan $40''$. Uning diskida ko'p sonli detallar ko'rinadi, lekin ularning birontasi barqaror emas. Ular orasida asrlar davomida kuzatiladiganlari ham bor, lekin vaqt sari ularning shakli va joylanishi o'zgarib turadi. Yupiterning "ko'rinma" sathi aslida bulut qatlamlari. Ulardan eng yahshi ko'rinadigani - ekvator bo'yicha cho'zilgan qizil polosalar, ular zona nomli yorug' oraliqlar bilan almashishadi. Polosa va zonalar turli shakl va ko'rinishdagi dog'larga bo'linishadi. 1878 yilda 20° kenglikda Katta qizil Dog' nomli tuzilma topildi (48-rasm).

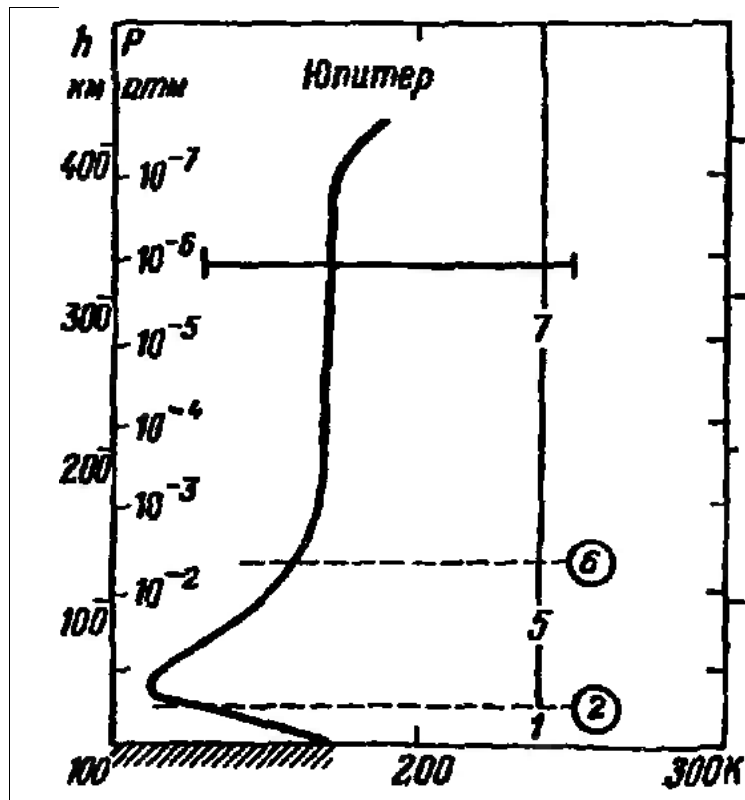


48-rasm. Ko'k filtrda olingan Yupiterning surati. Katta Qizil Dog', polosa va zonalar ko'rinyapti.

Quyosh singari Yupiter ham differentsial aylanishga ega. Aylanish davri kenglik kattayishi bilan oshadi. Yupiter diskidagi detallarning joylanishini ko'rsatish uchun u erda ikkita kengliklar sistemasi qo'llaniladi: I sistema ekvatorial sohalari uchun, aylanish davri $9^h50^m30^s$ va II sistema o'rta kengliklar uchun, uning davri $9^h55^m40^s$. Katta qizil Dog' II sistemada joylashgan.

Yupiter diskining yo'l-yo'l strukturasi u erdagi zonal (kengliklarga parallel) yo'nalishda sodir bo'layotgan shamollar oqibati. Shamollar paydo bo'lish mexanizmi huddi Erdagidek. Ekvator va qutblarga Quyoshdan kelayotgan issiqlik miqdori har hil, bu gidrodinamik oqimlarga olib keladi. Koriolis kuchlari ta'sirida ular zonal tomoniga og'ishadi. Yupiterning aylanish tezligi juda kattaligi sababli oqimlar ekvatorga deyarli parallel. Undan tashqari konvektiv oqimlar ichki qatlamlardan rangli moddalarni yuzaga olib chiqishadi. Bu bilan Yupiterning qizil rangi tushuntiriladi. qizil zonalar sohalorida konvektiv oqimlar kuchliroq. Er atmosferasiga o'xshab, Yupiterda ham siklonlar shakillanishadi. Ayrimlari juda barqaror bo'lishi mumkin (yashash davri $\sim 10^5$ yil). Ehtimol Katta qizil Dog' shunaqa siklonlarning namunasi. Bu dog'dan tashqari o'lchamlari kiskinaroq bo'lgan boshqa barqaror qizil dog'lar ham topilgan.

Bulutlar qatlamining yuqori qismida bosim 0,5 atm. U erdagi bulutlar ammiakning kristallaridan (NH_3), pastroqda muz va suv tomchilaridan iborat. 49-rasmda Yupiter atmosferasining vertikal kesmasi ko'rsatilgan. Yupiterda qattiq yoki suyuq sathi yo'qligi sababli no'l sathi sifatida shartli ravishda bosimi 1 atmga teng qatlam olinadi. Bosimi 0,15 atm qatlamida chuqur minimum mavjud, undan keyin harorat oshadi. Bosimi 10^{-3} atmdan yuqori qatlamlarning harorat profili yahshi o'rganilmagan.

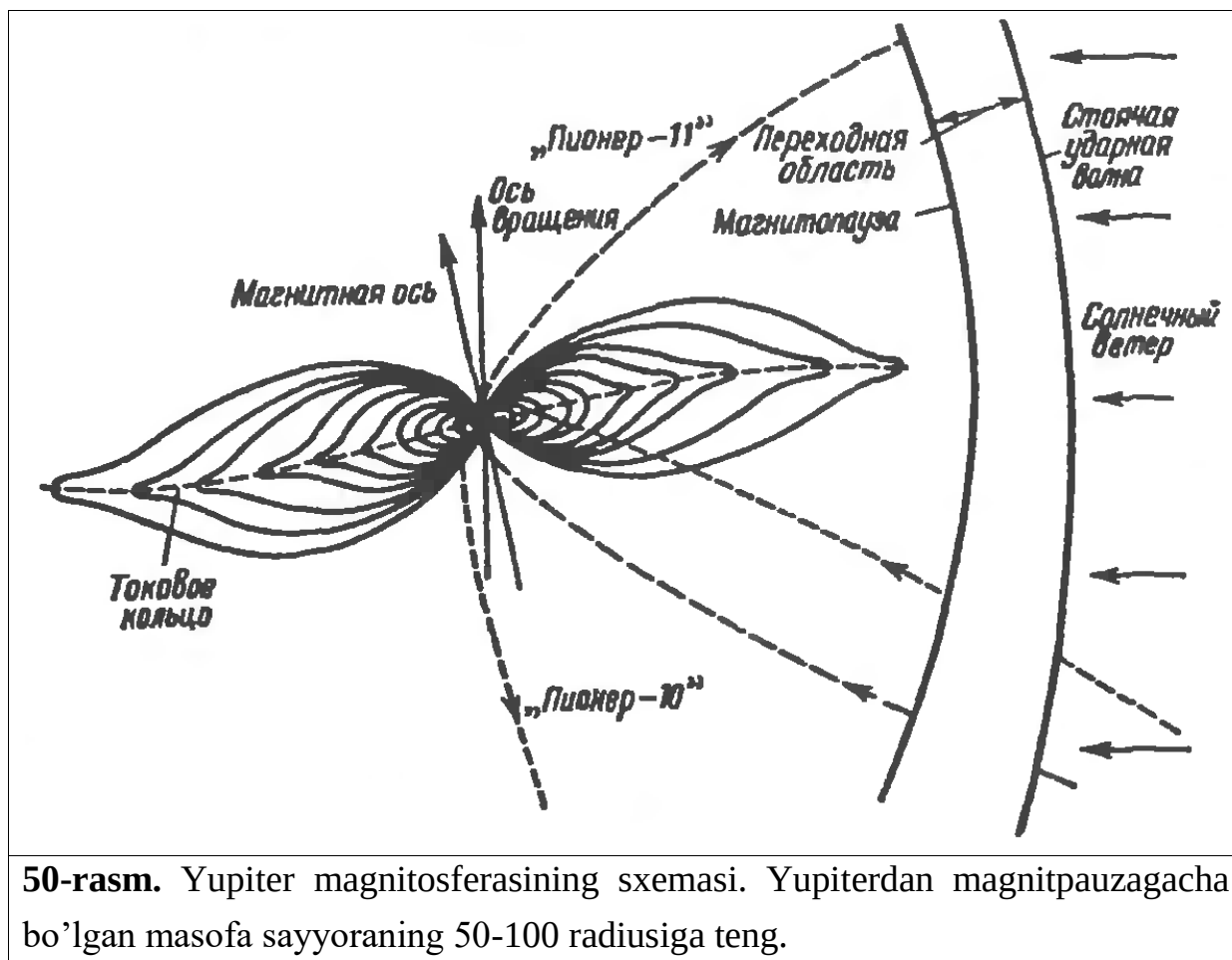


49-rasm. Yupiter atmosferasining verikal tuzilmasi. Abtsiss o'qi - harorat, ordinat o'qi - balandlik. Punktir chiziqlari - bulutlar qatlamining chegaralari. 1 - troposfera, 2 - tropopauza, 5 - stratomezosfera, 6 - mezopauza, 7 - termosfera.

Yupiterning effektiv harorati T_{ef} 130 Kga teng, sferik albedosi $A_{\text{sf}}=0,50$. Sayyoraning ichki energiyasi oqimi tushayotgan energiya oqimiga taxminan teng. Ichki energiya kattaligi jihatdan Yupiter sayyoralarga qaraganda ko'prok yulduzlarga yaqin. Ammo ichki energiyaning manbasi yadro reaksiyalari emas, balki gravitatsion siqilish energiyasi zahiralari. Sayyoraning shakillanish jarayonida siqilayotgan protosayyora bulut zarrachalarining kinetik energiyasi potentsial, keyin issiqlik energiyaga aylangan.

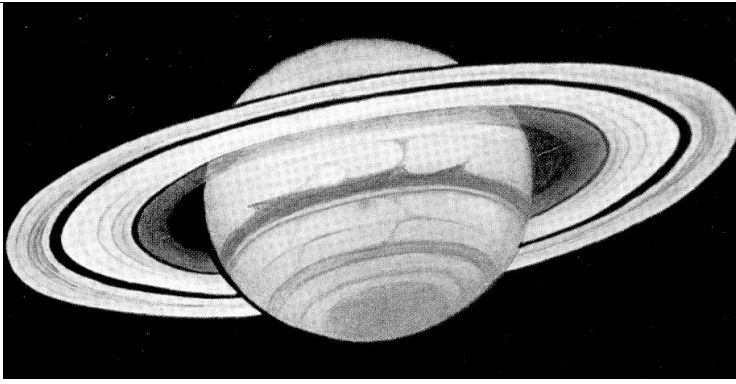
Issiqlikning katta oqimi harorat chuqurlik bilan oshishini ko'rsatadi. Nazariy modellarga ko'ra bulut qatlamidan 100 km pastroq chuqurlikda harorat 400 K, 500 km pastroq chuqurlikda esa taxminan 1200 K. Yupiterning ichki tuzilishi 47-rasmda ko'rsatilgan. Vodorod-geliyli almosfera 1000 km chuqurlikda gazsion suyuqlik qobiqqa o'tadi, keyin u metallashgan vodorodga aylanadi.

Yupiter ichidagi suyuqlik oqimlari ulkan magnit maydonni hosil qiladi - tahminan 10 E. 50-rasmda Yupiterning magnitosfera sxemasi ko'rsatilgan. Uning o'lmamlari sayyoranikidan bir necha yuzmarta oshadi.

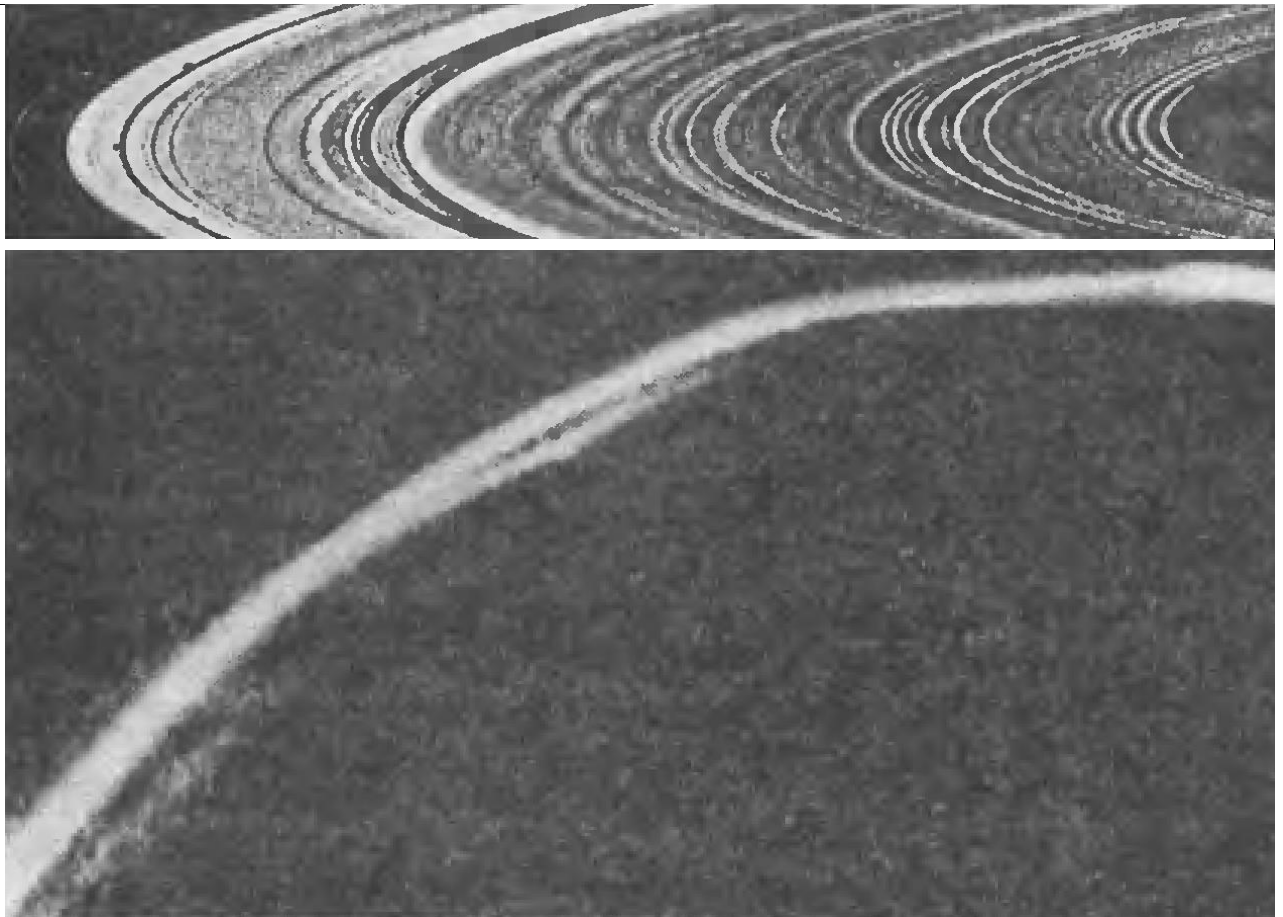


Bundan tashqari Yupiter dekametrli diapazonda ($\lambda > 10\text{m}$) koinotdagi eng kuchli radio manbalaridan biri. Bu nurlanish sporadik xarakteriga ega, ya'ni alohida, turli intensivlikli radio chaqnashlardan iborat. Yupiterning sporadik nurlanishi 35MGts ($\lambda = 9\text{m}$) chastotadan yuqori kuzatilmaydi, 27 MGts chastotada esa uning intensivligi katta. Sporadik nurlanishning tabiati hali aniqlanmagan. Tahmin qilinishcha, buning sababi Yupiter atmosferasidagi kuchli chaqnashlar bo'lishi mumkin.

Ohirgi paytgacha Yupiterning atrofida 16 tabiiy yo'ldoshlar va yupqa halqasi borligi aniq edi. Ammo 1999-2000 yillarda unig atrofida yana 11 kichik yo'ldoshlar topilgan, lekin ularning parametrlari hali aniqlanmagan. Bundan tashqari 1995 y. Yupiterning orbitasiga "Galileo" nomli sun'iy yo'ldosh chiqarildi.



51-rasm. Saturn va uning xalqalari/ yerdan turib chiqilgan (1962) yaxshi tasvirlardan biri.

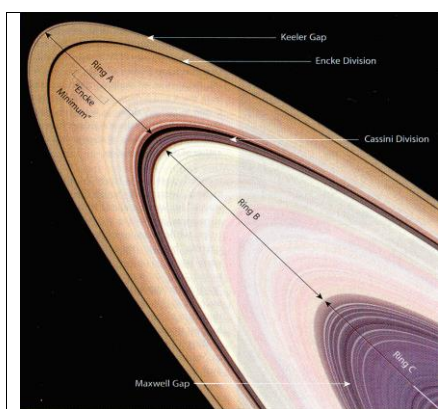


52-rasm. 1980 y. “Voyadger-1” tomonidan olingan Saturn xalqalarning surati. Pastda Saturn xalqalari sistemasining fragmenti: tashqi ingichka F xalqa. U yerdan ko’rinmaydi va murakkab tuzulishga ega.

Saturn. Bu sayyora Quyoshdan Yupiterga nisbatan ikki marta uzoqroq joylashgan va Quyoshni atrofini 29,5 yilda aylanib chiqadi. Uning orbital va fizik xarakteristikalarini 4 va 5 jadvallarda berilgan. Uning massasi Ernikidan 95 marta katta, erkin tushish tezlanishi 11m/s^2 . Saturnning siqilish darajasi Yupiternikidan ham katta

($\epsilon=1/10$). Sayyoraning o'rtacha zichligi $0,7 \text{ gr/sm}^3$ - Yupiter zichligidan ancha kam. Saturnning umumiy ko'rinishi 51-rasmda berilgan.

Saturn ham Quyosh va Yupiter singari differentsial aylanishga ega. Uning ekvatoridagi aylanish davri 10^h14^m va kenglik bo'ylab oshadi. Saturnning diskida polosa, zona va boshqa ingichka birliklar ko'rinadi. Lekin ularning kontrastligi yomonroq va umuman olganda uning diski yupierga qarganda detallarga kamroq. Kimyoviy tarkibi va ichki tuzilishi bo'yicha Saturn Yupiterga o'hshaydi. Spektroskopik tadqiqotlar Saturnning atmosferasida vodorod H_2 , metan CH_4 , atsetilen C_2H_2 , etan C_2H_6 borligini ko'rsatdi, ya'ni sayyoraning 99,9% vodorod va geliydan iborat.



53-rasm. “Voyadjer-1” kosmik apparat yordamida Saturn yoq olingan uninh xalqalari surati. A, B, C xalqalar va Kassani oralig’i o’z navbatida ko’plab ingichka xalqalarga ajralib ko’rinmoqda.

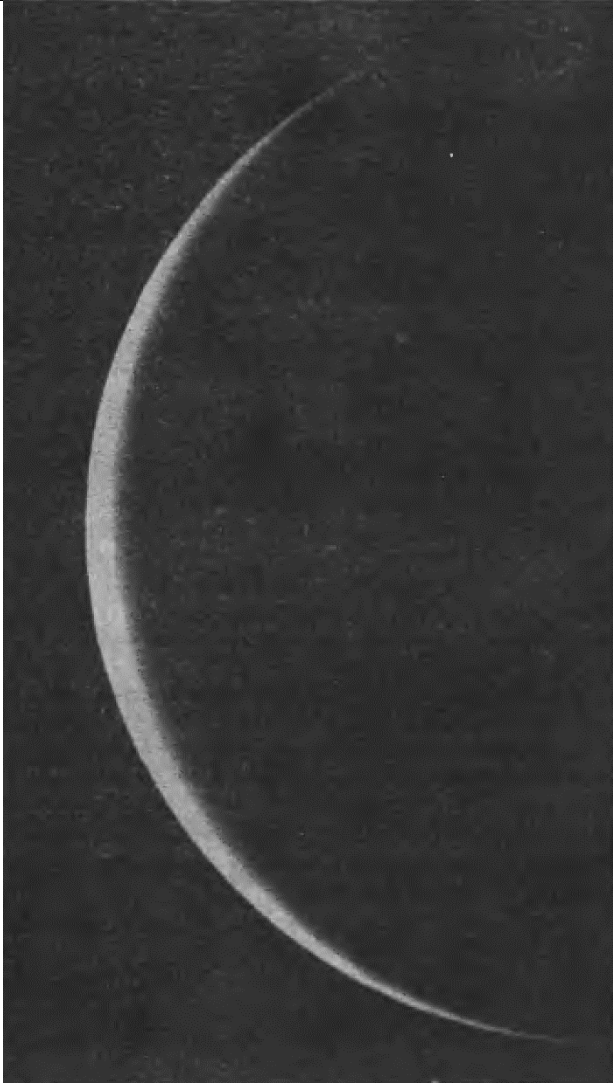
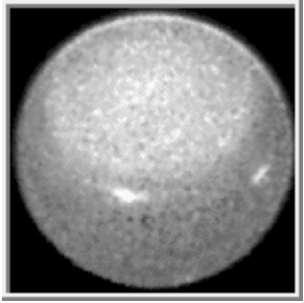
Saturnning effekti harorati 95 K. Huddi Yupiterdak, nurlanayotgan energiyaning yarimi ichki issiqlikga to'g'ri keladi. Saurt magnit maydoni (bulutlar sathida $\sim 0,5 \text{ E}$) va radiatsion zonalarga ega. Undan tashqari Saturnda juda chiroyli halqalar sistemasi mavjud (52 va 53 rasmlar).

Yupiterga o'hshab Saturnda ohirgi paytgacha 17 tabiiy yo'ldosh bor deb sanalgan. 1999-2000 yillarda u Sayraning yana 12 kichik yo'ldoshlari topildi.

Uran. Yuqorida ko'rilgan sayyoralarning barchasi bevosita ko'z bilan ko'rinadi va yorug' ob'ektlar qatoriga kirishadi. Uran faqat teleskopda kuzatiladi (yulduz kattaligi 5,8m) va kichkina (diametri $\sim 4''$) yashil disk bo'lib ko'rinadi. Uning massasi Ernikidan 14,6 marta katta. Radiusi 26220 kilometr. Uran sezilarli siqilishga ega ($\epsilon=1/17$). Uning o'rtacha zichligi $1,55 \text{ gr/sm}^3$, bu Yupiter va Saturnnikidan kattaroq. Tahmin qilinishicha u erda og'ir elementlarning ulushi ko'proq. Uranning boshqa xarakteristikalarlari 4 va 5 jadvallarda berilgan.

Uran sathida detellar ko'rinmaydi, lekin yorqinlik o'zgarishlari kuzatiladi. Bu o'zgarishlar orqali uning o'q atrofida aylanish davri topilgan - 17.24^h . Ekvator tekisliginang ekliptikaga og'masi juda katta - 98° , ya'ni sayyora yotib olib harakatlanadi desa ham bo'ladi.

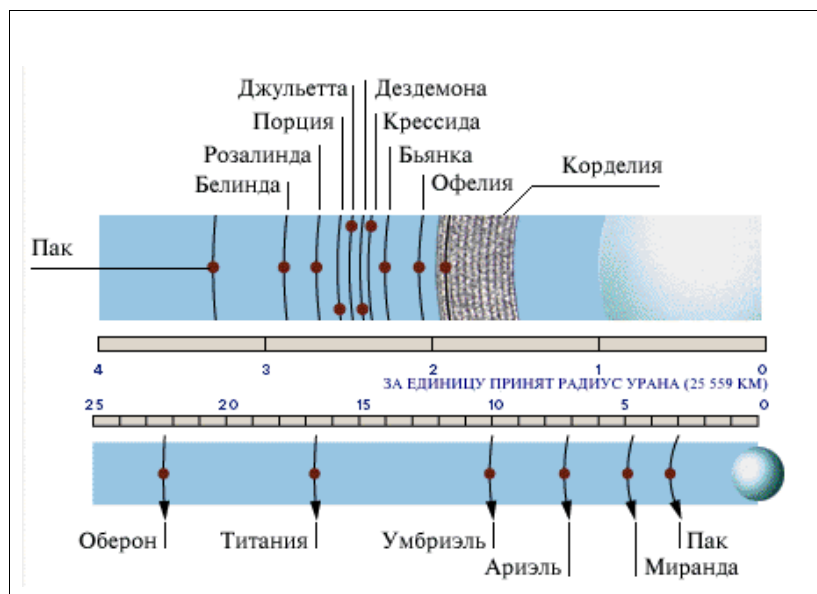
Spektroskopik tadqiqotlar Uranning atmosferasida vodorod H_2 , geliy Ne, metan CH_4 va atsetilen C_2H_2 borligini ko'rsatdi. Metanning yutilish chiziqlari spektrning qizil tomonida kuzatiladi va uning ulushi bulutlar qatlamida Yupiter va Saturnga nisbatan ko'proq. Shuning uchun Uran yashilroq bo'lib ko'rinadi. Urandagi bulutlar, tahmin bo'yicha, muzlagan metan zarrachalardan iborat. Bulutlarning harorati 55 K, bosimi bir necha atm.

	
54-rasm. Uranning 1 mln. kilometr masofadan olingan surati.	55-rasm. Xabbl nomli telekopdan olingan surat

1986 yilda “Voyadger-2” KA Urandan 120000 kilometr masofada o'tib ketdi va Yerga uning suratlarini yubordi (54-rasm), bundan tashqari Uranning atmosferasini va magnit maydonini tadqiq qildi. Magnit maydonning kuchlanishi 0,25 E. Magnit

maydonning geometriyasi juda qiziq, magnit dipoli sayyora markazidan 6000 kilometr uzoqlikda joylashgan va 60° burchak ostida ogʻgan.

Uranda 21 tabiiy yoʻldoshlari va halqalar sistemasi bor. 56-rasmda ularning nisbiy joylanishi koʻrsatilgan.



56-rasm.

Uranning yoʻldoshlari va xalqalar sistemasining nisbiy joylanishi.

Neptun. Bu sayyora ham faqat teleskopda koʻrinadi (+7,6^m). Neptunning yoy diametri 2,4", chiziqli radiusi 24760 kilometr, massasi 17,2 Yer massasiga teng. Orbitaning yarim oʻqi taxminan 30,1 a.b., Quyosh atrofida aylanish davri 165 yil. Oʻq atrofida aylanish davri 16,11 soat.

4.Kichik sayoralar. Kametalar, metyorlar.

Астроидлар. 1596 йили босилган «Космография сирлари» асаридаёқ Иоганн Кеплер, Марс билан Юпитернинг орасида ҳам бир сайёра бўлиши керак деган гумон билан чиққан эди. Илмий мулоҳаза асосида туғилган Кеплернинг бу гипотезаси икки асрдан сўнггина, планеталарнинг Қуёшдан ўртача узоқликлари орасидаги боғланишни ифодаловчи ажойиб эмперик муносабатнинг очилиши билан тасдиқланди. 1772 йили Виттенберглик астроном Иоганн Тициус планеталарнинг астрономик бирликларда ифодаланган катта ярим ўқлари, қуйидаги муносабатдан осон топилишини аниқлади:

$$r = 0,4 + 0,3 \cdot 2^n \text{ а.б.,}$$

бу ерда $n = -\infty, 0, 1, 2, 3, 4, \dots$ қийматлар олади.

Қуйидаги жадвалда планеталарнинг орбиталари катта ярим ўқларининг юқоридаги формула ёрдамида топилган қийматлари уларнинг Қуёшдан ҳақиқий узоқлиқлари билан солиштирилган.

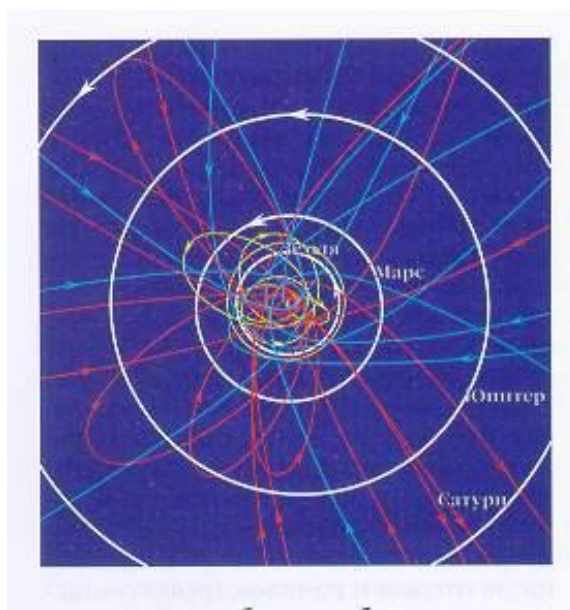
Тициуснинг кашфиётидан хабар топган берлинлик астроном Иоганн Боде, бу эмперик муносабатни қайта кўриб, тўғрилигига

Планета	n	Тициус формуласи ёрдамида ҳисобланган масофа (а.б. ларда)	Қуёшдан ҳақиқий узоқлиги (а.б. ларда)
Меркурий	$-\infty$	0,4	0,4
Венера	0	0,7	0,7
Ер	1	1,0	1,0
Марс	2	1,6	1,52
?	3	2,8	-
Юпитер	4	5,2	5,2
Сатурн	5	10,0	9,5

ишонч ҳосил қилди ва уни кенг тарғиб қилишда катта хизмат кўрсатди. Шундан сўнг бу қонуният Тициус-боде қонуни номи билан дунёга машҳур бўлди. 1781 йили Ураннынг топилиши ва унчага масофанинг бу қонуниятга мос келиши, Тициус кашфиётининг обрўсини яна орттирди.

Натижада, кўпчилик астрономлар бу қонуниятга кўра, Марс билан Юпитернинг оралиғида, Қуёшдан 2,8 астрономик бирлик масофада, яна бир планета бўлишига энди шубҳа қилмайдиган бўлишди.

Бу планетани тўрт йиллик тартибли қидирувдан сўнг Палермо (Сицилия) обсерваториясининг директори Джузеппе Пиацци 1801 йилнинг 1 январь кечаси Савр юлдуз туркумидан топди. Аниқланишича, бу осмон жисми Тициус-Боденинг қонунига тўла амал қилиб, қуёшдан ўртача 2,8 астрономик бирлик масофада жойлашган экан. Бироқ планета ўрин аниқлангандан сўнг ҳам, булутли осмон узоқ вақтга қадар «йўқолган» планетани топишга имкон бермади. Фақат бир йил ўтгач, берлинлик астроном Ольберс 1801 йилнинг охири-янги йил кечаси планетани Сумбула юлдуз туркумидан топди. Ольберс 1802 йил 28 мартда Церерани кузатаётиб, унинг яқинида яна бир таниш бўлмаган юлдузчага кўзи тушди. Икки соатлик кузатиш, бу объектни юлдузлар фонида силжишини маълум қилди. Натижада Қуёш оиласига яна бир майда планета қўшилди ва у Паллада деб ном олди. Гарчи Паллада орбитасининг катта ярим ўқи ҳам 2,8 а.б. катталикка эга бўлса-да, унинг орбитасининг текислиги, Ер орбитасининг текислигига жуда катта бурчакка- 34^0 га оғишган эди.



- расм

Шундан сўнг Ольберс ажойиб гипотезани ўртага ташлади. Унинг айтишича, Марс билан Юпитернинг оралиғида айланаётган йирик бир планета, қандайдир сабабга кўра ҳалокатга учраган ва унинг парчалари турли томонга учиб, Қуёш атрофида, ўзаро диаметрал қарама-қарши нуқталарда кесишувчи орбиталарда ҳаракатланадиган бўлиб қолган. Ҳатто у орбиталарнинг кесишиш нуқталари Сумбула ва Ҳут юлдуз туркумларида ётади деган фикрни ҳам берди.

Ольберс назарияси кутилганидан зиёд тасдиқланди. 1804 йил 2 сентябрда Ҳут юлдуз туркумидан Гардинг, кейинчалик Юнона деб номланган майда планетани, 1807 йил 29 мартда эса, Ольберс тўртинчи астероид-Вестани топди. 1845 йилга келиб 15 йиллик тинимсиз изланишлар астрономия «ишқибози»-почта чиновниги Карл Генкени янги астероид билан «мукофотлади». Бешинчи бу майда планета Астрен деб номланди.

Бу ҳодисадан сўнг митти планеталарнинг очилиши тезлашиб кетди. Кейинги ўн йилда уларнинг сони 36 тага, 1890 йилга келиб эса 302 тага етди.

Дастлаб майда сайёралар қадимги рим афсоналарининг қаҳрамонлари, худолари номлари билан юритилди. Сўнгра уларнинг сони жуда кўпайиб кетгач, улар 45-сидан бошлаб, оддий аёлларнинг номи билан, кейинроқ эса астероидларга Философия, Геометрия, Юстиция каби фаний номлар ҳамда географик номлар ҳам бериладиган бўлди.

Майда планеталарга тегишли яна бир қизик жойи шундаки, улардан кўпи топилгач, орбиталани ҳисоблашга улгурмай туриб йўқотиб қўйилади. Шу хилда «йўқолган» митти планеталарнинг сони мингдан ортиқ. XX асрнинг биринчи беш йиллиги (1901-1905 й.) оралиғида топилган 300 майда планетадан 179 таси «йўқотиб» қуйилди, 1936-1940 йиллар давомида топилган 1176 астероиддан эса рўйхатга атиги 136 таси мустаҳкам ёзилди.

Буни олдини олиш учун 1873 йилдаёқ Берлин ҳисоблаш институти ташкил этилди ва у, то 1945 йилга қадар митти сайёраларни тадқиқ қилиш маркази бўлиб келди. Урушдан кейин бу вазифани 1920 йилда ташкил этилган собиқ Иттифоқ Фанлар академиясининг Ленинград назарий астрономия институти ўз зиммасига олди. Бу институтнинг осмон жисмлари орбиталарини ҳисоблашга тегишли жадваллари бутун дунё астрономик обсерваториялари томонидан фойдаланилади.

Орбиталари ҳисобланиб, майда сайёраларнинг рўйхатидан мустаҳкам жой олган астероидларнинг сони ҳозирга келиб бир неча мингдан ортиб кетди.

2- §. Кометалар («думли юлдузлар»)

«Комета»-юнонча сўз бўлиб, «сочли» деган маънони англатади. Кометаларга «сочли» ёки «думли юлдузлар» деган ном, уларнинг Қуёш яқинида ўтаётгандаги кўринишлари асосида берилган бўлиб, аслида ҳаракатлари давомида уларнинг кўринишлари кескин ўзгариб боради. Хусусан комета, Қуёшдан жуда узоқ масофада бўлганда (у пайтда комета планетамиздан ҳам узоқ масофада туради), унинг асосий массаси мужассамлашган *ядро* деб аталувчи қисми хира юлдузча шаклида кўзга ташланади. У Қуёшга яқинлашган сайин ядро атрофини *кома* дейилувчи сийрак газ булути ўрайди. Шунингдек, бу даврда комадан Қуёшга қарама-қарши томонга қараб равшан «дум» чўзилади (-расм.)

Комета Қуёшга яқинлашган сайин кометанинг диаметри ва «думи»нинг узунлиги орта боради. Қизиғи шундаки, диаметри миллион километргача тартибдаги кома ҳам ва узунлиги бир неча юз миллион километргача етадиган «дум» ҳам катталиги атиги бир неча километр келадиган ядродан, у Қуёш хароратидан «баҳраманд» бўлгач ажралади.

Кометанинг ядроси кома билан биргаликда унинг боши дейилади. «Бош» ва «дум»дан ташкил топган бу антиқа «юлдуз» ўзини фанга ҳозиргидагидек таништиргунга қадар ўз кўриниши билан одамларни кўп ташвишга солган осмон жисмларидан ҳисобланади.



- расм

Ҳатто XVII асрда Ғарбда тарқалган «Мўъжизалар тарихи» тўпламида ҳам «думли юлдузлар» худо ғазабининг элчилари деб талқин қилинган. Хусусан, эслатилган «тарих»да шундай сўзлар битилган эди. «Комета бахтсиз ҳодисаларнинг аниқ белгиси бўлиб хизмат қилади. Ҳар доим кишилар Ой тутилишини, кометани кўришгач, Ерни қимирлаши, сувни қонга айланиши ва шунга ўхшаш бахтсизликлар рўй бериб, шундан сўнг кўп ўтмай эса даҳшатли воқеалар - қон тўкишлар, одам ўлдиришлар, буюк монархларнинг ўлими, сотқинликлар, империя ва қиролликларнинг барбод бўлиши, очлик, қимматчилик, хуллас бир сўз билан айтганда, инсониятни бахтсизлик ўз исканжасига олади. Шунинг учун ҳам ҳеч ким қиёмат ва даҳшатли сурон яқинлашаётганлигидан, аниқроғи, остонада туриб эшик қоқаётгандан дарак берувчи самонинг бу элчилари ва мўъжизаларига шубҳаланмаслиги керак».

Яқин-яқин йилларгача ҳам комета бахтсизлик элчиси дейдиганлар топилиб турарди. Фанда эса салкам XVI асрнинг охирларига қадар, кометалар Ер атмосферасининг яшил ёки қутб ёғдуси каби ҳодисалардан бири деб қаралар эди. 1577 йили машҳур даниялик амалий тадқиқотчи, астроном Тихо Браге кометалар-планеталар орасида ҳаракатланувчи осмон жисмлари эканлигини астрономик кузатишлар асосида тасдиқлади. Шундан сўнг кўп ўтмай, XVII асрнинг бошларида И.Кеплер ва Г.Галилей «думли юлдузлар» Қуёш системасини тўғри чизик бўйлаб кесиб ўтади ва кейин унга бутунлай қайтмайди деб тахмин қилдилар.

Комета кўринишларининг ўзгаришида унинг ҳаракат траекториясини ўрганиш муҳим роль ўйнайди. Бу борада Тихо Браге ва Кеплердан сўнг таниқли поляк астрономи Гевелийнинг хизмати катта бўлди. Кометалар ҳақидаги тадқиқотлари асосида Гевелий кометаларнинг траекторияси эгри чизикдан иборатлигини аниқлади. 1681 йили Георг Дерффель кометаларнинг орбиталари парабола кўринишида бўлиб, унинг фокусида Қуёш туришини аниқлади. Бироқ кометалар ҳаракатининг параболик орбиталар бўйлаб кузатилишини буюк инглиз физиги Ньютон исбот қилди.

Кузатилган барча кометаларнинг орбиталарини бошқа бир англиялик олим-Ньютоннинг шогирди Эдмунд Галлей ҳисоблади. У 1337 йилдан 1698 йилгача даврда кузатилган 24 комета ҳақида маълумот йиғиб, уларнинг орбита элементлари акс этган каталогни 1705 йилда нашр қилдирди.

Қизиғи шунда эдики, бу кометалардан учтасининг, аниқроғи 1531, 1607, 1682 йилларда кузатилганларининг орбита элементлари деярли бир хил бўлиб чиқди. Бу ҳол тасодифий эмаслигига қаттиқ ишонган Э.Галлей 1705 йилда шундай ёзади: «1531 йили Апиан томонидан кузатилган комета, 1607 йилда Кеплер ва Лонгомонтан томонидан ва 1682 йили мен ўзим кузатган кометанинг ўзи бўлиши керак деган фикр менга тинчлик бермайди. Бу учала кометанинг элементлари аниқ мос келади, тўғри, уларнинг даврларида озроқ фарқ бор, бироқ уни физик сабаблар деб бўлмайди. Шунинг учун ҳам мен бу кометанинг 1758 йили қайтиб келишини ишонч билан айта оламан. Агар у қайтиб келса, у ҳолда бошқа кометаларнинг ҳам Қуёш яқинига қайтиб келишларига шубҳа қолмайди».

Олим кўп янглишмаган эди. Галлей башорат қилган «думли юлдуз» 1759 йилнинг 12 мартда перигелийдан ўтди. Кометани ҳаммадан олдин-1758 йилнинг 25 декабрида Дрезден атрофида яшовчи деҳқон-астрономия ишқибози Г.Палич кўрди. Францияда биринчи бўлиб кометани Париждаги Денгиз обсерваториясининг ходими Мессье 1759 йилнинг 21 январидида кузатди.

Шундай қилиб, Галлейнинг башорати қойилмақом бўлиб тасдиқланди. Бу эса, ўз навбатида, Ньютоннинг тортишиш қонунини ҳақлигини исботлади. Натижада, Қуёш системасининг аъзоси эканлиги тасдиқланган комета, унинг кашфиётчиси шарафига Галлей деб аталадиган бўлади.

Ҳозирги замон комета астрономиясининг асосчиси, улуғ рус тадқиқотчиси Ф.А.Бредихин XIX асрнинг иккинчи ярмида, барча асосий комета ҳодисаларини тушунтира оладиган ихчам механик назарияни яратди. Бредихин «думли юлдузлар» булутли массаларининг ҳаракатига тегишли итариловчи тезланишларни бевосита аниқлашга имкон берувчи методларни биринчи бўлиб ишлаб чиқди. Натижада Қуёшнинг кометага таъсир этувчи тортишиш кучидан бир неча марта ортиқ катталиқка эга бўлган итариш кучи ҳам борлиги топилди.

Дастлаб таниқли олим Целльнер бундай кучни қувватли зарядланган Қуёш таъсиридан деб тушунтирди. Бу фикрни кейинчалик Бредихин ҳам қувватлади. Бироқ ҳисоблашлар, Қуёш бу қадар қувватли зарядланган осмон жисми бўла олишини инкор этгач, нурларнинг моддий жисмларга таъсири асосида комета думларининг йўналишини бошқача тушунтиришга имкон туғилди. XIX асрнинг ўрталаридаёқ Максвелл, нурнинг оқими унинг йўлига қўйилган тўсиққа босим билан таъсир қилишини кўрсатди. Бироқ бу босимнинг миқдори ниҳоятда кичик бўлиб, уни тажрибада кўрсатиш жуда катта санъат талаб қилар эди. 1900 йили рус олими Н.Н.Лебедев томонидан бундай нозик тажриба қойилмақом қилиб бажарилди. Маълум бўлишича, нурнинг босими ҳақиқатдан ҳам мавжуд бўлиб, фақат массив жисмларга унинг таъсири деярли билинмас экан. Бироқ сийрак газ молекулалари ёки майда чанг заррачаларига бўлган унинг босими сезиларли даражада катта эканлиги аниқланди.

Нурнинг бундай босимига таяниб, сийрак комета думидаги буғларнинг Бредихин башорат қилган итарувчи кучлар тўғрисида Қуёшдан тескари томонга чўзилишини тушунтириш қийин эмас. Ўтган асрларга тегишли ўнлаб ва XIX асрнинг ҳамма ёруғ кометаларини тадқиқ қилиб, Бредихин ажойиб натижаларга эришди. Маълум бўлишича, кометаларнинг думлари Қуёш нурлари босим кучининг ўртача миқдорига кўра тўрт типга бўлинар экан. Унинг ҳисоблашига кўра, I типга кирувчи думлар ингичка тўғри чизик бўйича чўзилиб, нурнинг босими туфайли майдонга келган итариш кучлари, Қуёшнинг тортишиш кучларидан қарийб 20 мартача ортиқлик қилади. II типдагиларда эса дум ёруғ, кенг ва бир оз эгилган кўринишда бўлиб, тортишиш кучи тенг ёки ундан атиги бир неча мартагина кучли бўлган итариш кучлари таъсирида вужудга келади. III типга кирувчи комета думларида заррачалар нисбатан кам тортишиш кучлари таъсирида Қуёшга томон ҳаракатланади. Бундай думлар одатда жуда калта бўлиб, Қуёшга нисбатан қарама-қарши йўналишга каттагина бурчак остида йўналади. Аномал думлар дейилувчи IV типга Қуёшдан эмас, аксинча Қуёшга қараб йўналган думлар киради. Аномал думлар Қуёш нурлари таъсирида бўлмайдиган зарралардан ташкил топган бўлиши ёки баъзан комета думининг кузатувчига нисбатан маълум шароитда проекцияланиши асосида шундай кўриниши мумкин.

1950 йилга қадар 1000 га яқин комета қайд қилинди, шулардан 400 га яқини телескоплар ихтиро қилингунга қадар, қолганлари эса телескоплар ёрдамида очилди.

1972 йил нашрдан чиққан америкалик Бриан Мароденнинг кометалар орбиталарининг тўла каталогида 2058 йил ичида (эрамиздан олдин 86 йилдан 1972 йилгача) кузатилган 924 комета ҳақида маълумот берилади. Бошқа бир астроном Больденнинг «Комета до начала 1948 года» китобида эса 1619 та

кузатилган «думли юлдузлар» ҳақида маълумот келтирилган. Агар 1948 йилдан то 1072 йилгача кузатилган кометалар бу сонга қўшилса, кузатилган кометаларнинг сони 1834 тага етади. Албатта буларнинг ичида қуролланмаган кўз билан кузатилганлари жуда кам миқдорни ташкил қилади.

Қуёш системасида ҳаракатланувчи «думли юлдуз»лар, катталиклари ва массаларига кўра унда қандай ўрин тутади? Бу ўринда француз олими Бабинэнинг кометалар ҳақида «кўринадиган ҳеч нарса» деб берган баҳосидан аниқроқ бир нарса дейиш қийин. Дарҳақиқат, кометаларгача масофа аниқ бўлганда ҳисобланган. Уларнинг бош қисмининг диаметри 50 мингдан 250 минг километргача етади. 1811 йилда топилган кометанинг боши, катталиги жиҳатидан Қуёшдан ўзиб кетди. 1892 йилда кузатилган туманли Холмс кометаси «боши»нинг диаметри эса, Қуёшникидан икки барабар катта чиқди. 1941 йилда топилган бошқа бир кометанинг боши, Б.А.Воронцов-Вельяминовнинг ўлчашича 2 миллион километрга, яъни бир ярим Қуёш диаметрига тенг эканлиги аниқланди. Одатда комета унинг ядросида юқорида келтирилган молекулалар бирикмаларидан ташқари бу хилдаги металллар ҳам борлигидан дарак беради.

Кометанинг дум қисмига тегишли спектр эса, бу қисмда ионлашган карбонат ангидрид (CO_2), ис гази (CO) ва азот молекулалари (N_2) борлигини маълум қилади.

Кометалар қаерда туғилади? Бу савол кометалар масаласида ҳали тўла ечилмаган, жумбоқларга бой саволлардан ҳисобланади. Биринчи бўлиб бундай саволга жавоб беришга Лаплас ҳаракат қилди. У ўзининг «Олам системасининг баёни» асарида кометалар, «...туманликларнинг ташкил этган моддаларидан вужудга келиб, Қуёш системасига ташқаридан келади» деб ёзган эди.

1929-30 йилларда рус олими С.К.Всехсвятский қисқа даврли кометаларнинг ҳар навбатдаги кўринишларида равшанликларининг ўзгариши асосида уларнинг ёши бир неча ўнлаб йилдан бир неча юзлаб йилгача бўлиши мумкинлигини аниқлади. Бу далиллар эса ўз навбатида, қисқа даврли кометалар Юпитер системасининг чегарасида туғилишидан дарак беради. Натижада ўз тадқиқотлари асосида С.Всехсвятский қисқа даврли кометалар, Юпитер ёки унинг йўлдошларидан улоқтирилган материядан ташкил топади деган гипотезани ўртага ташлади. Худди шу хилдаги назария, ўтган асрнинг 80-йилларида инглиз астрономи Р.Проктор, асримизнинг бошларида эса бошқа бир инглиз олими А.Кроммелин томонидан илгари сурилгани билан қизиқ. Бироқ, деярли параболик орбитага эга бўлган узун даврли кометаларнинг пайдо бўлишини бундай гипотеза асосида тушунтириб бўлмаслиги, улар Қуёш

системасига ташқаридан келганлиги ҳақидаги гипотезани қабул қилишни тақозо қилади.

Голланд астрономи Я.Оорт яқинда ўтказилган ўз тадқиқотлари асосида кометаларнинг манбаи Қуёш системасини ўровчи ва чегараси Қуёшдан қарийб 20 минг астрономик бирликка қадар ётувчи улкан ҳажмли комета булутларидир, деган хулосага келди. Кўпчилик «думли юлдузлар»нинг орбиталари перигелийларининг Қуёшдан ва Ердан жуда узоқдаликлари туфайли кўриб бўлмайди. Бундай ўта узун даврли кометалар доимо музлаган ҳолатда бўлганликларидан ўз газларини планеталараро бўшлиққа деярли сарфламайдилар ва шунинг учун ҳам миллиардлаб йиллар яшашлари мумкин. Бироқ, яқин жойлашган юлдузлар ва Қуёш системаси планеталарининг таъсирида бундай кометалар, перигелийи кичик масофали орбиталарда ҳаракатланадиган бўлиб қолишлари мумкин. «Думли юлдуз»ларнинг айримлари эса, бундай таъсир оқибатида, Қуёш системасини бутунлай ташлаб кетадиган бошқа-параболик орбиталарга ўтиб кетишлари ҳам мумкинлигини ҳисоблашлар кўрсатади.

3- §. Метеорлар («учар юлдузлар») ва метеор «ёмғирлари»

Тунда чиройли из қолдириб учган «юлдузлар»ни ким кўрмаган дейсиз? Бироқ, бу «учар юлдуз»ларнинг юлдузларга ҳеч алоқаси йўқ бўлиб, аслида улар-осмоннинг «дайди» майда тош заррачалардир (катталиклари миллиметрнинг улушларида, массалари эса миллиграммларда ўлчанади). Ерга яқинлашгач, улар сайёрамиз атмосферасига секундига 10 километрдан 70-80 километргача тезлик билан кирадилар. Шубҳасиз, бундай катта тезликдаги тош-заррачаси атмосфера молекулалари билан ишқаланиб чўғланади ва учиш давомида жуда тез емирилади. Фанда *метеорлар* деб юритилувчи «учар юлдуз»лар йўлининг узунлиги, бу осмон жисмларининг катталиклари билан боғлиқ бўлиши ўз-ўзидан тушунарли.



- расм

Метеор зарралар қандай вужудга келади, уларнинг манбалари қаерда?- деган табиий савол туғилади. Гап шундаки, айрим кометалар Қуёш системасининг бошқа осмон жисмларидан фарқ қилиб, вақт ўтиши билан парчаланадилар. Комета ҳар дафъа Қуёш яқинидан ўтаётиб, ядросига тегишли бир қисм газни йўқотади. Бу газларнинг зонаси чегараланган-лигини эътиборга олсак, маълум даврдан сўнг «думли юлдуз»лар бошсиз ва думсиз қолишларини тушуниш қийин бўлмайди. Перигелийдан ўтаётган кометанинг думсиз ва комасиз бўлиши унинг «қарилиги»дан дарак беради. Маълум комета қанча вақтдан сўнг ўз ядросидаги газни сарфлаб бўлишини ҳисоблаш мумкин бўлиб, худди шу хилдаги ҳисоблашни рус олими С.В.Орлов Галлей кометаси учун бажарди. Унинг ҳисоблашларига кўра, бу комета Қуёш атрофида 330 марта айлангандан сўнг, яна қарийб 25 минг йилдан сўнг газ запасларидан ажралажагини кўрсатди.

Астроном С.К.Всехсвятский ўз тадқиқотлари асосида, даврий комета ҳар дафъа Қуёш яқинидан янгидан ўтаётганда, унинг равшанлигининг камайишини аниқлади. Бундай факт ҳам, нисбатан қисқа вақт ичида кометанинг газ запаси камайиб кетишидан дарак беради. Аслида комета газ запасидан ажралгандан кейин ҳам чангли дум ҳосил қилиб «сочли» деган номни анчага оқлаб юради. Кометанинг бутунлай парчаланиб кўздан йўқолиши, бошқа бир жараённинг-механик парчаланишнинг оқибатида бўлади. Механик парчаланиш, Қуёш яқинидан ўтаётган жуда кўп кометаларда кузатилган. Хусусан, 1946 йилда кузатилган Биэла кометаси Қуёш яқинидан ўтаётиб икки бўлакка ажралган. Навбатдаги 1857 йили кўринишида, бу бўлакларнинг бири иккинчисидан икки миллион километрга узоқлашган ва шундан кейин то шу пайтгача, ҳар қанча уринишларга қарамай, бу комета ҳеч ким томонидан кузатилмаган. 1872 йили мазкур кометанинг Ерга жуда яқин оралиқда ўтиш пайтида, комета ўрнига кучли «метеор ёмғири» кузатилган.



- расм

1950 йил олим Д.Д.Дубяго парчаланган комета ядроларининг метеор оқимларининг вужудга келишидаги ролини чуқур ўрганиб чиқди. Унинг ҳисоб-китобининг кўрсатишича, комета ядросини ташлаб қочган метеор зарраларининг булути, Қуёш берадиган кўтарилиш кучи таъсирида ҳам чўзилиб, ҳам кенгая боради ва бир неча минг йиллардан сўнг комета орбитаси бўйлаб бир текис тақсимланиб қолади. Парчаланган комета-ларнинг қолдиқлари келгусида метеор оқимларини туғдириш фактларида яхши тасдиқланади. Бунинг учун парчаланган комета орбитаси ва йиллик давр билан кузатиладиган метеор оқимларини солиштириш кифоя. Шундай солиштириш натижасида ҳар йили август ойида кучаядиган «метеор ёмғири» (Персеид метеор оқими) «1862 III» деб номланган парчаланган комета ядросининг заррачалари эканлиги аниқланди. Машҳур Галлей кометаси ҳам иккита-Орионид ва май ойида кузатиладиган Акварид юлдуз туркумларида метеор оқимларини вужудга келтирди. Шу хилдаги «метеор ёмғири»дан ўнга яқини фанга маълум.

4- §. Метеоритлар

Баъзан самонинг «дайди» тошлари анча катта бўлиб, Ер атмосфераси қатлампидан ўтаётганда ёниб улгурмайди ва болид кўринишида ер сиртига тушади (-расм). Улар *метеоритлар* деган ном билан юритилади. Метеоритлар асосан тошдан, темирдан, тош-темирдан ҳамда муздан иборат бўлади. ҳа, янглишмадик, қисман музли метеоритлар ҳам Ерга тушиб туради.



- расм

Тарихда кишилар бир неча бор осмон жисмларининг Ерга «ташриф» буюрган «вакили» муздан иборат бўлганини кўришган. Худди шундай ҳодисадан бири яқинда Киев вилоятида кузатилди: 1970 йилнинг 8 майида Яготина шаҳрида булутсиз очик ҳаводан каттагина муз парчаси ерга урилиб, бир неча бўлакчаларга парчаланиб кетди. Бўлакларнинг умумий оғирлиги 15 килограммга етди.

Буюк Карл замонасининг қўлёзмаларидан бирида эса осмондан катталиги сал кам уйдек келадиган муз парчаси тушганлиги ҳақида ёзилади. 1908 йили Сибирь тайгасига «меҳмон» бўлган бошқа бир осмон жисмининг нимадан иборат бўлганлигини аниқлаш, олимлар орасида ўн йиллаб чўзилган тортишувга сабаб бўлиб, ҳозиргача ҳам сирлигини сақламоқда.

Сибир «меҳмони», Подкаменная Тунгуска дарёсининг ўнг қирғоғида жойлашган Вановаре қишлоғидан юз километрча шимолий-ғарбга эрталаб, Қуёш бир оз кўтарилганда «ташриф» буюрди.

Ерни кучли ларзага солиб планетамизга «қадамранжида» қилган бу осмон жисми кейинчалик Тунгус метеорити номи билан фанда кенг танилди. Ҳисоблашларнинг кўрсатишича, планетамизга йилига 500 дан ортиқ бундай тошлар «ташриф» буюрадилар. Бироқ, Ер юзининг қарийб 70 проценти сув билан қопланганлигини эътиборга олсак, бу тошлардан 350 га яқини денгиз ва океан тубларидан жой олиб, изсиз йўқолишлари маълум бўлади. Қолган қуруқликка тушадиган 150 тошнинг ҳаммаси ҳам аҳоли яшайдиган жойлар атрофига тушавермайди албатта, шунинг учун осмон «меҳмонлари»ни кўриш ҳар кимга ҳам насиб бўлавермайди.

1947 йилнинг 12 феврал куни бошқа бир осмон тоши Сихоте-Алинск метеоритининг тушишининг гувоҳи - Узоқ шарқдаги Иман шаҳарчасида истиқомат қилувчи рассом Медведев бўлди. Унинг маълум қилишича, олов шар, орқасидан бурқсиган тутундан из қолдириб ва турли томонларга учқунлар сочиб, катта тезлик билан горизонт томонга учди. Олов шар горизонтдан йўқолгандан сўнг у томондан жуда кучли портлаш товуши эшитилди. Кейинги йилларда бу темир метеоритни ўрганиш юзасидан уюштирилган илмий экспедициялар, бу «осмон меҳмони» ер сиртига тушишдан олдинроқ ҳавода парчаланганини ва унинг парчаларидан ҳосил бўлган воронкалар бир неча квадрат километрли майдонни эгаллаганини аниқлашди. ҳосил бўлган воронкаларнинг диаметри 60 сантиметрдан 28 метргача бўлиб, улардан топилган метеорит бўлақларининг оғирлиги 1 килограммдан 70 килограммгачани ташкил қилди. ҳисоблашлар метеорит бўлақларининг умумий оғирлиги 100 тоннадан кам эмаслигини кўрсатди!

Биринчи бўлиб осмондан тош тушиши мумкинлигини Петербург Фанлар академиясининг мухбир аъзоси Э.Ф.Хладний ўзининг 1794 йилда босилиб чиққан «Паллас томонидан топилган темир бўлагининг келиб чиқиши ва у билан боғлиқ табиат ҳодисалари ҳақида» асарида илмий асослади. Э.Ф.Хладний Красноярск ўлкасига тушган темир метеоритни узоқ вақт ўрганиб, у «осмон меҳмони» эканлигига тўла ишонч ҳосил қилади ва юқорида эслатилган илмий асарни ёзиш билан метеоритикага биринчи бўлиб асос солди.

Осмон тошларининг ерга тушиши жуда қадимдан кузатилган бўлиб, бу тошлар худонинг ерлиларга инъоми деб қаралар ва муқаддас ҳисобланарди. Шундай само «меҳмон»ларидан бири 1514 йили Германияга тушган тош бўлиб, у тушган жойи яқинида жойлашган черковга ўрнатилган ва қайта «осмонга учиб кетмаслиги» учун темир занжирлар билан боғлаб қўйилган. Бу черков ҳам художўйлар учун муқаддас қадамжога айланган.

Ерга тушиб турадиган бу тошлар қаердан келди? деган савол туғилади. Гап шундаки, осмонда турли катталиikka эга бўлган бу хил тошлар минг-минглаб топилган бўлиб, улар ҳам планеталар каби Қуёшнинг атрофида айланади. Уларнинг ичида турли орбиталилари билан бирга, орбиталари ягона бўлганлари ҳам кўплаб учрайди. Хусусан парчаланган комета («думли юлдуз») орбитасида минглаб турли катталиклардаги осмон жисмлари ҳам учрайди. Орбитаси бўйлаб ҳаракатланаётган бундай майда жисмлар Ер яқинидан ўтаётиб, унинг кучли таъсирига бериладилар ва ўз «йўллари»ни планетамиз томон буришга мажбур бўладилар.

Метеорит Ерга урилганда, унинг тезлигига боғлиқ равишда турли катталиклдаги ўралар ҳосил қилади. Ўранинг чуқурлиги, урилиш жойининг юмшоқлигига ҳам боғлиқ, албатта. 1871 йил 10 декабрида Бандунга (Ява) яқинидаги шоли майдонига тушган метеоритнинг оғирлиги 8 килограмм бўлиб, ерга 1 метргача кириб кетган. 1910 йилнинг 12 июлида Сант-Михель (Финландия) яқинига тушган осмон тошининг оғирлиги эса, 10 килограмм бўлиб, ярим метр чуқурликдаги ўрани ҳосил қилган. 1948 йили Нортон (Канзас штати) шаҳри яқинидаги маккажўхори майдонига тушган осмон жисмлари «вакили»нинг оғирлиги бир тоннага яқин бўлиб ҳосил қилган ўрасининг чуқурлиги уч метрга етди.

Гарчи метеоритлар ер атмосферасига секундига ўнлаб километр тезликка эга ҳолда кирсаларда, ҳавонинг катта қаршилиги, уларни тезда «ҳовуридан туширади». ҳисоблашларнинг кўрсатишича, ерга урилиш пайтида уларнинг ўртача тезлиги секундига 200-300 метрни ташкил қилади. К.П.Станюкович, тезлиги секундига 4 километргача бўлган тошларнинг ерга урилиши портлаш билан тугадини илмий асослади. Портлаган метеорит уриш жойида кратер (ҳавза) ҳосил қилиб, унинг парчалари, бир неча километргача отилиб кетади. Тезлиги секундига 4 километрдан ортиқ бўлган осмон тошининг Ерга урилишидан ажралган энергия, ҳар қандай шундай массали портловчи моддадан ажралган (портлаш пайтида) энергиясидан бир неча марта ортиқ бўлади. Бундай катта тезлик билан урилувчи метеорит энергиясининг бир қисми уни тўла булғатиб юборишга сарф бўлса, қолган қисми кратер ҳосил қилиш ва тупроқни иситишга кетади. Бундай катта тезликка эришувчи метеоритнинг массаси жуда катта (тахминан 100 тонна) бўлиши ҳисоблашлардан маълум. Шунинг учун ҳам массаси 100 тоннадан ортиқ осмон «меҳмон»ларини ерда топиб бўлмайди., улар «автограф» сифатида Ерда улкан кратерларгина қолдирадилар. Метеорит ҳосил қилган бундай йирик кратерлардан бири Аризона штатида (АҚШ) топилган бўлиб, унинг диаметри 1300 метрга, чуқурлиги эса 175 метрга етади. Бу кратер метеорит тушгандан бир неча минг йил кейин топилиши диққатга сазовордир.

1891 йили бир группа америка олимлари Аризона штати бўйлаб сафарга чиқишди ва саҳро ўртасида жуда катта воронкага дуч келишди. Воронка атрофида 10 километргача масофага улоқтирилган қоя тошларининг топилиши, воронка тупроғи бир қисмини эзиб кукунга айлантирилганини ва бошқа бир қисмини эритиб қотишмага айлантирилгани олимлар томонидан кратер портлаш туфайли вужудга келган деган хулосани туғилишига асос бўлди. Олимлар ҳалокат рўй берган бу жойдан кўп узоқда бўлмаган жойда истиқомат қилган қадимда машҳур ҳинд қабилалари авлодларидан суриштириб, кратер атрофи зонасини Алвасти дараси дейилишини ва афсоналарга кўра «у ерга бир

вактлар худо ўз олов аравасида тушганини» аниқладилар. Шундан сўнг олимлар кратер-осмон тошининг «иши» деган гумон билан унинг атрофини қидиришди. Натижада кратердан ва ҳатто ўндан ўнлаб километргача масофада метеорит бўлаklarини топишди. Минглаб топилган метеорит парчаларининг умумий оғирлиги 20 тоннадан ортиқ чиқди!

Бундай йирик метеорит ҳосил қилган кратерлардан яна бири Техас штатида топилди; унинг диаметри 162 метр бўлиб, чуқурлиги 5 метрни ташкил қилади. Кратер ва унинг атрофи майдонидан қарийб бир ярим минг темир метеорит парчалари топилган.

1031 йили Австралиянинг Хенбери чўлида метеоритлар «ёмғири»дан ҳосил бўлган 13 кратер топилди. Улардан энг каттасининг диаметри 165 метр бўлиб, чуқурлиги 15 метрга етади. Кратерлар группаси майдонидан қарийб бир ярим минг метеорит бўлаklarининг топилиши ва маҳаллий аҳоли орасида тарқалган «қоя ортида ёниб тушган Қуёш» афсонаси, бу кратерлар осмон тошлари «бомбардировка»сининг оқибати эканлигидан дарак беради. Топилган тошларнинг оғирлиги бир неча килограммдан ярим тоннагача келади.

Табиатнинг бундай ажойиб ҳодисаларида «бош роль» ижроچиси сифатида иштирок этган ўнлаб йирик метеоритлар планетамизнинг турли бурчакларида музей экспонатлари қаторидан ўрин олган. Чихуахуада (Мексика) топилган Морита деб номланган тўғри конус шаклидаги метеоритнинг оғирлиги 11 тонна бўлиб, ҳозир Мехикода сақланади. Аргентинанинг Кампо-дель-Съело («Юлдузли майдон») майдонида топилган осмон «вакили»нинг оғирлиги 13 тоннани, Американинг табиёт тарихи музейида сақланаётган 1902 йили Орегон ўрмонларидан топилган Вилламетте темир метеоритининг оғирлиги 14 тоннани ташкил қилади. Синьцзян (Хитой) вилоятининг Арманти шаҳарчаси яқинига тушган метеоритнинг оғирлиги 20 тонна, Танганикага тушган Мбози исмли бошқа метеоритнинг бўйи 4 метр чамаси бўлиб, эни ва қалинлиги 120 сантиметрдан, оғирлиги эса 25 тонна. Мексиканинг Синапоа штатида тушган осмон тоши ҳам бошқаларидан қолишмайди. Унинг бўйи роса 4 метрни, эни қарийб 2 метрни, қалинлиги эса 1 метру 60 сантиметрни ташкил қилиб, оғирлиги 27 тоннадир. ғарбий Гренландияга тушган метеорит Ерга урилганда парчаланиб кетди. 1897 йили Нью-Йоркка келтирилган ва Кейи-Йорк деб юритиладиган бу метеорит учта катта бўлаklarининг оғирлиги 30 тонна («Палатка»), 3 тонна («Аёл») ва 408 килограмм («Ит»)ни ташкил қилади.

Планетамизда топилган яхлит метеоритлар ичида энг йириги жануби-ғарбий Африкага «қадамранжида» қилган бўлиб, бу темир метеоритнинг бўйи ва эни қарийб 3 метрдан, эни эса 1 метрдан ортиқ. Бу гигант темир

«меҳмон»нинг оғирлиги 60 тонна! Олим С.Гордонинг аниқлашича метеорит ер атмосферасига киришдан олдин 100 тоннани ташкил қилади.

Юқорида эслатилганидек метеоритларнинг аҳоли яшайдиган пунктларга тушиш эҳтимоли жуда кам. Бутун инсоният тарихида метеоритлардан 15 тасигина кишилар яшайдиган томларга тушганлиги аниқ қайд қилинган. Шундан тўрт ҳолидагина кишилар енгил жароҳатланган ва контузия олганлар халос.

Nazorat uchun savollar

- 1.Sayoralarning ichiki tuzilishi. Sayoralar atmosferasi.
- 2.Yer tipidagi sayyoralar. Merkuriy, Venera, Mars. Yer va Oy fizikasi.
- 3.Ulkan sayyoralar fizikasi. Yupiter, Saturn, Neptun. Uran. Kosmik aparatlarning harakatlari.
- 4.Kichik sayoralar. Kametalar, metyorlar.

Yulduzlarning spektrlari va spektral sinflari

Reja:

1. Нормал юлдузлар.
2. Юлдузларнинг спектрлари.
3. Юлдузларнинг спектрал синифлари.
4. Абсолют юлдуз катталиги ва ёрқинлик. Колориметрия.
5. Спектр – ёрқинлик диаграммаси..
6. Хулосалар

1-§. Нормал юлдузлар.

Юлдузлар-коинотда энг кенг тарқалган объектлар бўлиб, барча космик объектларнинг қарийб 98% га яқин моддасини ўзларида мужассамлаштиради (1-расм).



1-расм

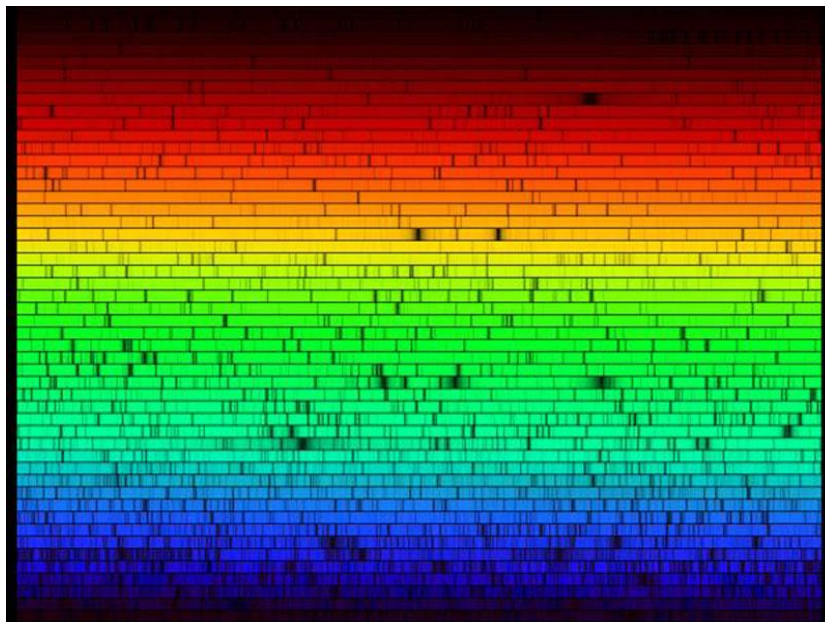
Гарчи юлдузлар, бир қарашда, бир бирига жуда ўхшашдек туюлади, аслида физик табиатларига (температураси, ранги, массаси, зичлиги ва бошқа параметрлари билан) кўра бир бирларидан кескин фарқ қилади. Шунинг учун табиатлари жиҳатидан бир-бирига ўхшаш юлдузларни топиб, синфларга ажратган ҳолда ўрганиш яхши натажалар беради. Бу масалада айниқса физик ўзгарувчи, чақновчи юлдузларни алоҳида ўрганиш қувватли ва жуда кенг масштабдаги физик жараёнлар ҳақида қизиқарли маълумотларни қўлга киритишга имкон беради.

Маълум юлдузнинг эволюцияси давомида асосий характерловчи физик параметрлари, унинг массаси, ёрқинлиги ва радиуси бўлиб, бу катталикларни аниқлаш, юлдузлар физикасининг асосий ва юлдузларнинг атмосферасининг физик табиатига тегишли маълумотларни асосан кузатиш методлари асосида қўлга киритилиб, уларнинг ички қисмларига тегишли маълумотларга эса, асосан нурий астрофизиканинг маълум моделига таянган методлар ёрдамида эришилади. Демак юқоридаги физик кўрсаткичларга эга бўлган юлдузлар *нормал* юлдузлар дейилади.

2-§. Юлдузларнинг спектрлари.

Маълумки, юлдузларнинг спектри, асосан ютилиш спектри бўлиб, фақат айримларининг спектридагина нурланиш (эмиссион) чизиқлар кузаталади.

Юлдузларнинг спектрини солиштириш, уларнинг спектрлари бўйича синфларга бўлишга асос беради.



2-расм

Юлдузларнинг спектридаги асосий фарқ, асосан спектрал чизиқларнинг қандай элементларга тегишлилиги, уларнинг сони ва интенсивлиги ҳамда мазкур спектрда энергиянинг тақсимланиши билан белгиланади(2-расм).

Спектрларда энергиянинг тақсимланиши ва маълум атомларнинг спектрал чизиқларининг сони ҳамда интенсивлиги билан бир-бирига ўхшаш юлдузларни айрим синфларга бўлиш, асримизнинг бошларида Гарвард обсерваторияси ходимлари томонидан бошланиб, ҳозирги спектрал синфлаштиришнинг асосини ташкил этади. Онкирин йўл билан юлдузларнинг спектрал синфларда маълум химик элементларни чизиқлари равшанлигини билган ҳолда, бошқа бириники хиралашиб бориши маълум кетма-кетликда жойлаштириш имкони туғилади. Бу эса, ўз навбатида, бир бирига ўхшаш спектрларни маълум спектрал синфларга бирлаштириш имконини беради.

3-§. Юлдузларнинг спектрал синифлари.

Юлдузларнинг спектрал синфлари латин алфавити ҳарфларида қуйидаги кетма-кетлик кўринишида берилади: О, В, А, F, G, К ва М. Маълум спектрал синфга кирувчи юлдузлар спектрлари бир-биридан нозик фарқланишларига кўра 0 дан 9 гача давом этувчи синфчаларга бўлинади. Масалан: 00, 01, 02, ..., 09 ёки А0, А1, А2, ..., А9 ва ҳоказо. Фақатгина О спектрал синфда 00, 01, 02, 04 ёки О1, О2, О3, О4 синфчалар бўлмайди чунки бундай ёрқин юлдуз мавжуд эмас

«О» *синф*. Температураси 30-60 минг градусгача борувчи кўк юлдузлар спектрлари ультрабинафша областнинг интенсивлиги жуда юқори бўлиб, гелий, карбон, кремний, азот ва кислород атомларининг кўп марта ионлашган чизиқлари жуда интенсив спектрда, нормал гелий, водород атомларининг хира чизиқлари учрайди.

«В» *синф*. Кўкиш-оқ рангли юлдузлар, температураси 10-30 минг градус атрофида бўлади. Нейтрал гелий чизиқлари энг интенсив, водород чизиқлари спектрда аниқ кўриниб, айрим ионлашган атомларнинг хира чизиқлари кўзга ташланади. Сунбуланинг α си шу синфга киради.

«А» *синф*. Ранги оқ. Сирт температураси 7,5-10 минг градусгача боради. Водороднинг чизиқлари максимал интенсивликка эришади. Ионлашган калийнинг Н ва Л чизиқлари кўринади. Вега, (Лиранинг альфаси) ва Сириус (Катта айиқнинг альфаси) шу типга кирувчи юлдузлардир.

«F» *синф*. Сарғиш-оқ рангли юлдузлар температураси тахминан 6-7,5 минг градус. Водород чизиқларининг интенсивлиги камая бошлаган. Кальцийнинг ионлашган (Н ва К) ва нейтрал чизиқлари ҳамда металлларнинг (темир, титан) чизиқларининг интенсивлиги орта бошлайди. Типик юлдуз – Процион (Кичик айиқнинг альфаси).

«G» *синф*. Ранги сариқ, температураси 5-6 минг градус. Водороднинг чизиқлари хиралашган. Метал чизиқлари яққол кўринади. Ионлашган кальцийнинг Н ва К чизиқлари интенсивлиги максимумга эришади. Күёш шу синфга киради.

«К» синф. Ранги қизғиш (оранжевий), температураси 3,5-5 минг градус атрофида. Бу синфга кирувчи юлдузларнинг спектрида метал чизикларининг интенсивлиги максимумга эришади. Спектрнинг ультрабинафша қисмига тегишли нурланишнинг интенсивлиги сезиларли камаяди. Бу синфга кирувчи типик юлдузларга Арктур (Хўкизбоқарнинг альфаси) ва Альдебаран (Сарвнинг альфаси) лар киради.

«М» синф. Ранги қизил, температураси 2-3,5 минг градус. Спектрида металл чизиклари жуда кучсиз бўлиб, асосан молекуляр полосалар билан қопланган. Айниқса титан оксидига тегишли полосалар кучли. Бу синфнинг типик юлдузи Бетельгейзе (Орионнинг альфаси) ҳисобланади.

Юқорида келтирилган юлдуз синфлари асосий синфлар ҳисобланиб, бўлардан ташқари G ва K синфлардан тармокланувчи қўшимча синфлар ҳам мавжуд. Булардан биринчиси F синфдан тармоқланиб, углеродли юлдузлар дейилади ва синфи C билан белгиланади. Бу синфга кирувчи юлдузларнинг спектри K ва M синфга кирувчи юлдузларнинг спектридан атомларга тегишли ютилиш чизиклари ва углерод молекулаларининг ютилиш полосаларининг борлиги билан фарқланади. Иккинчиси эса, K синфдан тармоқланиб, синфи S билан белгиланади. Бу синфга кирувчи юлдузлар M синфдан титан оксиди (TiO) полосалари ўрнида цирконий оксиди (ZrO) полосаларининг борлиги билан фарқланади.

Агар маълум спектрал синфга кирувчи юлдуз қўшимча баъзи хоссаларга эга бўлса, у ҳолда унинг бу хоссаси бирор ҳарфий ифода билан белгиланади. Хусусан, агар юлдуз спектрида эмиссион чизиклар кузатилса, унинг синфини ифодаловчи ҳарф ёнига е ҳарфи қуйидагича қўшиб қўйилади: 06e. Бу спектрида эмиссион чизиклар бўлган 06 синфга кирувчи юлдузни ифодалайди. Ўтагигант юлдузлар спектрида учрайдиган ингичка тимқора чизикларда эса спектрал синфи олдида с ҳарфи қўшиб қўйилади: сF0. Маълум спектрал синф учун тиник

ҳаракатда бўлмаган юлдузнинг бошқа хоссалари p харфи белгиланади ва u , одатда, юлдузнинг спектрал синфидан кейин, масалан A_3p ва ҳоказо.

Қўшимча спектрал синфлар

- “W” спектрал синф— Вольф — Рай юлдузи, температураси 70 минг келвин бўлган жуда оғир ва ёрқин юлдуз ҳисобланади. Спектри интенсив эмиссион чизиқлардан иборат бўлади.
- “L” —бу синфга оид юлдузлар жигарранг миттилар бўлиб, температураси 1500—2000 К атрофида. Атмосфераси асосан металллардан ташкил топган.
- “T” спектрал синф — бу спектрал синфга кирувчи юлдузлар митти жигарранг юлдузлар ҳисобланиб улар асосан метандан ташкил топган. Температураси 700—1500 К ни ташкил этади
- “Y” спектрал синф — бу спектрал синф юлдузлари жигарранг миттилар ҳисобланади. ва. Улар асосан метан ва аммиакдан ташкил топган. Температураси 700 К дан паст бўлгани учун ўта совуқ юлдузлар деб ҳам юритилади.
- “C” спектрал синф — бу спектрал синфга кирувчи юлдузлар гигант углерод юлдузлардир. Уларда жуда катта миқдорда углерод йиғилган.
- “S” спектрал синф — бу спектрал синфга кирувчи юлдузларнинг ранги кулранг тусда бўлиб, бугунги кунда бу синф юлдузларни ўрганиш давом этмоқда.
- “D” спектрал синф — Оқ митти юлдузлар асосий синфдаги оқ миттилардан тузилиши ва хусусиятлари билан фақланади. Температураси уларга қараганда бир мунча пастроқ ҳисобланади.
- “Q” спектрал синф — бу синфга асосан янги юлдузлар юлдузлар киради. Буларга бугунги кундаги суперновалар мисол бўлади.
- “P” спектрал синф — бу спектрал синфга планетар туманликлар мисол бўлиши мумкин

4-§. Абсолют юлдуз катталиги ва ёрқинлик. Колориметрия.

Абсолют юлдуз катталиги. Юлдузларнинг кўринма юлдуз катталиклари уларнинг тўла ёрқинликларини (улардан вақт бирлиги ичида ажраладиган нурланиш энергияси миқдорини) солиштиришга имкон бермайди. Бунинг учун юлдузнинг кўринма катталигида муҳим рол ўйнайдиган масофа факторидан қурилиш зарур бўлади. Юлдузларнинг биздан 10 парсек масофага келтирилганда аниқланган кўринма юлдуз катталиклари уларнинг абсолют юлдуз катталиклари дейилади ва M ҳарфи билан белгиланади. Бу 10 парсекли стандарт масофа - $2 \cdot 10^6$ астрономик бирликка тенг бўлади. Бинобарин Қуёшни 10 парсек масофага элтгандан кейинги унинг интенсивлиги, 1 а.б. масофага элтгандан кейинги унинг интенсивлигидан $\frac{1}{(2 \cdot 10^6)^2}$ марта, яъни $4 \cdot 10^{12}$ марта камаяди. Интенсивликнинг ҳар 100 марта камайиши 5 юлдуз катталигига тўғри келиши эътиборга олинса, унинг $4 \cdot 10^{12}$ марта камайиши юлдуз катталигининг 31,5 марта ортишига олиб келади. Демак 10 пк масофада Қуёшнинг кўриниши юлдуз катталиги $-26,7 + 31,7 = 4,8$ ни ташкил этар экан. Бошқача айтганда Қуёшнинг абсолют юлдуз катталиги:

$$M_{\odot} = +4,8 \quad (1)$$

Бундан кўринишича, бирор юлдузнинг кўринма юлдуз катталиги ва унгача юлдузгача масофа парсекларда маълум бўлса, унинг абсолют юлдуз катталиги осон аниқлаш мумкин экан. Бунинг учун астрономлар махсус ушбу ҳисоблаш формуласини ҳам аниқлашган:

$$M = m + 5 - 5 \lg r \quad (2)$$

бу ерда r -юлдузгача парсекларда ифодаланган масофа.

Юлдузлар ёрқинлиги. Кўпчилик юлдузлар кўринма равшанликлари билан бир-бирларига ўхшасаларда, аслида табиатлари билан бир-бирларидан кескин

фарқ қилиш лари мумкин. Бунинг сабабларидан бири - уларнинг турли масалаларда ёриши бўлса, иккинчиси - улар турли қувват билан нурланишлари туфайлидир.

Юлдузнинг нурланиш қуввати унинг ёрқинлиги дейилиб, у юлдуздан бир секундда чиқадиган нурланиш энергияси билан характерланади. Юлдузларнинг ёрқинлиги, кўпинча қуёш ёрқинлиги бирлигида ифодаланади. Қуёшнинг ундан келаётган нурланиш энергиясига кўра топилган ёрқинлиги $3,8 \cdot 10^{26}$ Вт ни ташкил этади.

Кўринма юлдуз катталиги $m_{\odot}$ бўлган Қуёшни (1а.б. масофадан) маълум а.б. масофага элтганда кейинги кўринма юлдуз катталиги $m'_{\odot}$ га ортиб, улар орасида қуйидагича эди.

$$m'_{\odot} = m_{\odot} + 5 \lg r_{a.b} \quad (3)$$

Худди шундай масофада жойлашган юлдузнинг кўринма юлдуз катталиги m_* ва Қуёшнинг кўринма юлдуз катталиги $m'_{\odot}$ лар орасидаги фарқ, юлдуз Қуёшга нисбан қанча марта кўп нурланиш энергиясига, бошқача айтганда юлдуз ва Қуёшнинг ёрқинликларининг нисбат $\left(\frac{L_*}{L_{\odot}} \right)$ қанчага тенгликни ушбу формула ёрдамида топишга имкон беради:

$$m'_{\odot} - m_* = 2,5 \lg \left(\frac{L_*}{L_{\odot}} \right) \quad (4)$$

бу ердан

$$\lg \left(\frac{L_*}{L_{\odot}} \right) = 0,4(m'_{\odot} - m_*) = 0,4(m_{\odot} - m_* - 5 \lg r_{a.b}) \quad (5)$$

Демак бу нисбат $\left(\frac{L_*}{L_{\odot}} \right)$ Қуёш ва юлдузнинг кўринма юлдуз катталиклари ва юлдузгача бўлган масофага (астрономик birlikларда ифодаланган) боғлиқ бўлар экан.

Юлдузларнинг ёрқинликларини ўрганишдан маълум бўлдики, уларнинг ёрқинликлари 0,0001 Куёш ёрқинлигидан то 1000000 Куёш ёрқинлиги чегарасида ўзгарар экан.

Жуда катта ёрқинликка эга бўлган юлдузлар ичида гигантлар ва ўртагигантлар алоҳида ажралади. Гигантларнинг асосий қисми нисбатан паст сирт температурасига ($3.4 \cdot 10^3$ K) эга бўлиб, қизил рангда бўлгандан уларга *қизил гигантлар* деб ном берилган. Альдебаран (Савр юлдузи туркумининг энг ёруғ юлдузи) Арктур (Ўқизбоқар юлдуз туркумидаги энг равшан юлдуз) - гигантларнинг типик вакилларида ҳисобланади.

Ўтагигантлар эса, ёрқинликлари Куёшниқидан ўн минг мартача ортиқ бўлган юлдузлар бўлиб, уларнинг ранги турлича турлича бўлади. Кўк рангдаги ўтагигантларга мисол қилиб-Ригелни (арабча «Риж-ал-Жавзо»-Паҳлавоннинг оёғи) Орион юлдуз туркумининг бетаси; қизил ўтагигантларга-Антаресни (Ақраб-юлдуз туркумидаги энг равшан юлдуз), Бетельгейзени (арабча-«Ибт-ал-Жавзо»-«Паҳлавоннинг ўнг елкаси» –Орионнинг энг равшан юлдузи) келтириш мумкин.

Турли ёрқинликдаги юлдузларнинг спектрлари ҳам бир-бирларидан биров фарқ қилади. Шу туфайли, баъзан спектрдаги чизиқларга кўра ҳам унинг ёрқинлигини баҳолаш мумкин. Шу йўл билан ёрқинликлари аниқлинган юлдузларнинг кўринма юлдуз катталиклари ёрдамида уларгача масофаларни аниқлаш мумкин бўлади. Юлдузларгача масофаларни аниқлашнинг бу усули *спектрал параллакс* усули деб юритилади.

Колорометрия. Юлдузлар ҳақида тўла маълумот олиш учун, уларнинг спектрларида энергиянинг тақсимланиш хусусиятини билиш керак бўлади. Бироқ бундай маълумотни спектрофотометрик йўл билан фақат бир гуруҳ ёруғ юлдузлар учунгина қўлга киритиш мумкин. Хира юлдузлар учун асосий информация манбаи, уларнинг юлдуз катталикларини аниқлашга имкон берувчи

ёруғлик оқимларидир. Бундай юлдузлар спектрларининг турли қисмларига тегишли ёруғлик оқимини светофилтрлар ёрдамида ўлчаб, уларнинг спектрларида энергиянинг тақсимланиши ҳақида маълумотга эга бўлиш мумкин. Бундай усулга асосланиб, юлдуз катталикларининг қиймати турли системалар учун белгиланади. Юлдузларнинг оддий кўз билан ёхуд визуал фотометрлар ёрдамида аниқланган юлдуз катталиклари уларнинг *визуал катталиклари* (m ёки m_v) дейилади.

Сенсибилизация қилинмаган фотографик эмульсияга туширилган юлдузлар тасвирининг фотометрик ўлчаш асосида аниқланган юлдуз катталиклари фотографик юлдуз катталиклари (m_{pg}) дейилади. Махсус сарик филтр ёрдамида ортохроматик (сезгирлиги 6500 А° гача орттирилган) фотопластинкага туширилган юлдузлар тасвирининг фотометрик йўл билан аниқланган юлдуз катталиклари–фотовизуал юлдуз катталиклари (m_{pv}) дейилади. Сенсибилизация қилинган фотоматериалнинг сарик филтр орқали туширилган нурга сезгирлиги, кўзнинг спектрал сезгирлигига яқин бўлганидан юлдузнинг фотовизуал катталиги, визуал юлдуз катталигига жуда яқин бўлади.

Айни пайтда юлдуз спектрининг маълум участкаларидаги нурланиш оқимини, махсус танланган светофилтрларни қўллаб, фотографик ёки фотоэлектрик фотометрия асосида ўлчаш орқали аниқланган халқаро юлдуз катталикларининг U , B , V системаси кенг қўлланилади.

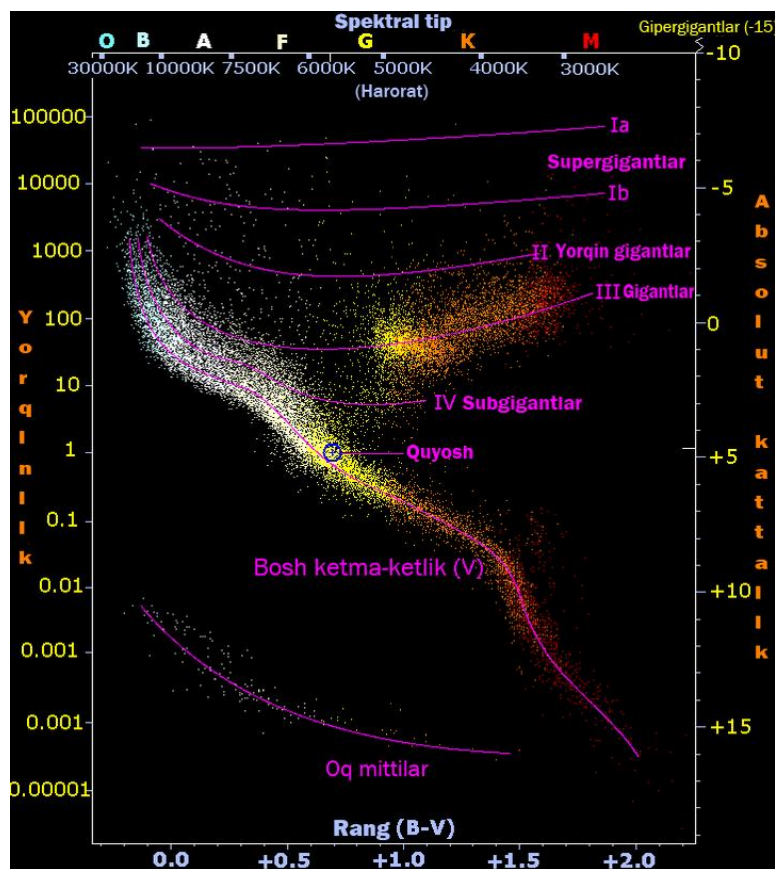
5-§. Спектр-ёрқинлик диаграммаси

Юлдузларнинг бир-бири билан ўзаро боғланган физик характеристикаларини икки гурппага ажратиш мумкин бўлиб, биринчи гурппа юлдузнинг температураси, ранг кўрсаткичи ва спектрал синфи, иккинчи гурппага эса массаси ва ёрқинлигини киритиш мумкин. Ҳар бир гурппадаги маълум бирор параметр, шу гуруҳга кирувчи бошқа параметрларни аниқлашга имкон беради. Гарчи бир қарашда бу икки гуруҳга параметрлар орасида боғланиш йўқдек туюлсада, аслида улар орасида ҳам боғланиш борлиги маълум

бўлади. Бундай боғланишни биринчи бўлиб асримизнинг бошида даниялик астроном Герцшпрунг ва америкалик астрофизик Ресселлар аниқлашди. Улар бир биридан беҳабар ҳолда юлдузларнинг ёрқинликлари ва спектрал синфлари орасидаги боғланишни характерловчи графикни олдилар. Маълум бўлишича агар координата ўқларидан бири юлдузларнинг спектрал синфлари, иккинчиси бўйича эса абсолют юлдуз катталиклари қўйилганда, юлдузлар диаграммани бир текис тўлдирмай, бир неча гурпуага ажралган ҳолдаги график кўринишда намоён бўлади. Бундай диаграмма *спектр-ёрқинлик* ёки *Герцшпрунг-Рессел диаграммаси* деб номланади (3-расм). Спектр-ёрқинлик диаграммасида юлдузларнинг абсолют юлдуз катталиклари ўрнида, логарифмик шкалада ёрқинликларини, спектрал синфлари ўрнида эса, ранг кўрсаткичларини ёки эффектив температураларини олиш мумкин.

Герцшпрунг-Рессел диаграммаси умумий физик табиатга эга бўлган юлдузлар группасини ажратишга, уларнинг температураси, ёрқинлиги, спектрал синфи, абсолют катталиклари каби параметрлари орасидаги боғланишларни аниқлашга имкон беради.

Бу диаграммада юлдузларнинг асосий қисми бош кетма-кетлик дейилувчи эгрилик бўйлаб жойлашиб, унинг чап қисмида равшанлиги юқори бўлган бошланғич спектрга тегишли юлдузлар жойлашади ва ўнг томонга борган сайин юлдузларнинг ёрқинликлари (бинобарин температуралари) пасая бориб, кейинги синфларга тегишли юлдузлар диаграммадан жой олади.



3- расм

Бош кетма-кетлик эгрилигидан юқорида нисбатан паст температурали бироқ диаметри жуда катта ва шунинг учун ҳам катта ёрқинликка эга бўлган абсолют юлдуз катталиклари -4^m , -5^m ўтагигант ва гигант (абсолют юлдуз катталиклари 0^m атрофида) юлдузлар жойлашади. Диаграмманинг қуйи қисмда, бошланғич спектрал синфларига эга бўлган нисбатан кам ёрқинликка эга бўлган митти юлдузлар жойлашади.

Диаграммада юлдузларнинг бир текис тақсимланмаслиги, уларнинг ёрқинликлари ва температуралари орасида сезиларли боғланиш борлигидан дарак беради. Бу боғланиш, айниқса, бош катталикка тегишли юлдузларда яхши акс қилади. Бироқ юлдузларнинг ёрқинликлари ва спектрал синфлари орасидаги боғланишни эътибор билан ўрганиш диаграммада бош кетма-кетликдан бошқа яна бир неча кетма-кетликларининг очилишига олиб келади. Мазкур кетма-кетликлар ёрқинлик синфлари деб юритилади ва I дан VII гача рим рақамлари

билан белгиланади (4-расм). Бу рақамлар эса, ўз навбатида, юлдузнинг спектрал синфидан кейин қўйилади.

Юлдузларнинг қабул қилинган бу классификацияси МКК (Морган, Кинан, Кельман) деб юритилади.

Ёрқинлик синфлари бўйича юлдузлар қуйидагича тақсимланади:

I синф – ўтагигантлар. Бу юлдузлар Герцшпрунг-Рессел диаграммасининг тепа қисмидан жой олиб, бир неча кетма-кетликларга (I_{ao} , I, I_{ab} ва I_b) бўлинади.

II синф – равшан гигантлар;

III синф – гигантлар;

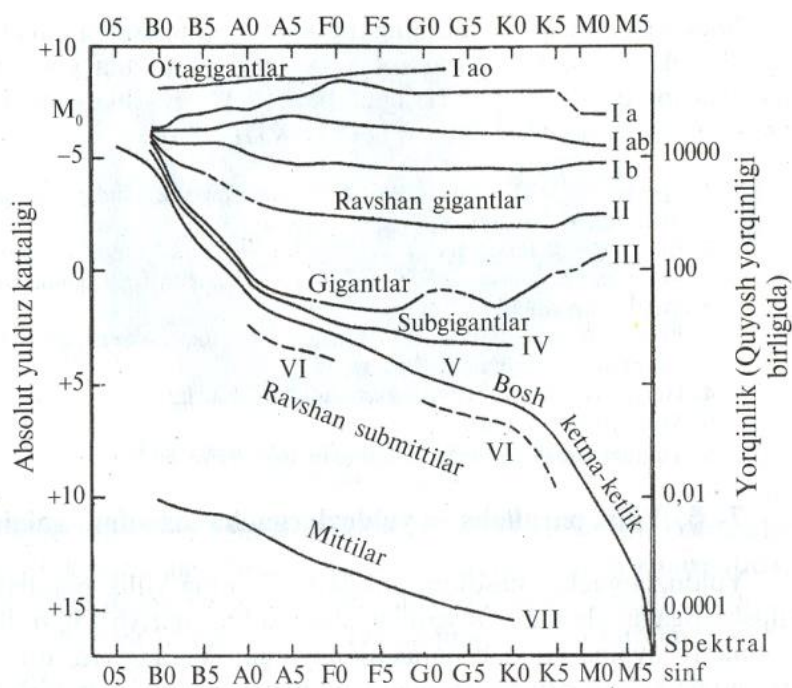
IV синф – субгигантлар;

V синф – бош кетма-кетликнинг юлдузлари;

VI синф – равшан субкарликлар. Бош кетма-кетликдан тахминан бир бир юлдуз катталигига фарқ қилиб, унинг остидан ўтадиган кетма-кетликдир.

VII синф – ок митти юлдузлар. Диаграмманинг қуйи қисмидан жой олувчи юлдузлардир.

Бирор юлдузни маълум ёрқинлик синфига тегишлилиги, спектрал синфнинг махсус белгилари орқали аниқланади. Масалан ўтагигантларнинг спектри, спектрида кенг чизиқлари бўлган ок митти юлдузларникидан фарқ қилиб, ингичка ҳамда контури жуда чуқур спектрал чизиқларга эга бўлади. Маълум спектрал синфга тегишли митти юлдузларнинг шундай спектрал синфдаги гигантлардан фарқи шундай митти юлдузларнинг спектрида айрим метал чизиқлари гигантларникига нисбатан кучсиз бўлгани ҳолда, бошқа металларга тегишли чизиқлар интенсивликларига кўра жуда кам фарқ қилади.



4- расм

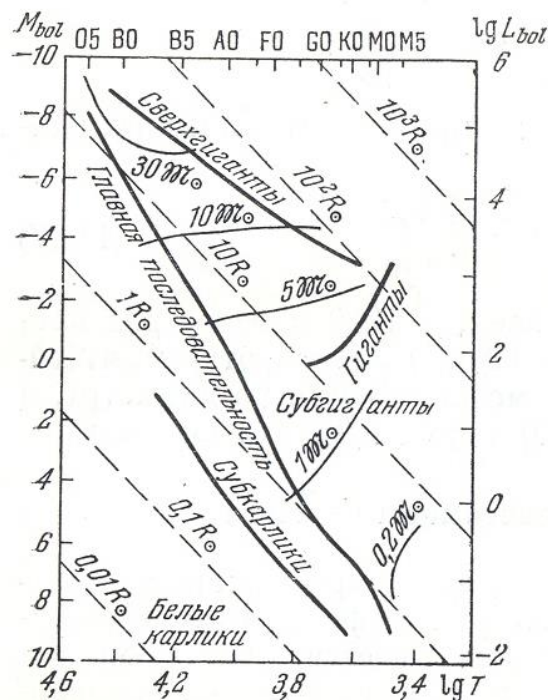
Юлдузларнинг спектрал синфлари, ёрқинлик синфлари билан қўшиб ўрганилганда, юлдузларнинг абсолют катталикларини аниқлашга имкон беради. Юлдузларнинг аниқланган абсолют юлдуз катталиклари эса, ўз навбатида, юлдузларгача масофани аниқлашга имкон беради.

Юлдузлар ёрқинлигини уларнинг спектридаги айрим чизиқларнинг равшанлигига эмпирик боғлиқлигига асосланган юлдузларгача масофаларини аниқлаш методи спектрал параллакс методи деб юритилади.

Спектрал параллакс методининг тригонометрик методлардан афзаллиги шундаки, спектрал параллакс жуда узоқдаги спектрларини олиш мумкин бўлган ёритгичларни ҳам узоқлигини аниқлашга имкон бера олади.

Радиус-ёрқинлик-масса диаграммаси. Юлдузларнинг спектрал синфи (температураси) ва ёрқинликлари орасидаги боғланишдан ташқари уларга тегишли асосий физик катталиклар – ёрқинлик, эффектив температура ва радиус орасидаги боғланиш борлиги (6) дан ҳам бизга маълум. Бинобарин юлдузларнинг радиуси ва спектрал синфи (температураси) орасидаги боғланиш мавжуд. Бундай боғланиш диаграммада акс эттириш учун Герцшпрунг-Рессел

диаграммасыдаги визуал – абсолют юлдуз катталиги M_v ўрнига логарифмик шкалада абсолют болометрик юлдуз катталиги M_b , спектрал синфлар ўрнига унга мос логарифмик шкаладаги эффектив температурани куямиз. Бундай диаграммада бир хил радиусга эга бўлган юлдузлар бир тўғри чизик бўйича жойлашади, чунки (6) ифодадан кўринишича $\lg L$ ва $\lg T_{\text{эф}}$ ўзаро чизикли боғлангандир.



5- расм.

5-расмда шундай диаграмма тасвирланган бўлиб, унда бир хил радиусли юлдузлар жойлашадиган тўғри чизиклар акс эттирилган.

Бордию юлдузларнинг ёрқинликлари ва массалари орасидаги боғланишни ифодаловчи (12) формула, бошқа синфларга кирувчи юлдузларнинг ёрқинликлари учун ҳам ўринли деб қаралса, унда спектр-ёрқинлик диаграммасыда массалари маълум юлдузларни жойлаб, улар асосида (12) ифодага таянган ҳолда бир хил массали юлдузларнинг ҳам ўринларини белгилаш мумкин бўлади.

Шундай қилиб 5–расмда ифодаланган диаграмма спектр-ёрқинлик диаграммасидан яна ҳам тўлалиги билан фарқ қилиб, юлдузлар ҳолатининг диаграммаси сифатида қаралиши мумкин.

Хусусан бундай диаграмма юлдузларнинг эволюцияси ҳақида, ҳамда эволюция туфайли унинг асосий физик параметрларининг ўзгариш тенденцияси ҳақида қимматли маълумотларни бериши мумкин.

Хулоса

- Бош кетма-кетлик эгрилигидан юқорида нисбатан паст температурали бироқ диаметри жуда катта ва шунинг учун ҳам катта ёрқинликка эга бўлган абсолют юлдуз катталиклари -4^m , -5^m ўтагигант ва гигант (абсолют юлдуз катталиклари 0^m атрофида) юлдузлар жойлашади.
- Диаграмманинг қуйи қисмда, бошланғич спектрал синфларига эга бўлган нисбатан кам ёрқинликка эга бўлган митти юлдузлар жойлашади.
- Юлдузларнинг спектрал синфлари, ёрқинлик синфлари билан қўшиб ўрганилганда, юлдузларнинг абсолют катталикларини аниқлашга имкон беради.
- Юлдузларнинг аниқланган абсолют юлдуз катталиклари эса, ўз навбатида, юлдузларгача масофани аниқлашга имкон беради.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Nuritdinov S., Mirtadjieva K., Umumiy astronomiya, O'zMU, 2008
2. Sattarov I. Astrofizika. 2009(I qism), 2007 (II qism). Toshkent
3. Mamadazimov M.M. Umumiy Astronomiya. T.: "Yangi asr avlodi", 2008
4. Нуритдинов С.Н, Гайнуллина Э.Р. Общая астрономия: задачи и упражнения, Т.: НУУз, 2006
5. Кононович Э. В., Мороз В. И. Общий курс астрономии, М.: УРСС, 2004

2.3. “Юлдузларнинг спектрлари ва спектрал синфлари” мавзуси бўйича кейслар



«7 Юлдуз кейси»



Қуйида сизга 7 та юлдуз номлари келтирилган. Бу юлдузлар 7 та спектрал синфга мансуб. Сиз уларнинг қайси спектрал синфга тегишли эканлигини топишингиз керак.

Юлдузлар: *Хўкизбоқарнинг α си, Қуёш, Катта айиқнинг α си, Орионнинг α си, Сунбуланинг α си, кичик айиқнинг α си, Орионнинг β си.*

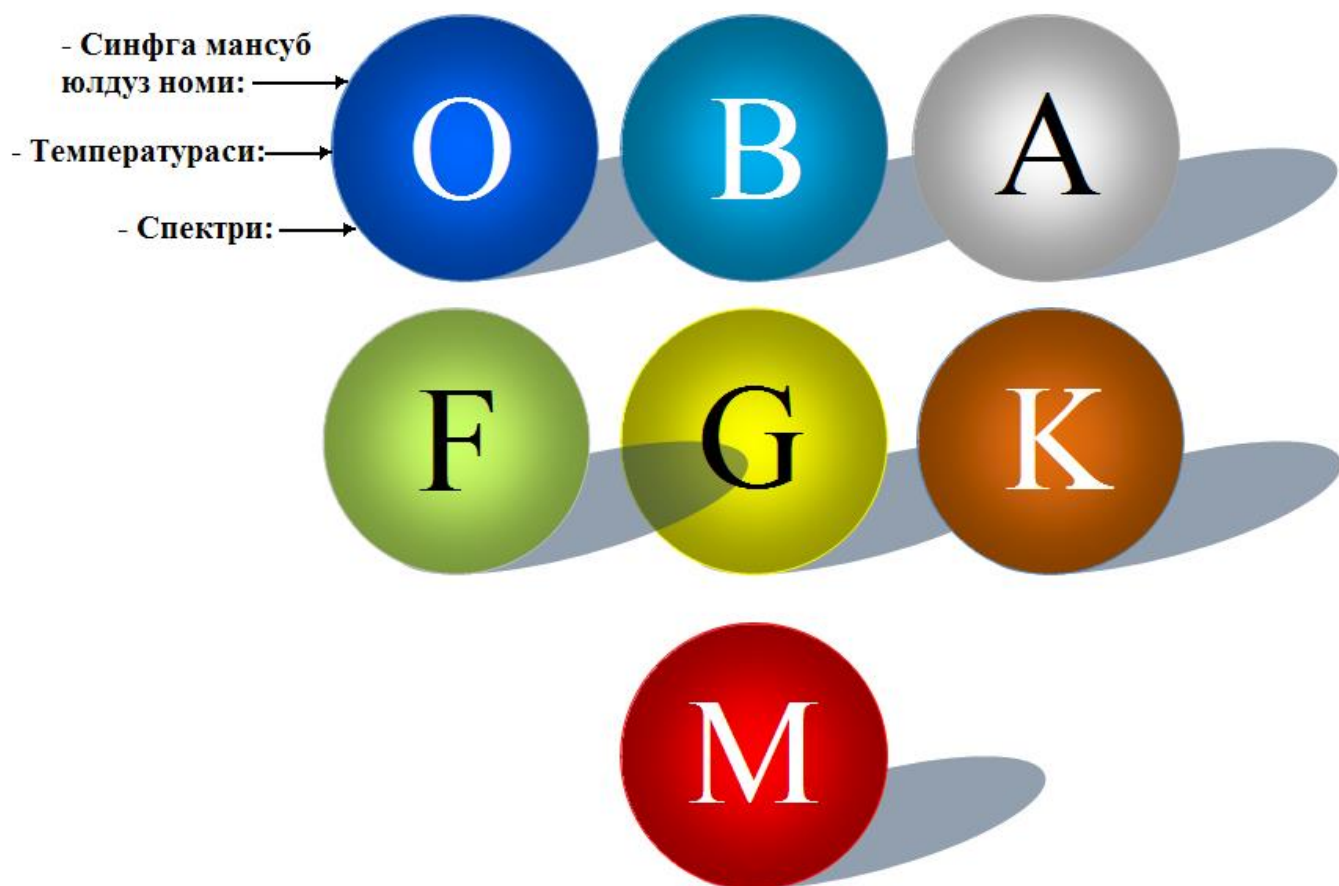
Қўшимча маълумотлар: Коинотда бир юлдуз бўлиб, у жуда гигант юлдузлардан бири ҳисобланади. У катта бўлишига қарамасдан совуқ юлдузлар

сирасига киради. Бу юлдузнинг номи Бетелгейзий. А спектрал синфга кирувчи юлдуз ҳаммага таниш бўлиб, уни одамлар қадимдан ўрганиб келишган. У юлдузнинг ҳаркати билан мисрда йил узунлигини ҳисоблашган. У юлдузнинг қадимги ва ҳозирги номи Сирриус. Ундан кейинги спекатрал синфга кирувчи юлдузнинг номи Процион. Унинг температураси 7500 К ни ташкил қилади. Коинотда энг ўта қайноқ юлдузлардан бири бу Орионнинг β си ҳисобланади. Сунбуланинг α си ундан кейинги спектрал синфга мансуб. Хўкизбоқарнинг температураси Қуёшникига жуда яқин бўлганлиги учун у спектрал синфлар бўйича Қуёшнинг қўшниси ҳисобланади.

Саволлар:

1. Бетелгейзе, Сириус ва Процион юқоридаги қайси юлдузларнинг иккинчи номилари ҳисобланади ва у қайси спектрал синифга тегишли?
2. Юқоридаги барча юлдузлар қайси спектрал синфларга мос келади?

Бажариш шартлари: Маърузадаги маълумотлар ва кейсдага маълумотлар асосида қуйидаги доирачалар яъни юлдуз макетлари ичидаги қисмлар тўлдирилсин. Шундан сўнг сиз юлдузларнинг спектрал синифлирига тегишли барча маълумотларга эга бўласиз.

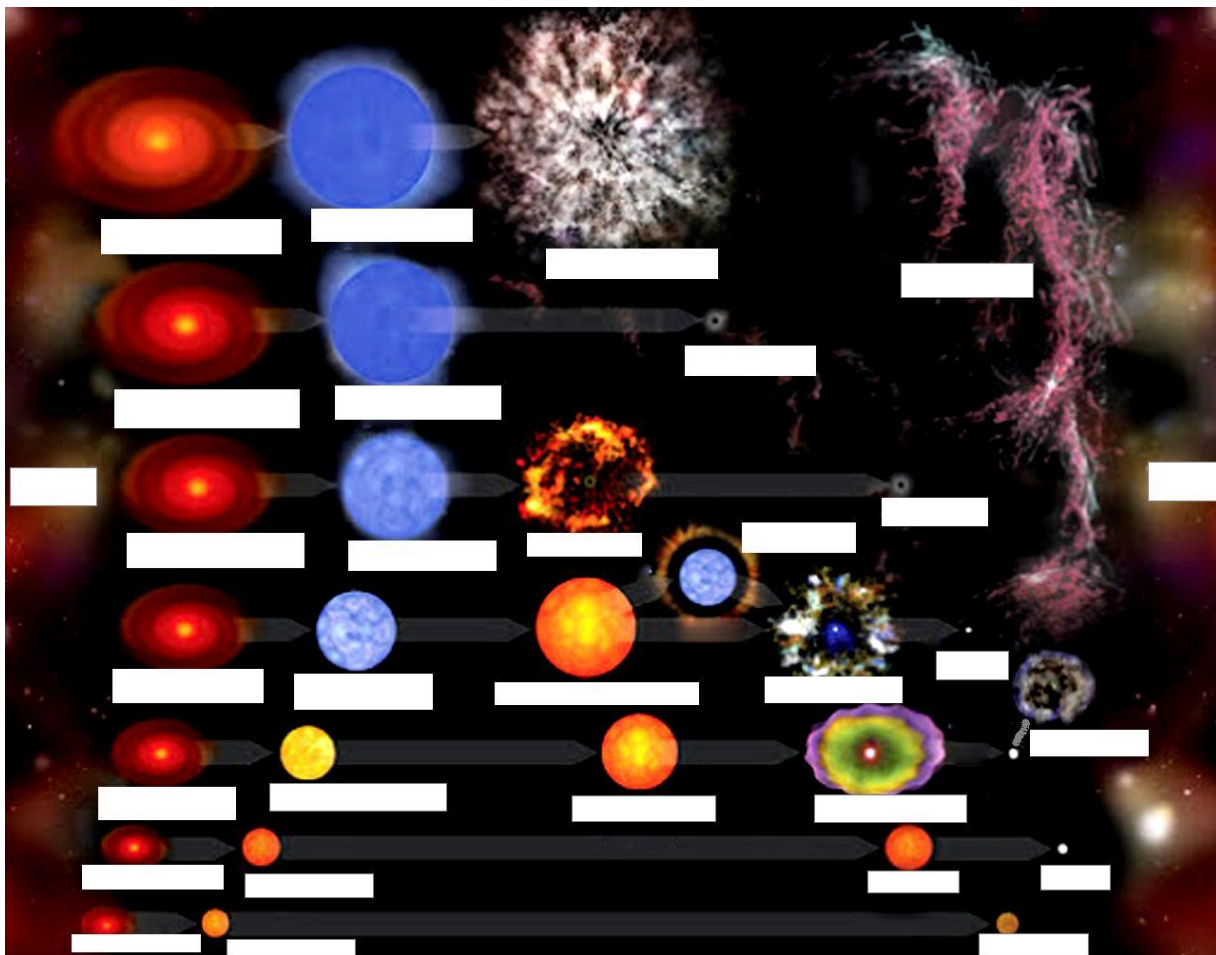


**“Юлдузларнинг спектрлари ва спектрал синфлари” мавзуси бўйича
расмли кейс**

Бу кейс орқали талабанинг фикрлаш қобилияти шаклланади ва мустақил фикрлаш қобилитини ривожлантиради. Шу билан бирга юлдузларнинг спектрал синфлари ҳақида тўлиқроқ маълумотга эга бўлади.

Қуйи  барча спектрал синфга тегишли бўлган юлдузларнинг пайдо бўлиши ва портлаши жараёлари келтирилган. Расмда келтирилган қонуниятлардан фойдаланиб юлдузлар ва объекларнинг номларини топишингиз талаб қилинади. Топилган юлдуз номларини тарқатилган тарқатма материалнинг оқ рангдаги

қисмларига ёзиб чиқишингиз талаб қилинади. Қуйида яна кейс саволлари келтирилган. Талабалар бу саволларга жавоб топиш орқали коинотда бўладиган яъни юлдузлар оламида бўладиган ҳодисаларни тассавур қилиш қобилиятини шакллантирадилар



Yulduzlarning ichki tuzilishi va fizik tabiati

Reja:

- 1.Yulduz ulchamlarini aniklash usullari.
- 2.Yulduzlarning massalarini aniqlash.
- 3.Yulduzlarning ichki tuzilishi va fizik tabiati. Yulduzlarning atmosferasi.
- 4.Qo'shaloq yulduzlar va ularning fizik xususiyatlari.

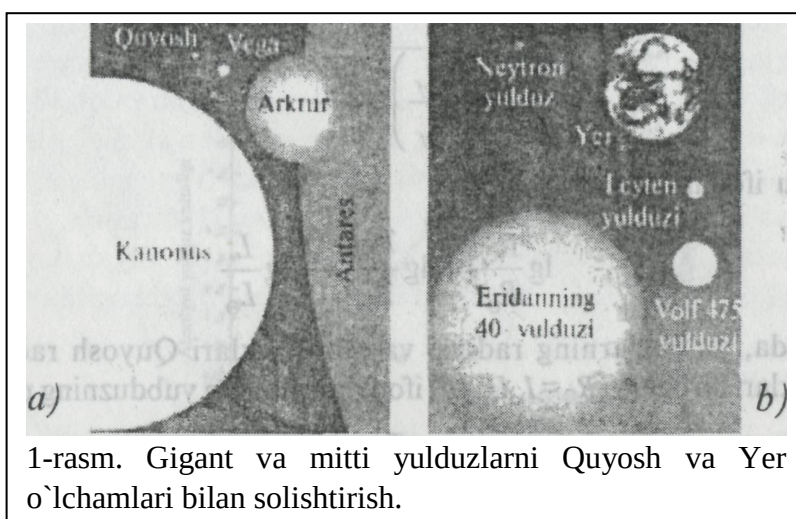
1. Yulduzlar o'lchamlarini (radiuslarini) aniqlash usullari

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:

$$D = \sin d'' \cdot r \quad \text{yoki} \quad D = \frac{d'' \cdot r}{206265} \text{ pk} = 74,8 \cdot 10^6 d \cdot r \text{ km} \quad (1)$$

Biroq yulduzlar juda uzoq masofada joylashganliklaridan eng yirik teleskoplar bilan ham ularning burchagiy o'lchamlarini aniqlab bo'lmaydi. Faqat maxsus yulduzlar interferometri deb yuritiluvchi teleskoplar yordamida atigi bir necha o'nlab yulduzlarning burchagiy o'lchalarini 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 (1-rasm).

Ma'lum bir yulduz radiuslarini aniqlashning boshqa bir usuli shuki, uning



bolometrik yorqinligi L_{bol} va effektiv teraperaturasi 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:

$$\mathcal{E} = \sigma T_{ef}^4 \quad (2)$$

U holda yulduzning to'la sferik sirtidan chiqayotgan nurlanish oqimi yulduz sirti $S = 4\pi R_*^2$ bo'lganidan:

$$L_* = 4\pi R_*^2 \cdot \sigma \cdot T_{*ef}^4 \quad (3)$$

Bu ifodani Quyosh uchun tadbiq qilinsa,

$$L_{\odot} = 4\pi R_{\odot}^2 \cdot \sigma \cdot T_{\odot ef}^4 \quad (4)$$

(3) va (4) tenglamalarning mos tomonlarini o'zaro bo'lsak

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

Yoki

$$\frac{R_*}{R_{\odot}} = \left(\frac{T_{*ef}}{T_{\odot f}} \right)^2 \sqrt{\frac{L_*}{L_{\odot}}}$$

ushbu ifodani logarifmlasak
$$\lg \frac{R_*}{R_{\odot}} = 2 \lg \frac{T_{*ef}}{T_{\odot f}} + \frac{1}{2} \lg \frac{L_*}{L_{\odot}} \quad (5)$$

Odatda, yulduzlarning radiusi va yorqinliklari Quyosh radiusi va yorqinliklari birligida ($R_{\odot}=1, L_{\odot}=1$) ifodalanganidan yulduzning radiusini

$$\lg R_* = 2 \lg \frac{T_{*ef}}{T_{\odot f}} + \frac{1}{2} \lg L_* \quad (6)$$

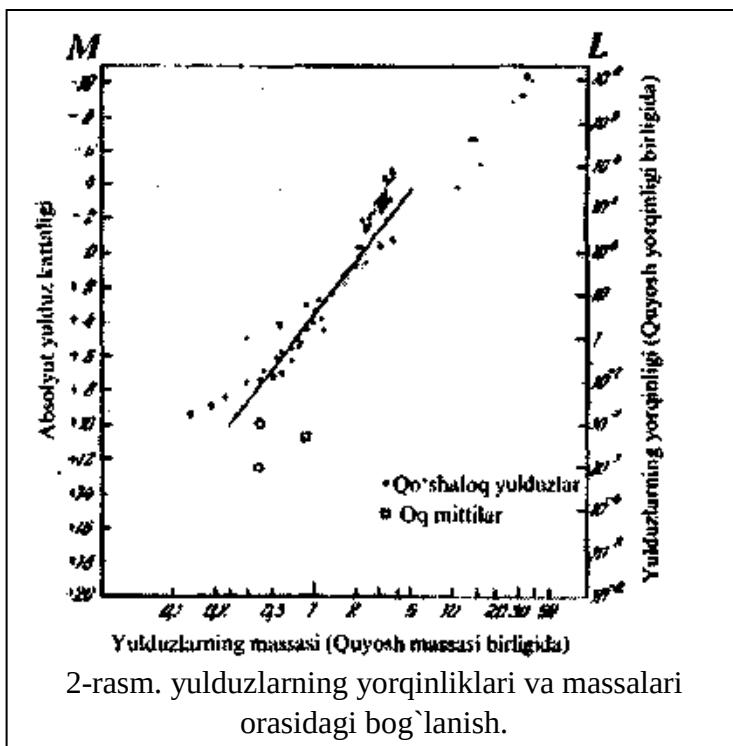
ko'rinishda yozish mumkin. Yulduzlarning absolyut bolometrik kattaliklari M_b ma'lum bo'lsa, yulduzlarning chizig'iy o'lchamlari ularning effektiv temperaturalariga ko'ra quyidagicha topiladi.

$$\lg R_* = 8,470 - 0,2M_b - 2 \lg T_{ef} \quad (7)$$

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:

$$L_b \approx R^{3,2} \quad (8)$$

2. 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 tomonidan aniqlashtirilgan uchinchi qonunidan foydalaniladi:

$$\frac{T_y^2 (M_a + M_y)}{T_{\oplus}^2 (M_{\odot} + m_{\oplus})} = \frac{a_y^3}{a_{\oplus}^3} \quad (9)$$

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.

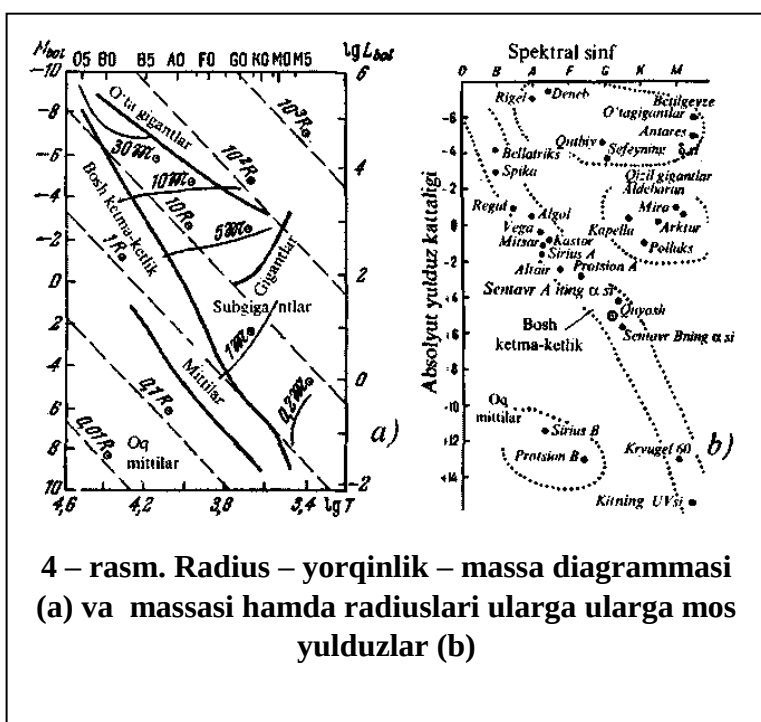
$M_{\odot} \gg m_{\oplus}$, $T_{\oplus} = 1$ yil, $a_{\oplus} = 1$ a.b. deb yo'ldosh yulduzning aylanish davri yillarda orbitaning katta yarim o'qini astronoraik birliklarda ifodalasak (1) ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$M_a + M_y = \frac{a_y^3}{T_y^2} \quad (10)$$

(10) ifoda bilan hisoblanganda yulduzlar kompoentlarining massasi Quyosh massasi birligida chiqadi.

Agar qo'shaloq sistemaga kiruvchi yulduzlarning massa raarkaziga nisbatan holatini alohida va natijada ularning katta yarim o'qlarining burchagiy o'lchamlarini alohida aniqlashning imkoni boisa, u holda ular massalarining munosabatlarini ushbu ifoda yordamida aniqlash mumkin:

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{a''_1}{a''_2}, \quad (11)$$



4 – rasm. Radius – yorqinlik – massa diagrammasi (a) va massasi hamda radiuslari ularga ularga mos yulduzlar (b)

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 murnkin 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 (2-rasm).

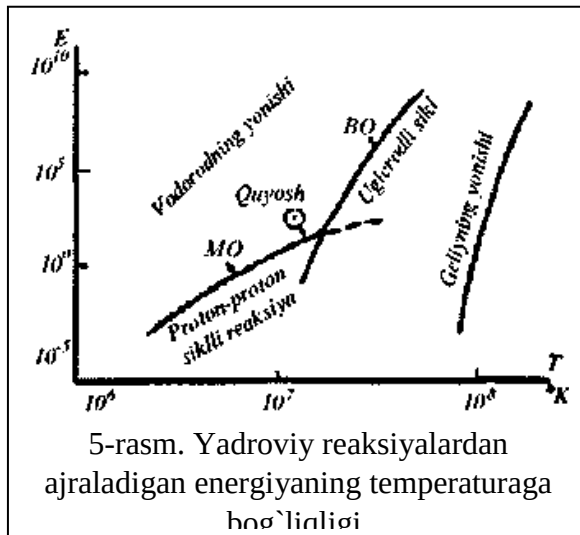
Xususan, bosh ketma-ketlik egriligidan o'rin olgan ko'pchilik qo'shaloq yulduzlarning komponentlari uchun quyidagi bog'lanish o'rinli bo'ladi:

$$L_b = M_*^{3.9} \quad (12)$$

Ushbu ifodadan ko'rinishicha, bosh ketma-ketlikning tepa qismida eng massiv yulduzlar joylashib, pastga yo'nalgan sayin yulduzlarning massasi kamayib boradi.

3.Yulduzlarning ichki tuzilishi va fizik tabiati. Yulduzlarning atmosferasi.

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:

$$T_Q = k \frac{m}{R} \quad (1)$$

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

$$T_* = 1,5 \cdot 10^7 \frac{m_*}{R_*} \quad (2)$$

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

Binobarin, bundan yulduzlar markazi uchun:

$$T^* = 1,5 \cdot 10^7 R^{1/3} \quad (4)$$

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.

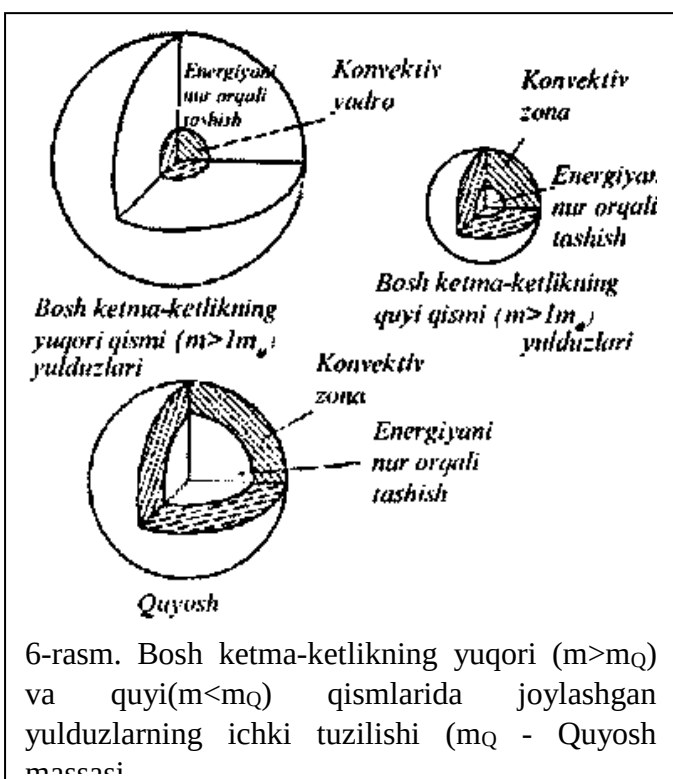
5-rasmda yulduzlarning temperaturaga bog'liq ravishda proton-proton siklli va uglerod-azot siklli reaksiyalarda ajraladigan energiya miqdorining o'zgarishi keltirilgan.

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 sifiga olib chiqish qudratiga ega bo'lolmaydi. Bu, yulduz markazida termoyadro sintezi tufayli ajraladigan energiyani yulduz sirtiga faqat nurlanishning o'zi olib chiqishga qodir emas, deganidir. Binobarin, energiyaning katta qismini yulduz sirtiga tomon plazma massasi konveksiya ko'rinishida tashishga majbur bo'ladi. Natijada yulduz markazida gaz massasining kuchli

aralashuvi sodir bo'lib, bosh ketma-ketlikning bunday yulduzlari markazida markaziy konvektiv zona vujudga keladi. Taxminan 10 Quyosh massasiga ega yulduzlarning markaziy konvektiv zonasining radiusi yulduz radiusining 1/4 qismini tashkil qiladi (6-rasm). Konvektiv yadroni o'rovchi yulduz qatlamida esa nuriy muvozanat ro'y beradi.

2. *Bosh ketma-ketlikning quyi qismidagi yulduzlarning Jizik tabiati.* Bunday yulduzlar yadrosida ro'y beradiagn proton-proton siklli termoyadro reaksiyasi tufayli ajraladigan energiyaning temperaturaga bog'liqligi, nurlanish energiyasining temperaturaga bog'liqligi kabi bo'lib, uning markazida konveksiya ro'y bermaydi. Bunday yulduzlarda yetarlicha katta qalinlikdagi konvektiv zona sirtiga yaqin qismida

sodir bo'ladi. Yulduzning temperaturasi qanchalik sovuq bo'lsa, unda konveksiya zonasi shuncha ko'p chuqurlikdan boshlanadi. Bunday yulduzlarning tipik vakili Quyosh bo'lib, uning 2 foizga yaqin konvektiv zonasi fotosfera ostidagi qatlamlardan joy oladi. Yana ham sovuq yulduzlarda, massasi taxminan 0.6 Quyosh massasiga teng bo'lgan mitti yulduzlarda konveksiya zonasi uchun yulduz massasining qariyb 10 % ga yaqin qismi ishtirok etadi (6-rasmga qarang).

3. *Qizil gigant yulduzlarning tabiati.* Bunday yulduzlarning tarkibi bir jinsli bo'lmay, ularning markazida uzoq davom etadigan termoyadro sintezi tufayli geliyli yadro paydo bo'ladi. Natijada energiya ajratuvchi ingichka yadroviy reaksiya zonasi sekin-asta yulduzning tashqi chegarasi tomon siljiy boradi. Garchi vodorodning sintez reaksiyasi ketayotgan bu zonadan tashqarida vodorodning zaxirasi yetarlicha bo'lsa-da, biroq bosim va temperatura yetarli bo'lmaganligi tufayli unda yadroviy reaksiya ro'y bermaydi. Dastlab yadro reaksiyasi kechayotgan ingichka qatlamda bosim geliyli yadronikidan ham yuqori bo'lib, natijada yadroni yanada siqilishiga olib keladi. Bunday siqilish to'g'ri bosimi temperaturaga bog'liq bo'lmagan holatga o'tgunga qadar davom etadi. Siqilishni to'xtatish uchun zarur bo'lgan juda katta bosim zichlikning keskin ortib ketishi bilan ta'minlanadi. Hisob-kitobning ko'rsatishicha, $M = 1,3M_0$ o'lgan yulduzning markazida vodorodning to'la geliyga aylanishi ro'y bergandan keyingina faqat geliydan tashkil topgan yadro vujudga keladi. Biroq geliyli yadroning temperaturasi hali juda past bo'lib, navbatdagi geliyning uglerodga aylanish reaksiyasi ro'y berishi uchun yetarli bo'lmaydi. Yadroviy energiya manbaidan xoli bo'lgan bunday yadro - yulduz massasining chorak qismini tashkil etib, uning markazida zichlik 350 kg/sm^3 ni tashkil etadi. Undan so'ng taxminan $0.1 R^*$ qalinlikda nuriy qatlam joylashib, tashqi $-0,9 R^*$ gacha boradigan yulduzning qalinligi – qizil gigantning ulkan konvektiv zonasini (massasining deyarli 70 foizi) tashkil qiladi (129-rasm)

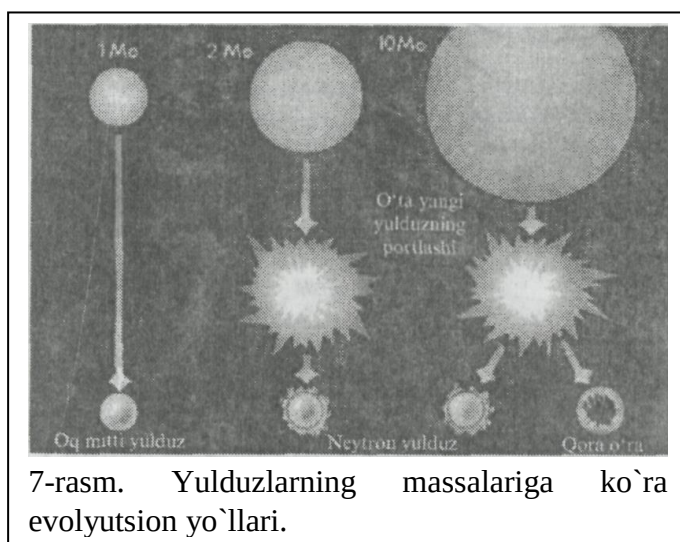
4. *Oq mitti yulduzlar.* Qizil gigantlarga xos xususiyat - uning markazida Quyoshdek yoki undan ancha kichik geliyli izotermik yadroning hosil bo'lishini ko'rdik. Agar bunday yulduzlar tashqi konvektiv qobiqsiz vujudga kelganda edi, o'lchamlarining kichikligi tufayli (garchi temperatura juda yuqori bo'lsa ham) spektr-yorqinlik diagrammasining ostki qismida chap tomondan o'rin oladi. Bunday yulduzlarning o'lchami atigi $10^{-2} \div 10^{-3} R_Q$ (R_Q - Quyosh radiusi)ni tashkil qiladi, zichligi har kub santimetriga 10^5 tonnaga yetadi. Ular rangiga ko'ra *oq mini yulduzlar* deb ataladi. Ular siqilish tufayli erishgan katta energiyasini nurlanish yo'li bilan juda sekinlik yo'li bilan tarqatib soviydi.

Bunday yulduzlar katta massaga ega bo'lsa, uning markazida gaz bosimi yanayam katta gravitatsiya kuchiga (siqilish paytida gravitatsiya kuchlari gaz bosim kuchidan

tezroq o'sadi) duch keladi. Shuning uchun ham massiv oq mittilar kuchli siqilgan bo'lib, uning radiusi va massasi orasida aniq bog'lanish mavjud bo'ladi.

Biroq massasining ma'lum qiymatlaridan boshlab, yadroga gaz bosimi gravitatsiya kuchlariga bas kelolmay, uzluksiz siqila boshlaydi, boshqacha aytganda, kollaps hodisasi ro'y beradi. Yulduz massasi taxmimnan 2-3 Quyosh massasicha boiganda, u kollapsdan qochib qutulolmaydi.

Agar yulduz siqilish tufayli neytron yulduzga aylanmaganda edi, kollaps hodisasi massasi $m > 1,2M_Q$ 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.

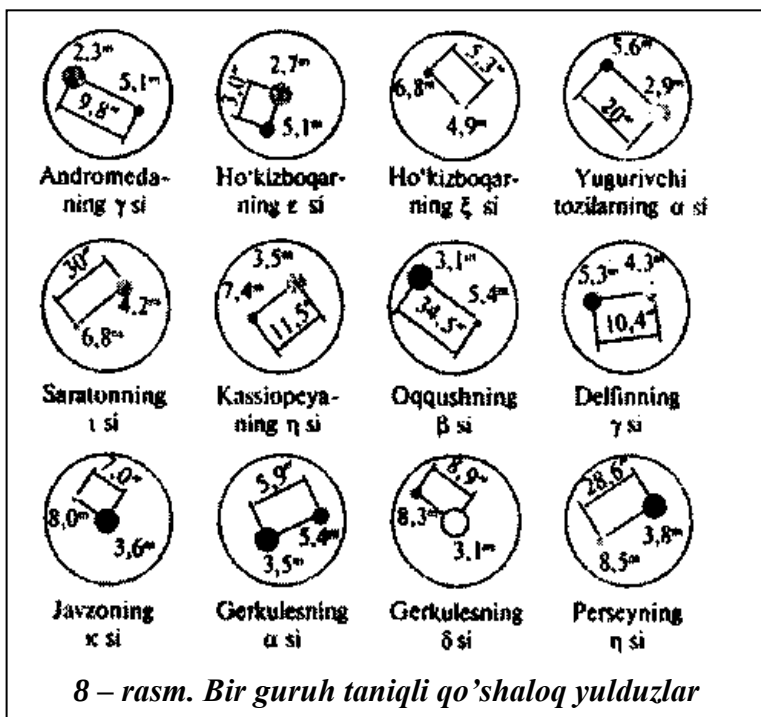
Bordi-yu yulduzning massasi 2-3 Quyosh massasidan katta bo'lsa, u holda «neytron gaz»ning bosimi ham

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, boiishi mumkin bo'lgan bunday faraziy yulduz «ko'rinishi» - qora o'ra deb ataladi (7-rasmga qarang).

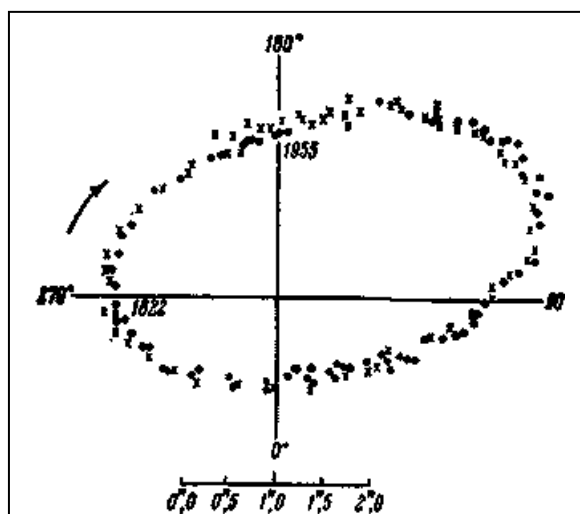
4.Qo'shaloq yulduzlar va ularning fizik xususiyatlari.



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. 8-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.

1. *Vizual qo'shaloq yulduzlar.* Agar qo'shaloq yulduzlarning tashkil etuvchilari, bir-



9-rasm. Katta Ayiqning vizual qo'shaloq ξ yulduzining ko'rinma orbitasi.

birlaridan bevosita ajratib ko'rish mumkin bo'lgan masofada joylashgan bo'lsa, ulgr vizual qo'shaloqlar deyiladi.

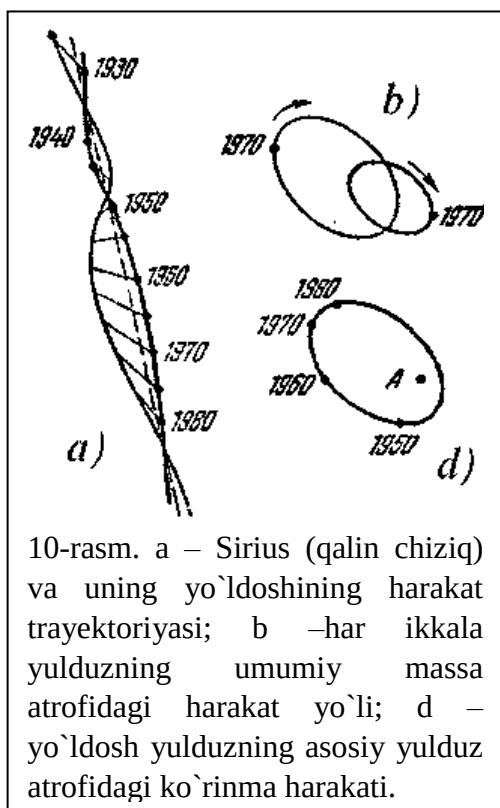
Vizual qo'shaloqlarni ularga juda o'xshash bo'lgan optik qo'shaloqlardan farqlash uchun uzoq yillar tinimsiz kuzatish lozim. Ko'pchilik kuzatiladigan qo'shaloqlarning haqiqiy qo'shaloqligi, ularning xususiy harakatlarini bir necha o'n yillar oralatib olingan fotorasmlarini o'rgahish orqali aniqlanadi. 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 yulduzni* (asosiysini) qo'zg'almas deb qarab, *yo'ldosh yulduzning* 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 yulduzlar haqiqiy elliptik orbitalarining katta yarim o'qlarining yig'indisidan iborat bo'ladi.

Vizual qo'shaloq yulduzlarga Katta Ayiq yulduz turkumining \ 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 (9-rasm).



10-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 ikkinenglamadan 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.

Qo'shaloq yulduzlarning orbita elementlari. 11-rasmda qo'shaloq yulduz orbitasining fazoda joylashishi tasvirlangan. Bu yerda S_1 ni bosh yulduz deb, S_2 ni

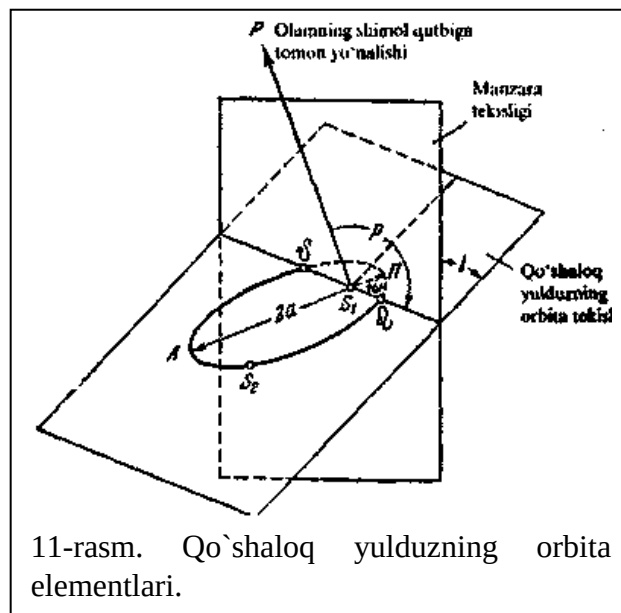
esa yo'ldosh yulduz deb qaralsa, u holda yo'ldosh yulduz nisbiy orbitasining bosh yulduzga eng yaqin nuqtasi Π - *periastr*, qarama-qarshi nuqtasi A - *apoastr* deyiladi.

Nisbiy orbitaning holati va yo'ldosh yulduzning undagi yaziyati 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 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 180° dan kichik qilib olinadi),

periastrning uzunlamasi - co 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 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, co 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 $aa' = a' \cdot \sec i$ 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.

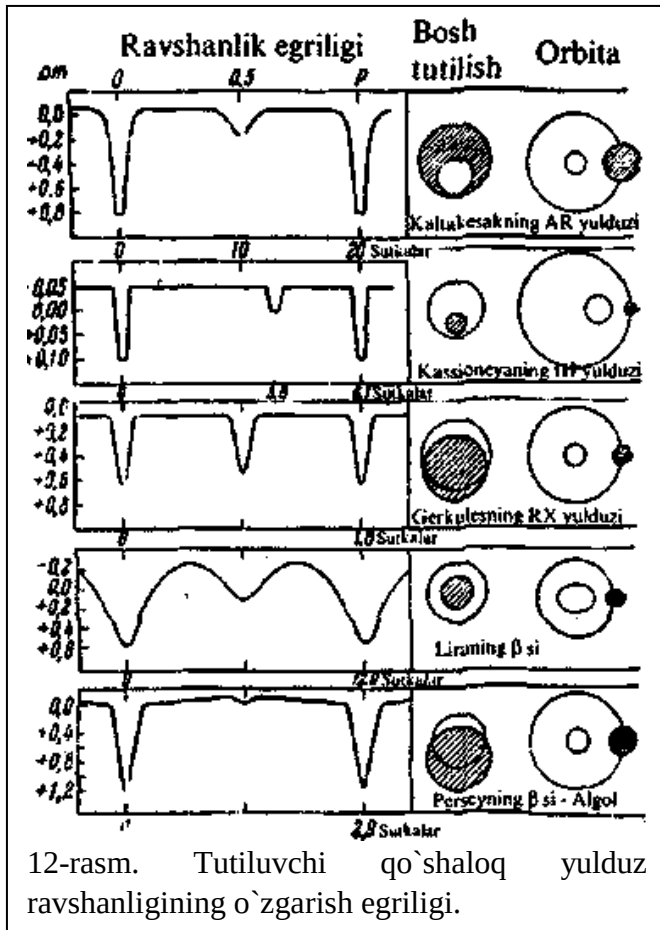


11-rasm. Qo'shaloq yulduzning orbita elementlari.

shu

(u

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. 12-rasmda ba'zi tutiluvchi qo'shaloq yulduzlar ravshanlik egriliklari va shu asosda 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 ikkirichisini to'la, qisman yoki markaziy to'sib o'tishi, orbitaning manzara tekisligi bilan hosil qilgan burchagiga bog'liq. Agar $i = 90^\circ$ 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 imkonini beradi. Radiuslarning ma'lum qiymatlariga va minimumlarning chuqurligiga asoslanib, yulduzlar effektiv temperaturalarini ham aniqlash mumkin.

Ketraa-ket minimumlar oralaridagi masofalar nisbati orbita, ekstsentrisiteti e va periastr uzunlamasi a ga bog'liq. Ikkilamchi minimumning boshlanish fazasi e -

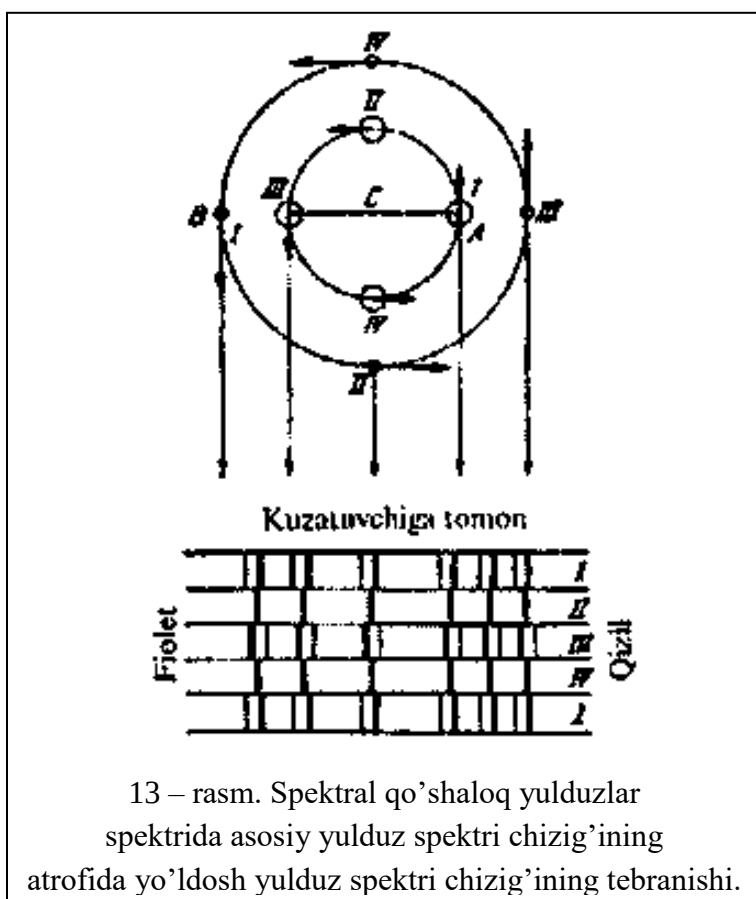
$\cos\omega$ ga teng. Agar bu faza ikkita bosh minimumlar o'rtasida bo'lsa, nisbiy orbita qarash chizig'i yo'nalishiga simmetrik joylashadi yoki aylana ko'rinishida bo'ladi. Ikkilamchi minimumning o'rtada bo'lmasligi $e \cdot \cos\omega$ ning qiymatini hisoblashga imkon beradi.

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 eksentrisiteti; ω - periastr uzunlamasi; R_1 va R_2 - qo'shaloq yulduzlar komponentalarining radiuslari;

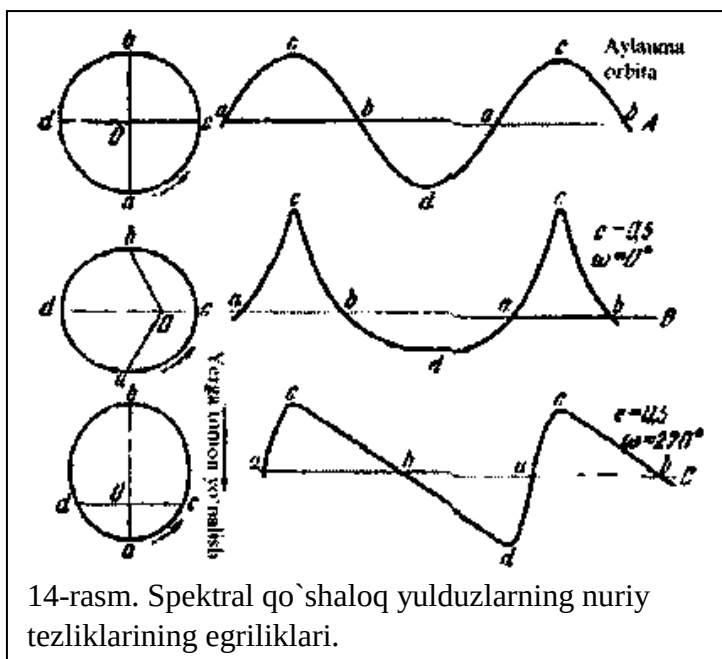
L_1/L_2 - ularning yorqinliklarining nisbati yoki T_1/T_2 - temperaturalarning nisbatini aniqlashimiz mumkin.

Hozirgi paytda Galaktikamizda 3000 dan ortiq tutilma qo'shaloq yulduzlar topilgan.

1. *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 yo'nalishda siljib turadi. Aynan shu hoi ularning qo'shaloqligidan darak beradi. Spektrlarning bu xususiyatlaridan aniqlangan qo'shaloq yulduzlar *spektral qo'shaloq yulduzlar* deyiladi (13-rasm).



Spektral qo'shaloq yulduzlarning orbita elementlari, yo'ldosh yulduz spektral chiziqlarining bosh yulduz spektr chiziqlariga nisbatan o'ngga va chapga siljishlari asosida topilgan nuriy tezliklarining egriliklari bo'yicha topiladi. 14-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'rinishida ekanligidan dalolat beradi.

Boshqa hollarda (14-B va D 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.

O'zgaruvchan yulduzlar

Reja:

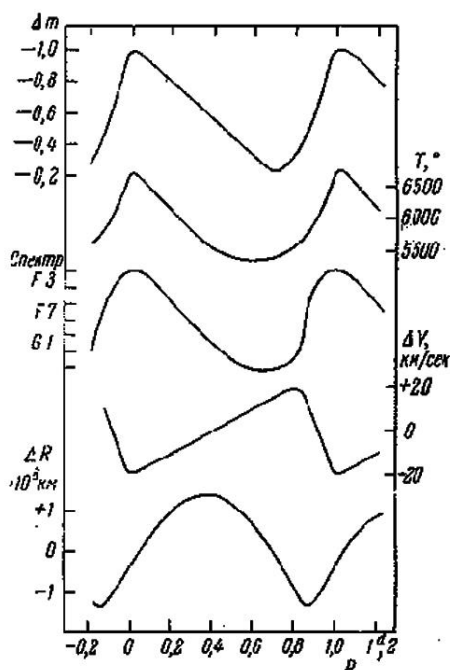
1. Fizik o'zgaruvchan yulduzlar. Pulsatsiyalanuvchi yulduzlar. Sefeidlar.
2. Eruktiv o'zgaruvchan yulduzlar. Pulsarlar.
3. Radio va Rentgen nurlar manbalari
4. Supernovalar

1. Физик ўзгарувчи юлдузлар

Физик ўзгарувчан юлдузлар равшанликларнинг ўзгариши, шу юлдузларнинг қаърида кечадиган физик жараёнлар ҳисобига бўлади. Физик ўзгарувчан юлдузлар, равшанликларининг ўзгариши характерига кўра, пульсацияланувчи ва эруптив ўзгарувчан юлдузларга бўлинади.

Пульсацияланувчи ўзгарувчан юлдузлар - равшанликларининг бир маромда (меъёрда) ўзгариши билан характерланади. Бу хилдаги ўзгарувчан юлдузларнинг равшанликларининг ўзгариши, асосан, уларнинг сирт қатламларининг пульсацияланиши ҳисобига бўлгани учун ҳам улар шундай номланади. Пульсацияланиш туфайли бундай юлдузларнинг радиуслари ортаётганда, уларнинг ёрқинлиги ва температураси максимумга эришади, аксинча кичраяётганда (яъни юлдуз сиқилаётганда) эса, ёрқинлиги ва ҳарорати камаяди. Пульсацияланувчи ўзгарувчан юлдузлар, даврларининг узунлиги ва равшанликларининг ўзгариш даражасига кўра қуйидаги типларга бўлинади:

Цефеидлар - равшанликларининг эгрилиги алоҳида шаклга эга бўлиб, уларнинг асосий катталикларидан ҳисобланган юлдуз катталикларининг вақт бўйича ўзгариш даврлари бир неча суткадан бир неча унлаб суткагача етади. Равшанлигининг эгрилиги Цефей юлдуз туркуми δ сининг ўзгаришига ухшашлиги учун ҳам бундай юлдузлар цефеидлар деб аталади (76-расм). Цефеидлар равшанлигининг ўзгариши 0,1 дан 2,0 юлдуз катталигига қадар бўлади.



- расм

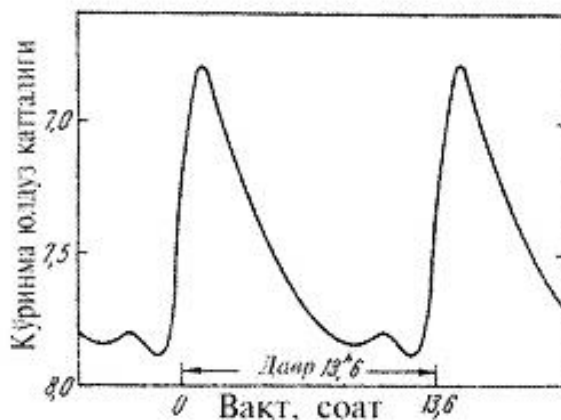
Цефеидлар равшанлигининг максимумида F спектрал синфга мансуб юлдуз кўринишида бўлиб, минимумида F, K синфларига мансуб юлдуз кўринишини олади. Равшанликларининг бундай ўзгариши, юлдуз температурасининг ўртача 1500 градусга ўзгаришига мос келади. Цефеидлар спектрида кузатиладиган чизиклар, уларнинг равшанликларининг ўзгаришига мос равишда қизил ва бинафша томонга силжиб туради. Бундай силжишлар ҳам даврий характерга эга

бўлиб, қизил силжишнинг максимуми - цефеид равшанлигининг минимумига, бинафша силжишнинг максимуми эса – юлдуз равшанлигининг максимумига тўғри келади. Цефеидларнинг даврлари ва равшанликлари орасида боғланиш мавжуд бўлиб, уларнинг равшанликларининг ортиши даврларининг ортишида ўз аксини топади.

Цефеидлар F ва G синфларга кирувчи гигант ва ўтагигант юлдузлар бўлганидан уларни Галактикамиздан ташқаридаги объектларда ҳам кўришнинг имкони бор (77-расм).

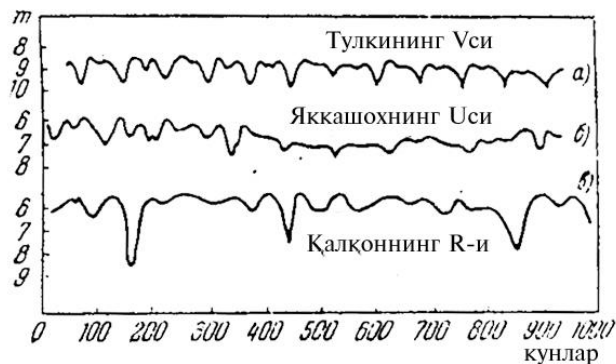
RR Лира типдаги ўзгарувчан юлдузлар - A спектрал синфига кирувчи гигант юлдузлар бўлиб, равшанлигининг ўзгариш интервали 1 дан 2 юлдуз катталигига қадар бўлади. Спектрал синфларининг ўзгариши A ва F синфлар билан чегараланади. Бу типдаги юлдузларнинг равшанликларининг ўзгариш даври 0,05 суткадан 1,2 суткагача бўлиб, жуда катта аниқлик билан кузатилади (78-расм).

Цефей юлдуз туркумининг β ёки Катта Ит юлдуз туркумининг β си типдаги физик ўзгарувчан юлдузлар - равшанлигининг эгрилиги бўйича RR типдаги юлдузларни эслатсада, ёрқинлигининг жуда кам ўзгариши (0,2 юлдуз катталигида) билан улардан фарқланади. Бу типдаги юлдузларнинг ўзгариш даври 3 соатдан 6 соатгача бориб, цефеидларники каби, равшанликларининг ўзгариши даврига боғлиқ бўлади.



- расм

Савр юлдуз туркумининг RV типдаги юлдузлар - равшанлигининг ўзгариш даври нисбатан доимийлиги билан бошқа типдаги физик ўзгарувчан юлдузлардан фарқ қилади. Уларнинг даври 30 суткадан 150 суткагача бориб, равшанликлари 3 юлдуз катталигига қадар ўзгаради. Бу типдаги юлдузларнинг спектрал ўзгариш чегараси F синфдан K синфгача боради.



- расм

Кит юлдуз туркумидаги Мира типдаги юлдузлар, узун даврли ўзгарувчан юлдузлардан бўлиб, уларнинг ўзгариш даври 80 суткадан 1000 ва ундан ортиқ суткагача боради. Равшанлигининг ўзгариш амплитудаси эса 2,5 юлдуз катталигигача етади. Бундай юлдузлар ёрқинлигининг максимумида унинг спектрида равшанлигининг минимумида кузатилган металл чизиқлари ўрнини водороднинг эмиссион чизиқлари олади.

12-§. Эруптив ўзгарувчан юлдузлар

Эруптив ўзгарувчан юлдузлар-асосан митти юлдузлар бўлиб, уларнинг ўзгарувчанлиги, вақти-вақти билан қайталанувчи чакнаш кўринишида бўлади. Бундай чакнашлар, мазкур юлдузлардан улоқтирилган плазманинг улоқтирилиши (эрупция) билан тушунтирилгани учун ҳам улар эруптив ўзгарувчан юлдузлар деб юритилади. Эруптив ўзгарувчан юлдузларнинг ярмидан кўпи **Аравакаш юлдуз туркумининг RW** типдаги юлдузлардир. Бундай типдаги ўзгарувчан юлдузларнинг равшанлиги шу қадар нотўғри ўзгарадики, натижада ҳеч қандай қонуният билан бу ўзгаришни белгилаб бўлмайди. Аравакашнинг RW типдаги маълум бир юлдуз равшанлиги баъзан жуда тез (1 соатда 1 юлдуз катталигига) ўзгаргани ҳолда, баъзан жуда секин (1 суткада 0,1 юлдуз катталигига) ўзгаради. Умуман бундай юлдузларда равшанликнинг ўзгариш амплитудаси 0,1 дан 3 юлдуз катталигигача бориши мумкин. Бу хил физик ўзгарувчан юлдузларнинг кўпчилиги F спектрал синфидаги юлдузлар бўлиб, фақат айримларигина В синфидан М синфигача учрайди.

Эгизаклар юлдуз туркумидаги U типдаги эруптив ўзгарувчан юлдузлар В ва А синфига кириб, ёрқинликлари нисбатан кам ўзгарадиган юлдузлардир. Бироқ баъзан бундай юлдузларнинг равшанлиги 1-2 кун ичида 2 дан 6 юлдуз катталигигача ортади ва бир неча кундан сўнг ўз ҳолатига қайтади.

Кит юлдуз туркумидаги UV типдаги митти юлдузлар M спектрал синфига кирувчи эруптив ўзгарувчан юлдузлар бўлиб, баъзан жуда қисқа даврли чакнашларни бошидан кечиради. Чакнаш пайтида уларнинг равшанлиги 1 -6 юлдуз катталигигача ўзгаради. Чакнаш бир неча ўн минутча давом этгани ҳолда минимал чакнаш бошланишидан бир неча секунд кейин максимумга етади.

4. Суперновалар

Суперновалар - эруптив ўзгарувчи юлдузлар бўлиб, ёрқинлиги кескин ўзгарувчи (чакновчи) юлдузлардир. Уларнинг чакнашлари портлаш ҳисобига бўлади. Портлаш туфайли бундай юлдузларнинг равшанлиги бир неча кун давомида ўнлаб миллион марта ортади яъни юлдуз катталиги ўнлаб юлдуз катталигига ортади. Юлдуз ўз равшанлигининг максимумига эришганда, ўзи жойлашган Галактика равшанлигига, ундан ҳам бир неча марта кўп равшанликка эга бўлади ва равшанлигининг максимумида, унинг абсолют юлдуз катталиги -18 дан то -19 юлдуз катталигигача етади. суперновалар ўз ёрқинлигининг максимумига, портлаш юз бергандан кейин 2-3 ҳафта ўтгач эришади ва сўнгра бир неча ой давомида унинг ёрқинлиги 25-30 марта камаяди. Чакнаш давомида, ўтаянги юлдузлар умумий нурланиш энергияси 10^{48} - 10^{49} эрггача етади (79-расм).



- расм

Маълум галактикада суперноваларнинг чакнаши, тахминан 100 йил ичида 1-2 мартагина бўлиши мумкин. Тарихда бизнинг Галактикада ҳам бир неча суперновалар чакнаши кузатилган. Булар ичида Савр юлдуз туркумида 1054 йилда Хитой астрономлари томонидан кузатилгани энг қувватлиларидан ҳисобланади. Бу юлдузни, унинг портлашдан сўнг бир неча кун давомида кундузи ҳам кўришнинг иложи бўлди. 1572 йили бошқа бир ўтаянги юлдуз Тихо Браге томонидан Кассиопея юлдуз туркумида, 1604 йили эса, Кеплер томонидан Илон Элтувчи юлдуз туркумида кузатилди.

Гарчи суперноваларнинг чакнаш механизмига доир назария ҳали тўла ишлаб чиқилмаган бўлса-да, ҳозирча юлдузларнинг портлаши, уларни эволюцияларининг охириги стадиясида вужудга келадиган номувозанатликнинг оқибати деб қаралади. Чакнаш пайтида бундай юлдузлар, $0,1 \div 1,0$ Қуёш массасига тенг ўз моддасини 6000 км/с тезлик билан юлдузлараро бўшлиққа улоқтиради.

Суперновалар равшанликларининг вақт бўйича ўзгариш характери ва спектрига кўра икки типга бўлинади. ўтаянги юлдузларнинг I типи, II типига нисбатан 5-10 марта равшан бўлиб, равшанлигининг максимумига тез эришади ва бу даврда унинг спектри туташ спектрга айланади. Сўнгга кўп ўтмай унинг спектрида кенг нурланиш полосалари пайдо бўлади. суперноваларнинг II типига тегишли юлдузларнинг спектрида водород, гелий, азот ва бошқа элементларнинг ютилиш ва нурланиш чизиқлари пайдо бўлади.

Суперноваларнинг I типи чакнашдан сўнг ўз максимумига тахминан 15 суткаларда эришиб, бир неча кун максимум ҳолатда бўлади, шундан сўнг 20-30 кунда равшанлиги 2 - 3 юлдуз катталигига камайиб, кейин равшанлигининг камайиши секин-аста кечади ва сал кам бир йилда (300-350 кунда) дастлабки ҳолатига қайтади (80- расм). Жаъми бўлиб 60 дан ортиқ суперновалар фоторасмга туширилган.

Nazorat uchun savollar

- 1.Fizik o'zgaruvchan yulduzlar. Pulsatsiyalanuvchi yulduzlar. Sefeidlar.
- 2.Eraktiv o'zgaruvchan yulduzlar. Pulsarlar.
- 3.Radio va Rentgen nurlar manbalari
4. Supernovalar

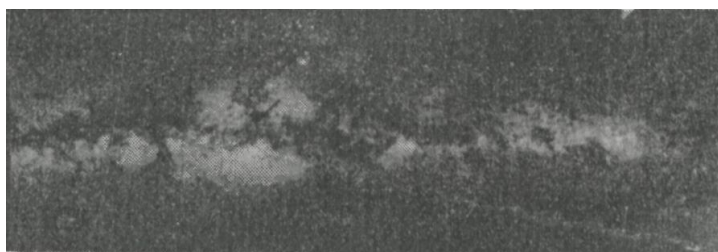
14-Ma'ruza. Galaktikamiz astronomiyasi

Reja:

- 1.Galaktikamiz tuzilishi. Galaktikamiz tashkil etuvchilari.
- 2.Galaktikada yulduzlar taxsimoti. Yulduz to'dalari.
- 3.Quyosh tizimining galaktikada harakati.
4. Yulduzlar aro muhit fizikasi.Yulduzlarning tugilishi manbalari.

1. Galaktikamiz tuzilishi, Galaktikamiz tashkil etuvchilari.

Oysiz yulduzlar charaqlagan tunlarida butun osmon bo'ylab cho'zilgan Somon Yo'lini ko'rmaganlar bo'lmasa kerak. Somon Yo'lga teleskop bilan qaralsa, u g'ij-g'ij



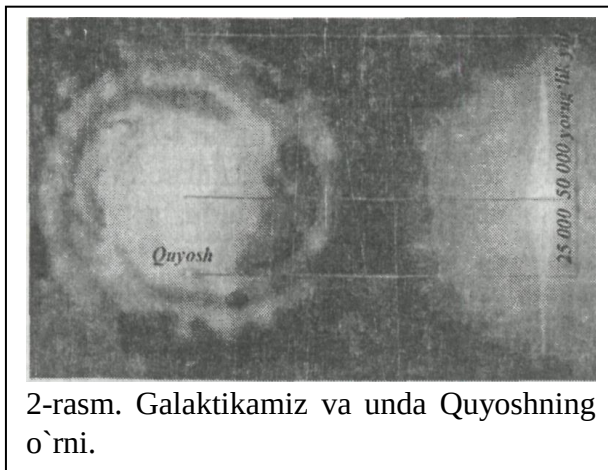
1-rasm. Galaktikamizning osmonda ko'rinishi.

yulduzlardan tashkil topganini ko'rish mumkin. (1-rasm) Ana shu yulduzlarning 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. Galaktikaraizda 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 sistemi 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*, *spekra lyenglardan* yoki *shoxobchalardan* va disk kabi tashkiliy qismlardan iborat ekanligi ayon bo'ladi. Galaktikamizning markaziy quyulmasi Qavs 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 $28^{\circ} \times 18^{\circ}$ atrofida bo'lib, taxminan $4,8 \times 3,1$ kpk chiziqli o'lchamga mos keladi.



2-rasm. Galaktikamiz va unda Quyoshning o'ni.

yuq 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 (3-rasm).

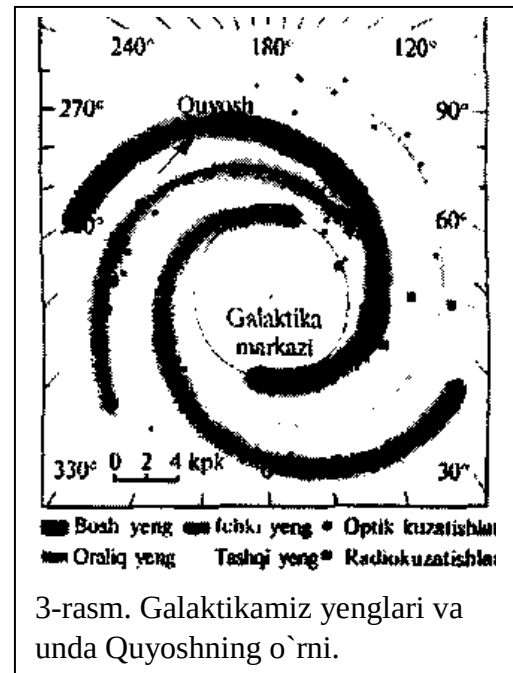
Orion yulduz turkumida joylashgan qaynoq yulduzlar «Orion yengi» deb ataluvchi yengni hosil qilib, uning bir chetida Quyosh joylashgan. Bundan tashqari Galaktikamizda yana ikki yirik yeng Qavs yengi (Galaktika markazi tomonda) va Persey yengi (Galaktika markazidan qarama-qarshi tomonda)ning mavjudligi aniqlangan.

2.Galaktikada yulduzlar taxsimoti. Yulduz to'dalari.

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.

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.

Afti
da
n
u,
qu



3-rasm. Galaktikamiz yenglari va unda Quyoshning o'ni.

Osmonning turli qismlarida yulduzlar zichligini aniqlash uchun har bir kvadrat gradusdagi yulduzlar sonini hisoblash zarur bo'ladi. Bunday hisoblashlar Somon Yo'lga yaqinlashgan sayin yulduzlar konsentratsiyasi keskin ortib borishini ko'rsatdi. Bu hoi 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.

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 proyeksiyalaitayotgan 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 harri 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 oldiogisini 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,

$$\frac{N_{m+1}}{N_m} = \left(\frac{r_{m+1}}{r_m} \right)^3 = (10^{0,2})^3 = 10^{0,6}$$

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 N olda

kuzatiladigan $\frac{N_{m+1}}{N_m}$ ning qiymatlarini solishtirib,



4-rasm. Galaktikamizga qo'shni Andromeda galaktikasi.

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 deyilish, u Quyosh sistemasidan qaraganda, Qavs yulduz turkumiga proyeksiyalanadi. Uning ekvatorial koordinatalari mos ravishda $\alpha = 17^h 40^m$, $\delta = -29^\circ$ ni tashkil qiladi.

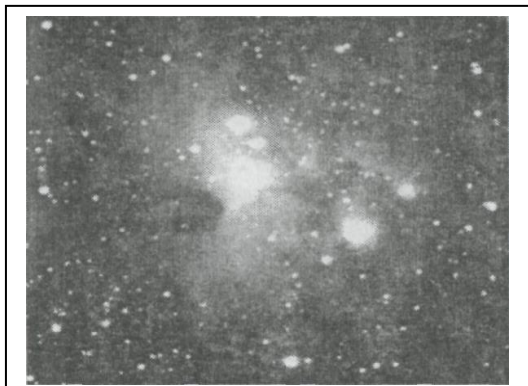
Galaktika markaziga yaqinlashgan sayin yulduzlarning zichligi ortib boradi. Shunday qilib, Galaktikada yulduzlarning zichligi uning tekisligi va uning markaziga tomon ortib borish tendensiyasiga ega.

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 chegara-sigacha 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.

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 strukturasi o'xshash spiral strukturaga ega ekanligini tasdiqlaydi (4-rasm).

Yulduzlarning sharsimon va tarqoq to'dalari



5-rasm. Savr yulduz turkumidagi
Hulkar yulduzlar sochma to'dasi.

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.

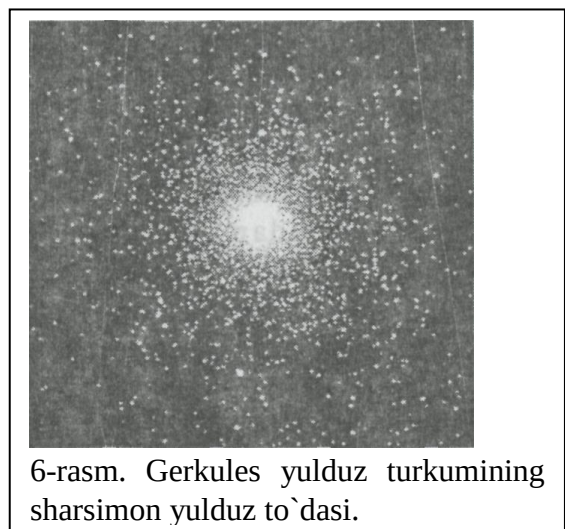
Tashqi ko'rinishiga ko'ra yulduz to'dalari ikki guruhga - tarqoq (yoki sochma) va sharsimon to'dalarga bo'linadi. Tarqoq yulduz to'dalari bir necha o'n yulduzdan bir necha minggacha yulduzlarni, sharsimon to'dalar esa, o'n mingdan yuz minggacha yulduzlarni o'z ichiga oladi.

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 (5-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 % ni tashkil qiladi. Bunday hoi muayyan galaktikada sharsimon va tarqoq yulduz to'dalari paydo boiishida 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.



6-rasm. Gerkules yulduz turkumining sharsimon yulduz to'dasi.

Sharsimon to'dalarning tipik vakili Gerkules yulduz turkumida joylashgan M - 13 bo'lib, u 20 mingga yaqin yulduzni o'z ichiga oladi (6-rasm). Uning bizdan uzoqligi 24 ming yorug'lik yiliga teng.

3.Quyosh tizimining galaktikada harakati.

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:

$$v_r = \frac{\mu'' \cdot r}{206265} \text{ nk / yil} = 4,74 \cdot r \text{ km/c}$$

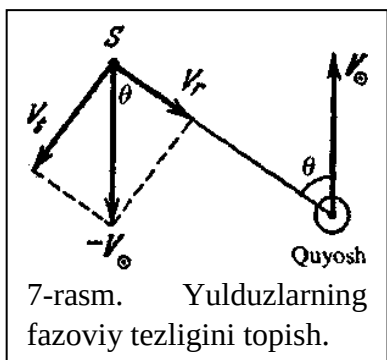
Endi yulduzning fazoviy tezligini v_f ni topish uchun uning nuriy tezligi v_r dan foydalanamiz. Yulduzlarning radial tezligi uning spektridagi ixtiyoriy λ uzunlikdagi chiziqlarning siljishi kattaligi - $\Delta\lambda$ orqali Doppler prinsipiga ko'ra:

$$v_r = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot c$$

orqali oson topiladi, bu o'rinda c - yorug'lik tezligi. U holda yulduzning fazoviy tezligi:

$$v_f = \sqrt{v_r^2 + v_t^2}$$

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. 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 $V_\odot$ 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 $V_\odot$ tezlik bilan harakatlanayotgandek tuyuladi (7-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 $V_r = -V_\odot \cos\theta$ ifodadan topiladi. Manzara tekisligida yotib, yulduzning xususiy tezligiga mos uning tangensial tezligi esa $V_t = -V_\odot \sin\theta$ dan topiladi. Unda $\theta=0$ 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 ($V_\odot$) ortadi. Quyoshning harakat yo'nalishiga tik yo'nalishda harakatlanayotgan yulduzlarning nuriy tezliklari esa o'zgarmaydi. Biroq

bunda ularning antiapeksiga yo'nalgan xususiy harakatlari mavjud bo'ladi. Quyosh apeksi va antiapeksiga yaqinlashgan sayin yulduzlarning xususiy harakati $\sin \theta$ ga proporsional ravishda kamayib, nolgacha boradi. Boshqacha aytganda, barcha yulduzlar go'yo antiapeksiga 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:

$$V_t = -V_\odot \sin \theta$$

formuladan Quyoshning tezligi $V_\odot$ topiladi.

4. Yulduzlar aro muhit fizikasi. Yulduzlarning tugilishi manbalari

Yulduzlararo fazoda gaz va chang moddalari mavjudligi, qo'shaloq yulduzlarning



8-rasm. Galaktikamizning Otboshi chang tumanligi.

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 hoi, 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 (8-rasm), «Otboshi» (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 nurlanishlarini yutib, ularning nurlanishlarini qariyb 3 marta kamaytiradi, degan xulosa kelib chiqadi. Bunday yutishga mos muhitning optik qalinligi ushbu ifodadan topiladi:

$$\tau = \ln 3 = 1,1$$

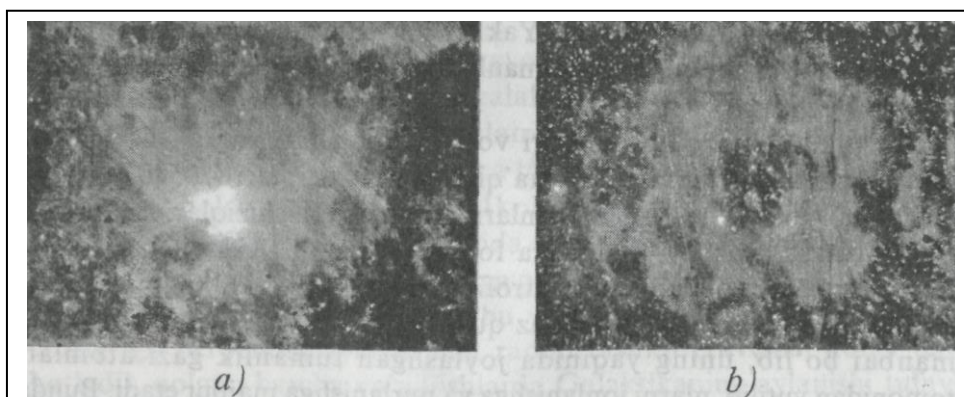
boshqacha aytganda, bu yutilish yulduzlarning ko'rinma kattaligini

$$\Delta m = 1,08\tau = 1,2^m$$

kattalikka o'zgarishiga olib keladi.

Galaktikada bunday tumanliklar ko'p bo'lib, xususan Oqqush yulduz turkumidan boshlanib, Burgut, lion, 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'rsatkichi Cl_k bilan uning spektriga mos rang ko'rsatkichi Cl_s orasidagi farq bilan belgilanadigan rang ortirmasi CE («color's excess») degan tushuncha kiritiladi: $CE = Cl_k - Cl_s$ aniq bir rangdagi yutilish kattaligi, yulduz kattaligining o'zgarishi bilan quyidagicha ifodalanadi:

$$\Delta m = g \cdot CE$$



9-rasm Galaktikamizning gaz tumanliklari – Orion va Rozetka.

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_l 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 (9,a-rasm). Shuningdek, Qavs yulduz turkumida Laguna, Omega va Uchtarmoqli, Oqqush yulduz turkumida shimoliy Amerika va Pelikan, Yakkashox yulduz turkumida Rozetka (9,b-rasm) kabi taniqli gaz tumanliklar mavjud. Bu xil jami obyektlar soni 400 ga yaqin.

Bu tumanliklarning spektri vodorodning $H\alpha$ va H_β , ikki qayta ionlashgan kislorodning $OIII$ ta'qiqlangan chiziqlari ($\lambda = 5007 \text{ \AA}$ va $\lambda = 4950 \text{ \AA}$), azot va boshqa elementlarning 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 qisrai 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.

Nazorat uchun savollar

1. Galaktikamiz tuzilishi. Galaktikamiz tashkil etuvchilari.

2. Galaktikada yulduzlar taxsimoti. Yulduz to'dalari.
3. Quyosh tizimining galaktikada harakati.
4. Yulduzlar aro muhit fizikasi. Yulduzlarning tugilishi manbalari.

Galaktika tuzilishi va undan tashqarida joylashgan ob'ektlar fizikasi

Reja:

1. Galaktikadan tashqari astronomiya.
2. Galaktikalarni sinflarga ajratish.
3. Galaktikalarning uzoqligini o'lchash usullari

1. Galaktikadan tashqari astronomiya.

Yulduzlar osmonida kichkina yorug' bulutchasimon tumanliklar borligi qadimdan ma'lum. Andromeda yulduz turkumidagi tumanlik ko'zga yaqqol ko'rinadi va bu to'g'rida melodiy 960-yilda As-Sufi yozib qoldirgan. 1610-yildan boshlab astronomik kuzatishlarga teleskopning qollanilishi bunday yorug' tumansimon bulutchalarni ko'plab topishga imkon berdi. 1781-yilda fransuz astronomi Sharl Mes'e (1730 – 1817) birinchi marta 108 ta tumanchaning ro'yxatini tuzdi. Bu tumanchalar yulduzlarga nisbatan qo'zg'almas. Bu ro'yxat (jadval)da tumanchalar $M_1, M_2, \dots$ tarzda belgilangan. M_1 – Qisqichbaqasimon, M_{31} – Andromeda tumanligidir. Bu belgilash hozir ham qo'llaniladi. XVIII – XIX asrda ingliz olimlari ota-bola Vilyam va Jeyms Gershellar kuchli teleskoplar qo'llab tumanliklar ro'yxatini 5079 taga yetkazdilar.

Spektral tahlil kashf etilgach 1864-yilda ingliz astronomi U.Xyoggins (1824 – 1910) tumanliklar spektrini tekshirdi va ayrim tumanliklar spektri qaynoq gazlarnikiga o'xshash emission chiziqlardan, boshqalariniki esa yulduzlarnikiga o'xshash qora chiziqlar bilan kesilgan tutash spektrdan iborat ekanligi aniqlandi. Shuningdek, yulduz to'dalari spektri ham qora chiziqlar bilan kesilgan tutash spektrga ega ekanligi aniqlandi. Biroq spektri yulduzlarnikiga o'xshash tumanliklar yulduzlardan tarkib topganligi uzoq vaqt tan olinmadi.

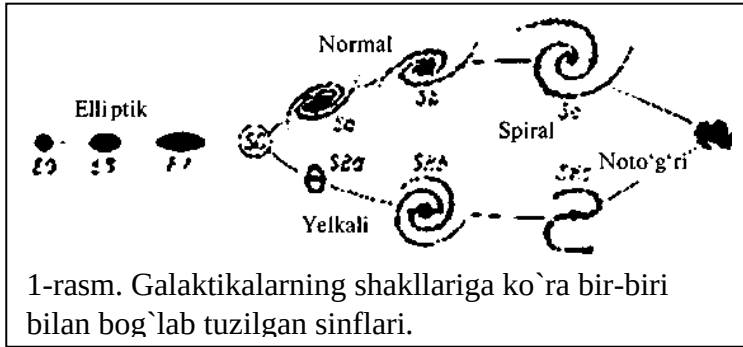
1912-yilda Garvard (AQSh) rasadxonasi astronomi Xenriyetta. S.Levitt (1868 – 1921) Kichik Magellan Bulutida 25 ta uzun davrli Sefeid topdi va ular uchun «davr-yulduziy kattalik» bog'lanishini kashf etdi va daniyalik astronom Eynar Gersshprung (1873 – 1967) bu bog'lanishning hisob boshini aniqladi va natijada u «davr-yorqinlik (absolut kattalik)» ko'rinishiga aylantirdi. Hisob boshini aniqlash masalasi muammoli masaladir. 1922 – 23-yy. da Edvin P.Xabbl (1889 – 1953) (AQSh) qator tumanliklar (M_{31} , M_{33} , NGC 6822)da sefeidlar topdi va ular uchun «davr-yorug'lik» bog'lanishni tuzdi.

Xabbl M_{31} sefeidlarining pulsatsiyalanish davri bilan yorug'ligi orasidagi bog'lanish Magellan bulutidagilarnikiga o'xshashligini va ularning yorqinligi (M)

bizning Galaktikadagi sefiyeidlarnikiga tengligini aniqladi. Bu birinchi bor qator galaktikalar uchun masofa modeli ($M - m$) ning aniq qiymatini topishga va ular masofasi (r) ni hisoblashga imkon berdi. $M31$ ning uzoqligi 900000, $M33$ niki 850000 yorug'lik yiliga tengligi topildi, ya'ni bu tumanliklar bizning Galaktikadan tashqarida joylashganligi aniqlandi. Shunday qilib, yulduzlarnikiga o'xshash spektrga ega tumanliklar ($M31$, $M33$ va boshqalar) Galaktikaga o'xshash yulduz tizimlari ekanligi kashf etildi. Ularni ham galaktikalar deb atala boshlandi. Biroq $M31$ *Andromeda tumanligi* deb ham ataladi.

Tumanliklarning bir necha jadvallari (kataloglari) tuzilgan. Birinchisini Sh.Mes'e, ikkinchisini katalogni V.Gershel (GC – «jeneral katalog» ya'ni bosh katalog), uchinchisini 1888 – yilda Yoxan L.Dreyer (1852 – 1926) (NGC – nyu jeneral katalog, ya'ni yangi bosh katalog) tuzgan. Bu katalog 7840 ta tumanlikni o'z ichiga oladi va undagi tumanlik nomeri oldiga NGC qo'shib yuritiladi.

2. Galaktikalarni sinflarga ajratish



Kuzatishlarda

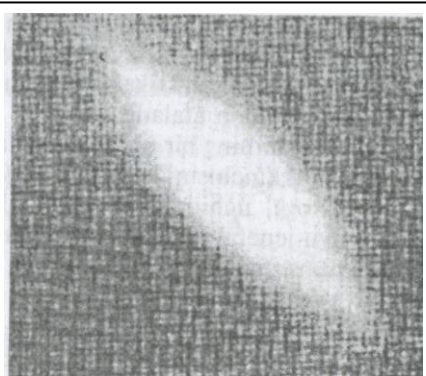
qo'llanilayotgan teleskoplarning optik kuchi va sifati oshgan sari galaktikalar suratining aniqligi orta bordi. Ular har xil ko'rinishga ega ekanligi aniqlandi. 1926-yilda E. Xabbl birinchi bor galaktikalarni uchta asosiy

sinflarga ajratdi: elliptik (E), spiral (S) va noto'g'ri (I). Hozirgi paytda ham shu asosiy sinflar amalda va ular oraliq sinflarga ajratilgan holda qo'llaniladi.

Elliptik galaktikalar aylana yoki ellips gardishcha ko'rinishga ega, ravshanligi gardishcha markazidan cheti tomon asta-sekin kamayib boradi. Ichki tuzilishda hech qanday mayda struktura kuzatilmaydi (1-rasm).

Bunday elliptik galaktikalar ko'rinish siriqligi (ε) ga ko'ra 8 oraliq sinfga bo'linadi, $E0$ dan $E7$ gacha: $\varepsilon = 1 - b/a$, a va b – elliptik galaktikaning katta va kichik yarim o'qlari. Yumaloq galaktika $E0$, cho'ziq elliptik galaktikalar $E6, E7$ bo'ladi.

Spiral galaktikalar o'zakdan boshlanadigan bir necha spiralsimon tarmoq yoki yenglarga ega. Oddiy spiral galaktikalar (S) da spirallar to'ppa-to'g'ri o'zakdan

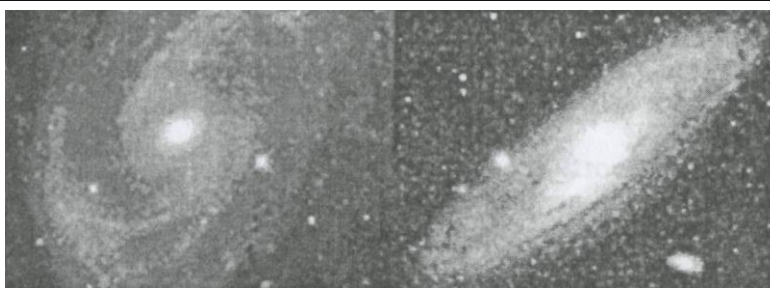


2-rasm. Elliptik galaktika 3115 ($E7$).

boshlanadi. O'zagi ko'ndalang tasma bilan kesilgan yoki unda yelkasimon qism bor spiral galaktika (SB) larda ikkita tarmoq (yeng) bo'lib, ular yelkadan boshlanadi.

Spirallarning

rivojlanganligiga ko'ra bir necha turlari (Sa, Sb, Sc va SBa, SBb, SBc) mavjud (2-rasm). Sa galaktikalarda modda asosan o'zakda, spirallar yaxshi rivojlanmagan, Sb – larda moddaning yarmi spirallarda, Sc – larda esa galaktika moddasining hammasi spirallar bo'ylab



3-rasm. Spiral galaktikalar. Sentavr yulduz turkumida NGC 4603 (a) va Andromeda tumanligi (b).



4-rasm. Bir-biri bilan bog'langan galaktikalar M51.

tarqalgan. *M31* yoki Andromeda tumanligi va *NGC 1300* (3-rasm) spiral galaktikalaridir. *M31-Sa* va *NGC 1300 Sb* sinfga kiradi. Bizning Galaktika *M31* ga o'xshash spiral galaktikadir.

Elliptik va spiral galaktikalar orasida linzasimon (*S0*) galaktikalar bor. *E* tipidagi galaktikalar singari ularda aniq ichki struktura kuzatilmaydi, biroq ravshanlik markazidan chetga tomon sakrab o'zgaradi. Bunday galaktika cho'zinchoq o'zak va uni o'rab turuvchi xira halqadan iborat.

Aniq o'zak va aylanma simmetrik qanotga ega bo'lmagan galaktikalar noto'g'ri (*Ir*) galaktikalar deb atalib, ularga Katta va Kichik Magelan Bulutlar misol bo'la oladi. *Ir* – galaktikalar turiga pekulyar, ya'ni ma'lum xususiyatga (disksimon, halqasimon) ega bo'lmagan asim-metrik galaktikalar kiradi. Bir-biri bilan o'zaro bog'langan galaktikalar ham mavjud. Bunday galaktikalar *NGC* da soni 1765 ta. Ular, odatda qo'shaloq bo'lib bir-birlari bilan ulangan. Barcha galaktikalarning taxminan 25% elliptik (*E*), 50% – spiral (*S*) va 20 % – linzasimon (*S0*) va 5 % – noto'g'ri (*Ir*) galaktikalaridir.

3. Galaktikalarning uzoqligini o'lchash usullari

Hozirgi paytda galaktikalargacha bo'lgan masofani aniqlashning o'ndan ortiq usuli ishlab chiqilgan. Ular orasida eng ishonchlilari quyidagilar:

a) Sefeidlar usuli. Bu usul uzun davrli sefeidlarda pulsatsiyalanish davri bilan yorqinlik (*M*) orasidagi bog'lanishga asoslangan. Bu bog'lanishga ko'ra davri 40 kundan uzun sefeidlarning fotografik absolut kattaligi – 6^m ga yetadi. Agar yorug'lik maksimumida sefeidning ko'rinma yulduz kattaligi $m_{\max}$ bo'lsa, absolut kattaligini hisoblash formulasidan masofani hisoblash uchun quyidagi formulani topamiz $r = 10^{1-0,2(M-m)} = 300 \cdot 10^{0,2m}$ ps. Bunday yorug' sefeidlarni Galaktika atrofida joylashgan 30 dan ortiq galaktikalarda kuzatish mumkin, demak, ularning uzoqligini aniqlash mumkin.

b) Yangi va o'tayangi yulduzlar usuli. Yangi yulduzlarning maksimum-da yorqinligi qancha yuqori bo'lsa, undan keyin yorqinlik shuncha tez pasayadi. Yorug'likni maksimumdan keyin pamayish sur'ati bilan maksimumdagi qiymati orasida bog'lanish ($M_{y,\max} = -11,75^m + 2,51gt_3$, bunda t_3 – yorug'ligini maksimumdan keyin uch birlikka kamayishi uchun ketgan vaqt, kunlarda) mavjud. Yangi yorug'ligining katayish sur'atini oichab uni maksimumda absolut kattaligini hisoblash, demak ($m - M$) ni topish va r -ni hisoblash mumkin.

I tip o'tayangi yulduzlar yorug'lik maksimumida o'rtacha $M_y = -18,7^m$, II tipdagilar $M_y = -16,3^m$ yulduziy kattalikka ega. Bu o'tayangilarni ulkan masofalarda joylashgan galaktikalarda kuzatish uchun yetarli demakdir. Agar birorta galaktikada o'tayangi kuzatilsa va uning yorug'ligini (m) o'zgarish egri chizug'idan va spektridan uning tipini (I yoki II), demak (M) absolut kattaligi va ($m - M$) masofa moduli aniqlanishi mumkin.

d) Eng yorug' yulduzlar usuli. Galaktikada eng ko'p yorug'lik kuchi (yorqinlikka) ga ega bo'lgan yulduzning absolut kattaligi $M_y = -18,7^m$. Magellan Bulutlari, $M31$, $M33$ larda ham eng kuchli yulduzning absolut kattaligi shunday. Demak, masofasi noma'lum galaktikalardagi eng kuchli yulduzning absolut kattaligi ($M = -18,7^m$) bo'lgani uchun, uning yorug'ligi m o'lchanib ($m - M$) ni topish mumkin.

e) *HII* sohalarni kuzatish usuli. Ko'plab yaqin galaktikalarda qaynoq yulduzlar (O, B) atrofida ionlashgan vodorod (*HII*) sohaslarini kuzatish va ularning burchak kattaligini o'lchash mumkin. $M33$ da 369 ta bunday sohalar kuzatilgan. *HII* sohaning kengligi yulduzning spektral sinfiga bog'liq. Bunday bog'lanish bizning Galaktikadagi shunday yulduzlarni tekshirishdan aniqlangan (masalan, O sinfga mansub yulduz atrofidagi *HII* soha kengligi 60 parsek). Agar *HII* soha ichidagi yulduzning spektral sinfi va *HII* sohani burchakiy kengligi o'lchangan bo'lsa, masofani hisoblash qiyin emas. Bunday usul bilan o'lchangan masofa boshqa usullar bilan o'lchangan masofalarga tengligi isbotlangan.

Uzoq galaktikalar masofasini o'lchashning eng samarali va aniq usuli ular spektrida chiziqlarning qizilga siljishini o'lchashga asoslangan.

Nazorat uchun savollar:

1. Galaktikadan tashqi obyektlar.
2. Galaktikalarni sinflarga ajratish
3. Galaktikalarning uzoqligini o'lchash usullari.

Galaktikalar tarkibi, fizik hosalari va Xabbl qonuni.

Reja:

1. Galaktikalarning fazodagi taqsimoti.
2. Galaktikalar spektrda qizilga siljish Xabbl qonuni.
3. Galaktikalar tarkibi va fizik hosalari.
4. Kvazarlar va Kvazarlar. Radiogalaktikalar.

1. Galaktikalarning fazoda 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:

$$\frac{N_{m+1}}{N_m} \approx 4 \quad (3.1)$$

Bu muammo birinchi marta 2,5 metrlik reflaktorda osmonning 1283 uchastkada 20^m gacha obyektlar tushirilgan fotorasmlarni tahlil qilish orqali Habbl tomonidan 1934 yilda bajarildi. Habbl shu yoi 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 $5,4 \cdot 10^6$ 1/2ga tengchiqdi. 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.[4]

Habbl shuningek, barcha yo'nalishlar uchun Zeeliger teoremasi o'rinli

ekanligini isbotlab, galaktikalarning fazoda taqsimlanishi bir jinsligina bo'lmay, balki izotrop, ya'ni barcha yo'nalishlarda bir xil ekanligini ham aniqladi.

Bu masalani sinchiklab o'rganish, 40 kpk dan kichik masofada galaktikalar alohida guruh va to'daga birlashishlarini ko'rsatadi. Bizning Galaktikamiz, Andromeda (M31), Uchburchak yulduz turkumidagi galaktika (M33), Katta va Kichik Magellan bulutlari 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.[6]

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 Mahalliy 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'xshasli, har biri o'nlab mahalliy galaktik to'dani o'z ichiga olgan 50 ga yaqin o'ta galaktikani ro'yxatga olganlar Oxirgi 40 yil ichida 10 mingdan ortiq diskret nurlanish manbalari ochilib, bu manbalarning kataloglari tuzildi. Bular ichida Uchinchi Kembridj katalogi (qisqacha 3C) to'raligi bilan boshqalaridan ajralib turadi. Bu manbalardan bir qanchasi o'zimizning Galaktikamizga tegishli bo'lib, aksariyat holda o'tayangi yulduzlarning chaqnash mahsulotlari hisoblanadi.[4]

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^{32}Vt atrofida chiqadi.[5]

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 «Sentavr 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 *kvazarlardir*. 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 ulaming qizilga siljish kattaliklari belgilandi. So'ngra Habb1 qonuni asosida ularning masofalari va yorqinliklari hisoblandi. Ayni paytda bir necha yuzlab kvazarlar kashf etilgan bo'ldi, ulardan OQ172 nomlanganiga qadar bo'lgan masofa 10 milliard yorug'lik yilidan ham ko'p. [6]

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.

2. Galaktikalar spektrida (chiziqlarning) qizilga siljishi va Xabbl qonuni

Galaktikalar uzoq va qo'zg'almas manbalar deb hisoblanib, ularga nisbatan Quyoshning harakat tezligini o'lchash maqsadida 1912-yilda amerikalik astronom Vesto M. Slayfer (1875—1969) spiral tumanliklar (galaktikalar) ning nuriy tezligini o'lchashga kirishdi. 41 ta o'lchangan tumanlikdan 36 tasining spektrida chiziqlar qizil tomon $\Delta\lambda$ ga siljiganligini aniqladi. Bunday siljish ($\Delta\lambda$) ni doppler effekti bilan tushuntirish tabiiy bo'lgani sababli $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v_r}{c} = z$ Slayfer bu tumanliklar kuzatuvchidan minglab km/s tezlik bilan uzoqlashmoqda degan xulosaga keldi (Quyoshning (galaktika markazi atrofida aylanish tezligi 250 km/s). Yuqorida aytganimizdek, 1923-yilda C. Xabbl galaktikalarning uzoqligini o'lchab, galaktikalarning uzoqlashish tezligi bilan ular orasidagi masofada o'zaro bog'lanish borligini tekshirdi. 1929-yilda E. Xabbl 36 ta galaktika spektrida (chiziqlarning qizilga siljishiga va ularning o'zi o'lchagan masofalariga asoslanib

$$v_r = cZ = Hr \quad (3.2)$$

bog'lanishni topdi. Bu yerda, H — Xabbl doimiysi, uning bugungi kundagi qiymati $(72 \div 3) \text{ km/s Mps}$; r — galaktikaning uzoqligi; Mps larda. Bu bog'lanishga ko'ra galaktika bizdan qancha uzoqda bo'lsa, uning uzoqlashish tezligi (v) shuncha katta bo'ladi. Shunday qilib, $r = \frac{H \Delta\lambda}{c \lambda} = \frac{c}{H} z$ yoki $rH = cZ$

Endi absolut kattalik formulasidan quyidagini topamiz:

$$m = [M - 5 - 5\lg H] + 5\lg cZ. \quad (3.3)$$

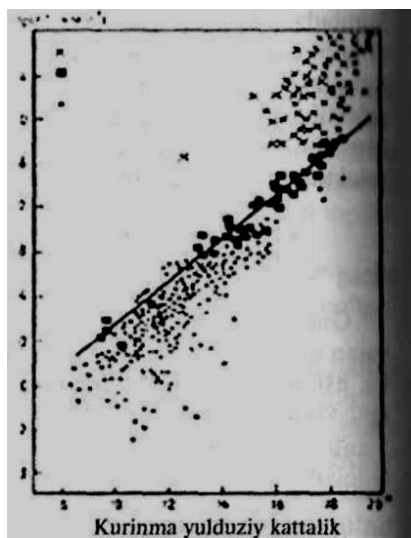
Ya'ni m bilan cZ logarifmik bog'lanishga ega. 3.1-rasmda $\lg(cZ)$ bilan ko'rinma yulduziy kattalik m orasidagi bog'lanish tasvirlangan. Hozirgi kungacha 1500 dan ortiq galaktikaning qizilga siljishi aniqlangan. Eng xira galaktikalarda z ga $v_r = 100000 \text{ km/s}$ to'g'ri keladi.

Ma'lumki, jismning harakat tezligi (v) yorug'lik tezligi (c)ga yaqinlashganda ($v \geq 0,1$) uning spektrida chiziqlarning nisbiy siljishi quyidagi formula yordamida topiladi:

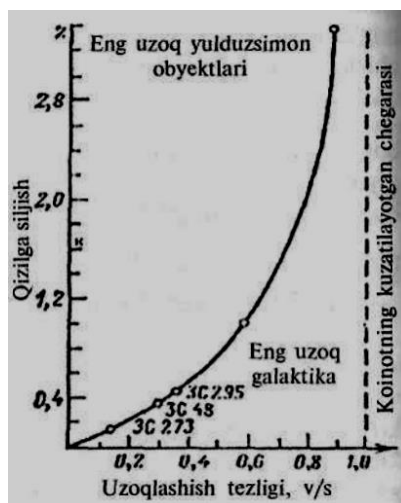
$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \sqrt{\frac{1+\frac{v}{c}}{1-\frac{v}{c}}} - 1 \quad (3.4)$$

ya'ni $v \rightarrow c$ da $z \rightarrow \infty$ Agar $\Delta\lambda = \lambda$ bo'lsa, $z = 1$ va $v = 0,6 \cdot c$ va $z = 2$ bo'lsa $v = 0,8 \cdot c$ bo'ladi. $\frac{v}{c}$ bilan z orasidagi bog'lanish egri chizig'i 5.6-rasmda keltirilgan. Yerdan turib kuzatilgan eng uzoq galaktikalar (3S123, 3S318) ning qizilga siljishi $z \approx 1$ va nisbiy siljishi 0,6. Eng uzoq kvazar QO(173) niki $z = 3,53$ va $\frac{v}{c} \sim 0,86$. Kvazarlarga keyinroq qaytamiz. Hozir esa qizilga siljishning mohiyatiga nazar tashlaylik. Avvalo qizilga siljish galaktikalarning birbiridan uzoqlashayotganini va Koinotning kengayotganini ko'rsatadi. Kengayish tezligi masofa ortishi bilan ortib boradi. Ikkinchidan agar yuqoridagi masofa (r) uchun chiqarilgan formulaga $H=73$ km/s Mps va $c = 3 \cdot 10^5$ km/s ni qo'yib, masofani yomg'irik yillarda ($1 \text{ ps}=3,26$ yorug'lik yili) ifodalasak, u holda $r = 1,37 \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ mlrd yil = 1.37 z mlrd yil, ya'ni r masofada kuzatilayotgan obyekt nuri bizga yetib kelishi uchun qancha vaqt o'tganligini topamiz. Uchinchidan 5.6- rasmdan ko'rish mumkinki $\rightarrow cz \rightarrow \infty$. Radi diapazonda eng yorug' bo'lgan kvazarlarning nisbiy siljishi $z \geq 5$ bo'lganda ham kuzatish mumkin. Biroq ular kuzatilmaydi. Ko'rinishdan kvazarlar Koinotning tashqi chegarasi yaqinidajoylashgan ($z \approx 4$) obyektlardir. Ularning nurlanishi 7 mlrd yil oldin sochilgan. Yuqorida biz Galaktikaning yoshi ≥ 13 mlrd yil degan xulosaga kelgan edik. Demak, kvazarlar kengayotgan koinotning eng tashqi chegarasida bo'lsa, ular birinchilar qatori hosil boigan va eng «keksa» obyektlar bo'lishi kerak degan

fikrga kelinadi. Kvazarlarning tabiatini ko‘rib chiqishdan oldin galaktikalarning fizik xususiyatlari bilan tanishib chiqamiz.[4]



3.1-rasm.Xabbl diagrammasi.



3.2-rasm.Galaktikadan tashqarida joylashgan obyektlarni qizilga siljishi (z) bilan uzoqlashish tezligi orasidagi bog‘lanish. Eng uzoqdagi yulduzsimon obyektlar (YuO) uchun uzoqlashish tezligi 270000 km/s.

3.Galaktikalarning fizik xususiyatlari

Galaktikalar bir-biridan faqat shakli bilan farq qilsa, bitta sinfga kiradiganlari esa o‘lchamlari, massalari, yorqinliklari va boshqa fizik ko‘rsatkichlari bilan farq qiladi.

Yulduzlarda ko'rganimizdek, bir sinfga kiradigan galaktikalaming fizik ko'rsatkichlari orasida bog'lanishlar bo'lishi kerak chunki galaktikani tashkil etgan yulduzlar bir-birlari bilan gravitatsion kuch vositasida bog'langan va bir-birlariga ta'sir ko'rsatadi. Galaktika tarkibiga kiradigan barcha yulduzlar, ular orasida joylashgan gaz va chang modda umumiy gravitatsion maydonda harakat qiladi. Galaktika ma'lum shaklga ega va o'z o'qi atrofida aylanadigan yaxlit material muhit deb hisoblanishi va unga umumiy fizik (tortishish, aylanish) qonunlar qo'llanilishi mumkin. Yuqorida galaktika misolida ko'rganimizdek, boshqa galaktikalar ham o'zak atrofida aylanadi. Sa va E tipdagi galaktikalar moddasining asosiy qismi ularning o'zagida joylashgan. O'zakda modda zichligi galaktika markazi tomon ortib boradi va o'zak markazida maksimal qiymatga yetadi. Bunday tizimga kiradigan va uning tashqi qismlaridagi yulduzning harakati massa markazi atrofida aylanadigan jismning harakat qonunlariga (Kepler qonunlari) bo'ysunishi kerak. Bunda Kepler qonunlari qo'llanilishi va markaziy (galaktika o'zagi) massaning fizik ko'rsatkichlari hisoblanishi mumkin. Ichki qismlari (o'zak va uning yaqin atrofi) ning aylanishi yaxlit holda (qattiq jism singari) ro'y beradi va uning fizik ko'rsatkichlarini hisoblashda qattiq jismning aylanishi qonunlarini qo'llash mumkin. [8]

Galaktikalarning burchak va chiziqli o'lchamlari. Galaktikaning burchak kattaligi uning tasvirini o'lchashdan topiladi. Ko'pchilik galaktikalar (S. Ir) keskin chegaraga ega bo'lmaganligi uchun tasvirlarining ko'ndalang kesimini o'lchash ma'lum qiyinchiliklar va xatoliklarga olib keladi. Masalan, tasvirning kattaligi suratga olishdagi ekspozitsiya vaqtiga bog'liq. Katta ekspozitsiya bilan olingan tasvirlarda galaktikaning tashqi xira qismlari ham chiqadi, kichik ekspozitsiyada esa faqat uning yorug' qismining tasviri hosil lurladi. Shuning uchun galaktikalarning o'lchamlari ma'lum xatolik bilan o'lchanishi mumkin. Agar barcha galaktikalar bir xil ekspozitsiya bilan olinsa, yaqindagi yorug'lari katta va uzoqdagi xiralari esa kichik tasvir hosil qiladi. Shuning uchun Galaktika qancha uzoqda bo'lsa, uning o'lchamlari shuncha kichik chiqadi. 1-jadvalda ayrim galaktikalarning fizik ko'rsatkichlari

keltirilgan.[6]

Jadvalning yuqorigi qismida bizga yaqin pastki qismida eng yorug‘ va mahalliy tizimdan tashqarida joylashgan galaktikalar to‘g‘risida ma’lumotlar olish mumkin. Birinchi ustunda galaktika nomi yoki Messe katalogi bo‘yicha belgisi, ikkinchisida NGC bo‘yicha tarlib raqami, uchinchida sinfi, to‘rtinchida maksimal ko‘ndalang kesimi burchakiy yoy minutlarida va kiloparseklar (kpk)da, beshinchisida siqirligi $\varepsilon = \frac{a-b}{a}$, oltinchisida vizual mirlarda ko‘rinma kattaligi va keyingi ustunlarda rang ko‘rsatkichi (B-V),

1-jadval

Galaktika	№ NGC	Tip	Diametri		e	Uzoqli- gi Mps	V	B-V	M _v	ϑ_{ayl} km/s	$(lg M / M_{\odot})$	
			bur- chak	kps								
Mahalliy Galaktikalar vakillari												
Katta Magellan Buluti		Ir	460	7	0.2	0.052	0.1	0.5	-18.7	95	10	
Andromeda (31) tumanligi	224	Sb	100	16	0.7	0.67	3.5	0.8	-21.1	280	11.5	
Uchburchakdagi lumanlik M33	598	Sc	35	6	0.3	0.73	5.7	0.6	-18.8	104	10.1	
	147	Ep	9	1	0.4	0.66	9.6	0.9	-14.8		9	
	6822	Ir	15	2	0.4	0.47	8.6	0.5	-15.6	110	8.5	
Tanlangan yorug‘ Galaktikalar												
M81	55 3031	Sc Sb	25	12	0,9	2,3	72		-19,9	190	10.5	
			20	16	0,5	3,2	6,9	1,0	-20,9	260		
M82	3034	Irll	8	7	0,7	3	8,2	0,9	-19,6	180	11.2	
M87	4486	F.l	4	13	0,2	13	8,7	1,0	-21,7		10.5	
M104	4594	Sa	6	8	0,3	12	8,1	1,0	-22		12.6	
ScntavrA	5128	E0p	14	15	0,2	4,4	7		-20		11.7	
M83	5236	SBc	10	12	0,2	3,2	7,2	0,7	-20,6	320	11.3	
M101	5447	Sc	20	23	0,0	3,8	7,5	0,6	-20,3	285	11.2	

absolyut yulduziy kattaligi (M_v), o'q atrofida aylanish tezligi (ϑ_{ayl}) va nisbiy massasi ($\lg M/M_\odot$) logarifmi keltirilgan. Galaktikaning chiziqliy diametri uning burchak kattaligi va uzoqligi asosida hisoblanadi. Jadvalda keltirilgan galaktikalar bizning galaktikadan kichik (eng kattasining diametri 23 kpk), biroq osmonda maktab teleskopida kuzatsa bo'ladigan darajada katta burchakiy o'lchamga ega. Katta Magellan Buluti va Andromeda tumanligi teleskopsiz ham ko'rinadi. [4]

Uzoq galaktikalarining burchakiy ko'ndalang kesimi bir yoy minutidan kichik va yorug'ligi esa $V > 20^m$. Galaktikalar olamida hatto yulduzsimon galaktikalar ham kuzatiladi, ular kvazaglar deb ataladi va ular bizdan o'nlab megaparsek (Mpk) uzoqlikda joylashgan. Jadvaldan ko'rish mumkin, bir xil sinfga kiruvchi galaktika (mas. NGC 598 va 55 yoki KMB va NGC 6822) lar diametri bo'yicha bir-biridan bir necha marta farq qilishi mumkin. Bu farq elliptik (E) galaktikalarda kam, spiral (S) va noto'g'ri (Ir) galaktikalarda ko'pdir. Buning sababi yuqorida aytganimizdek, galaktikalar keskin chegaraga ega emasligi bilan bog'liq.[6]

Galaktikalarining aylanishi. Galaktikalar spektridagi chiziqlarning to'lqin uzunligini laboratoriya manbainiki bilan solishtirib o'lchash yoki to'lqinning kengligini tekshirish yo'li bilan ularning nuriy yoki o'rtacha kvadratik tezligi aniqlanadi. Bizga yon tomoni bilan joylashgan galaktikaning tasvinni spektrografning kirish tirqishi bo'ylab joylashtirsak, uning spektral chiziqlari dispersiya yo'nalishiga tik bo'lmay, balki undan kichik burchakka og'gan holda kuzatiladi. Bu galaktikaning aylanish ta'siri bo'lib, galaktikaning markaziga nisbatan uning qarama-qarshi tomonlari teskari yo'nalishda aylanadi va Doppler effekti tufayli chiziqning ularga tegishli qismi qarama-qarshi tomonga siljiydi. Spektral chiziq dispersiya yo'nalishiga tik yo'nalishdan og'adi. Agar galaktika spektr chetlarida chiziqning to'lqin uzunligi λ va shu chiziqning laboratoriya manbayi spektrida to'lqin uzunligi λ_0 bo'lsa, u holda galaktikaning aylanish tezligi $\vartheta = (\lambda_0 - \lambda)/c$ Spiral Galaktikalarining chetki qismlarining aylanishi HII sohalami kuzatishdan aniqlanadi. Galaktikaning chiziqliy

aylanish tezligi uning markazidan chetga tomon, aylanayotgan qattiq jismlarniki singari ortib boradi. O'lchashlar shuni ko'rsatadiki, galaktika markazidan ma'lum masofadan boshlab undagi yulduzlarining aylanish tezligi kamaya boshlaydi. Bu masofadan tashqarida joylashgan yulduzlar Kepler qonuniga mos ravishda aylanadi. Bunday o'lchashlar galaktikalarning aylanish davri 50 dan 500 mln yilgacha bo'lishini ko'rsatdi. S0 va Sa tipdagi galaktikalar eng tez, Sc va noto'g'ri (Ir) lar eng sekin aylanadi. Elliptik galaktikalarning aylanishi to'g'risida ishonchli ma'lumotlar yo'q. Bunday galaktikalar chiziqlarining kengligi ularda kuchli xaotik harakatlar borligini ko'rsatadi. Ayrim S, Ir Galaktikalarning aylanish tezliklari 5-jadvalda keltirilgan.[2]

Galaktikalaming massasi. Eng chetki qismlaridagi yulduzlarning spiral Galaktika markazi atrofida aylanish tezligi (ϑ) ni o'lchash yo'li bilan galaktika massasi baholanadi. Bunda galaktika massasi uning markazida joylashgan, deb faraz qilinadi va eng chetki yulduzlarning gravitatsion tezlanishi quyidagicha olinadi:

$$g = \frac{\vartheta^2}{R} = \frac{Gm}{R^2} \quad (3.5)$$

bu yerda, R – Galaktika radiusi; ϑ – yulduzning galaktika markazi atrofida aylanish tezligi; m – galaktika massasi; u $m = \frac{R\vartheta^2}{G}$ – ga teng.

Elliptik valinzasimon (S0) Galaktikalarning massasini bunday usul bilan aniqlab bo'lmaydi. Buning uchun virial teoremasiga asoslangan yulduzlarining xaotik tezliklari o'lchanadi. Agar sistemaning inersiya momenti o'zgarmasa yoki juda sekin o'zgarsa, u holda vaqt bo'yicha qatorga yoyib faqat birinchi ikkita hadi qaraladi, ya'ni $2E+P=0$. Bunda, E–sistemaning kinetik energiyasi va quyidagicha ifodalanadi:

$$E = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{m_i \vartheta_i^2}{2} \approx \frac{1}{2} \sum m_i \bar{\vartheta}^2 = \frac{\bar{\vartheta}^2}{2} \sum m_i = \frac{m \bar{\vartheta}^2}{2};$$

$$\Pi = -G \int_0^m \frac{m(r) dm}{r} . \quad (3.6)$$

Bunda, $\bar{\vartheta}^2$ — sistema a'zolarining markazga nisbatan kvadratik fazoviy tezligi; $\mathbb{M}^{\otimes}$ — radius r bo'ylab zichlikni taqsimlanishini ifodalaydi.

Agar L galaktikani sirt yorqinligi bo'lsa, u holda $K = \frac{m}{L}$ radiusga bog'liq emas deb hisoblash mumkin. To'la potensial energiya formulasidagi zichlikni ($m^{\otimes}$ radius $\otimes$ bo'yicha o'zgarishini, yuza yorqinligini L (α) radius (α) bo'yich o'zgarishi bilan almashtirish mumkin. Bunda $\frac{m}{L} = K$ masofaga (r yoki α) bog'liq emas, deb qabul qilinadi $r = \alpha a$; berilgan tipdagi galaktika uchun xarakterli masofa, ya'ni galaktika nurlanishining yarmini o'zichiga oluvchi aylananing radiusi a — Galaktikaning uzoqligi (d)ga bog'liq. Agar $B(u)$ orqali radius bo'yicha ravshanlikning standart taqsimlanishi bo'lsa, berilgan galaktika uchun sirt ravshanligi q $B(\alpha)$ bo'ladi; bunda, q — koefitsiyeni Agar endi $Q = q$ a belgilash kiritsak,

$$P = -G Q^2 \alpha^2 \int_0^r \frac{L(\alpha) d\alpha}{\alpha} \quad (3.6)$$

Bu yerda
$$L(\alpha) = \int_0^{\alpha} 4\pi r_0^2 B(\alpha) d\alpha$$

Bu integral barcha Galaktikalar uchun bir xil va fotometrik ko'rsatkichlar ($B(\alpha)$) bo'yicha hisoblanishi mumkin. U holda α — yoy minutlarida, galaktika spektral chizig'i profilidan aniqlanadi va u nuriy tezligi dispersiyasini belgilaydi; d — galaktikani uzoqligi (sferik galaktika uchun) $\tau^2 = \vartheta^2$. Ayrim yaqin va yorug' galaktikalarning massasi jadvalda keltirilgan eng katta elliptik galaktikalar massasi $10^3 m_{\odot}$ ga yetadi, Karlik galaktikalarniki $10^6 m_{\odot}$ dan oshmaydi. Spiral Galaktikalarning massasi (10^8 — 10^{12}) $\mathbb{M}_{\odot}$, noto'g'rilarniki (10^8 — 10^{10}) $\mathbb{M}_{\odot}$ atrofida.

Galaktikalar yorqinligi va spektri. Galaktikalarning massa va yorqinliklari Quyosh massasi va yorqinliklari birliklarida beriladi. Agar Galaktika Quyosh singari yulduzlardan tashkil topgan bo'lsa, $K = \frac{m}{L}$. Aslida bu nisbat bir necha birlikdan bir necha yuz birlikkacha oraliqda bo'ladi. Masalan, Andromeda tumanligi uchun $\frac{m}{L} = 30$, Katta Magellan Buluti uchun $\frac{m}{L} = 4$. Bu nisbat spiral va noto'g'ri galaktikalar uchun elliptik galaktikalarnikiga qaraganda katta. U Galaktikaning yulduziy tarkibiga bog'liq. Elliptik galaktikalarda qaynoq gigant va o'tagigantlar yo'q. Ular asosan sariq va qizil (K va M sinfga kiruvchi) karlik yulduzlardan iborat. Spiral va noto'g'ri galaktikalarda O va B sinflarga mansub qaynoq gigant va o'tagigant yulduzlar ko'p.[4]

Galaktikaning nurlanishi uni tashkil etgan yulduzlar nurlanishi yig'indisidan iborat. Shuning uchun uning spektri ham uning nurlanishiga eng ko'p hissa qo'shayotgan yulduzlarnikiga o'xshash bo'lishi kerak. Haqiqatdan ham noto'g'ri galaktikalar spektri A va F, spektral Galaktikalarniki F va G, elliptik galaktikalarniki G va K sinfga kiruvchi yulduzlarnikiga o'xshashdir. Yorqinlik bilan absolut kattalik orasida logarifmik bog'lanish (Pogson formulasiga o'xshash) bo'lib, L o'rniga, odatda absolut yulduz kattaligi qo'llaniladi. Yorqinliklar diapazoni, ayniqsa elliptik galaktikalarda juda keng ekan, eng yorug' elliptik galaktikalarning absolut kattaligi $M = -24^m$ ga yetadi, karlik elliptik galaktikalarniki $M = -8^m$. Spiral galaktikalarning kattaligi, ularning absolut yulduziy kattaligi $M = -14^m$ dan $M = -18^m$ gacha oraliqda bo'ladi. Yorqinlik bo'yicha galaktikalar to'rtta sinfga bo'linadi: o'tagigant ($M < -19^m$), gigant ($-19^m < M < -17^m$), o'rtacha yorqinlikdagi ($-17^m < M < -15^m$) va karlik ($M > -15^m$) galaktikalar. Ma'lum galaktikalar orasida eng xirasi $M = 6.5^m$. Bizning galaktikamizning absolut kattaligi $M = -18.8^m$. 5.3-jadvalda galaktikalar uchun yorqinlik funksiyasi $\phi(M)$ va $\psi(M)$ -bir birlik yulduziy kattalik orasiga to'g'ri keladigan yorug'lik nurlanishida berilgan; $10^6 L_{\odot}$ - birliklarida keltirilgan.[2]

Yorqinlik funksiyasi $\phi(M)$ bir birlik yulduziy kattalik oralig'ida 1 M_{pk}^3 hajm

birligidagi galaktikalar sonini bildiradi. Jadvaldan ko‘rish mumkinki, galaktikalar konsentratsiyasi ($\varphi(M)$) M ortishi bilan orta boradi, $\psi(M)$ esa $M=-19^m$ da maksimumga erishadi va yorug‘ galaktikalar tez xiralashib boradi.

2-jadval

M	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14
$lg(M)$	-5	-3,5	-2,3	-1,8	-1,6	-1,3	-1,0	-0,9	-0,8
$\varphi(M)$	1	10	50	60	50	40	30	20	10

Galaktikalarning o‘rtacha konsentratsiyasi $n = 0.02$; o‘rtacha yorug‘likdagi g/Mps^3 va Galaktikalar bir tekis joylashgan fazoda modda zichligi $p = 5 \cdot 10^{31} g/sm^3$. [4]

Galaktikalar o‘zagi va uning aktivligi (faolligi). Galaktikaning markazida joylashgan, nisbatan kichik qismi, uning o‘zagi deb ataladi. Ko‘pchilik galaktikalar o‘zagida modda miqdori kam, o‘zak kichik va zich bo‘lganligi uchun uni yulduzlarga ajratib bo‘lmaydi; bu esa uni o‘rganishni qiyinlashtiradi. O‘zak spektri bizning galaktikamizning sferik tashkil etuvchisi (markaziy quyuqlama) spektriga o‘xshaydi, ya’ni qizil yulduzlarga xos spektrga ega. Unda qora chiziqlar bilan bir qalorda qaynoq gaziarga xos emission chiziqlar ham kuzatiladi.

Ayrim Galaktikalar o‘zagi spektrida energiyani taqsimlanishi noisloqlik xususiyatga ega, ya’ni $I(v) \sim v^{\alpha}$ va uning ultrabinafsha qismi Plank qonunidan farq qiladi. O‘zak spektrida keng emission chiziqlar kuzatiladi va ular 500-4000 km/s tezlik bilan betartib harakatga mos keladi. Galaktikalar o‘zagida kichik ikkita radionurlanish manbalari kuzatiladi: o‘zakdan to‘la massasi $10^6 - 10^7 M_{\odot}$ ga teng bo‘lgan modda va relativistik zarralar oqimi otilib turadi. Ularning o‘zaklari aktivligi 10^6 yil davom etishi mumkin; bu vaqt ichida o‘zakdan 10^{49} J energiya sochiladi. Jarayonlar 10^8 yil davr bilan takrorlanib turadi.

Spiral va elliptik galaktikalarda aktivlik nishonalari kuzatiladi. Spiral galaktikalar ularni birinchi kuzatgan astronomnoma bilan Seyfert galaktikalari deb ataladi. O'zakning diametri 10 pk va kuchli nurlanadigan qismi bundan 2—3 marta kichik. Kuchli infraqizil nurlanish sochadi. Aktiv elliptik galaktikalarga Sunbula yulduz turkumida kuzatiladigan M87 galaktika misol bo'la oladi. Bu galaktika o'zagi vaqinida bir nechta bir qatorda joylashgan modda otilib chiqishlar kuzatiladi. Otilgan modda massasi $10^7 M_{\odot}$, tezligi 3000 km/s va unga qarama-qarshi tomonda ham bunday aks otilish kuzatiladi. M67 kuchli radionurlanish manbayi hamdir. Kuchli ultrabinafsha rang ortiqlikka ega galaktikalar bo'lib, ulardan (600) sini kashf elgan arman olimi B.E. Markalyan nomi bilan ataladi.[6]

4.Radiogalaktikalar va kvazarlar

1946-yilda J. Xey, S. Parsons va J. Filmens (Angliya) Oqqush yulduz turkumida kuchli yakka radionurlanish manbaini kashf etdilar. Bu manba Oqqush A (Cyg A) deb atalaboshlandi. Har bir yulduz turkumidagi bunday radionurlanish manbalari turkum nomidan keyin, A, B, C, ... va hokaza harflar qo'yib ataladi. Shundan keyin ikki yil davomida yana 6 ta bunday manba kashf etildi. Radionurlanish manbalari 1959-yilda jadval sifatida tuzilib, uchinchi Kembrij katalogida (3C deb ataladi) ro'yxatga olingan. Hozirgi kunga kelib bunday manbalar soni 10 000 dan oshib ketdi.

Ayrim radionurlanish manbalari bizning Galaktikamizga tegishli bo'lsa (masalan, Savr A – Qisqichbaqasimon tumanlik), qolganlari undan tashqarida joylashgan galaktikalarga tegishlidir. Biroq ularning ko'pchiligini radiodiapazonda nurlanishi umumiy yorqinligining mingdan birini tashkil etadi va u issiqlik nurlanishidan iborat. Eng kuchsiz radionurlanish manbalari spiral (S) va noto'g'ri (Ir) galaktikalar bo'lib chiqdi va ularning detsimetrli diapazonda nurlanish quvvati 10^{32} Vt dan oshmaydi. Elliptik (E) galaktikalarning nurlanishi *bu* diapazonda 100 marta kuchli. Keng qobiq bilan o'ralgan va D-tipga ajratilgan elliptik galaktikalarning

radionurlanishi oddiy E galaktikalarnikidan yana 100 marta kuchlidir. Oqqush A va boshqa

bilan uslma-usttushadi. Obyektspektrining kuchli qizilga siljish $z=0.37$ bo'lgan. Kvazar 3C273 da qizilga siljish $z=0.16$; 3C9 spektrida esa $z=2.0$ Bunday siljishga $v = 0,8 c = 240\,000\text{ km/s}$ tezlik mos keladi. [2]

Agar kvazarlarni kosmik obyektlar deb hisoblansa, u holda 3C273ning uzoqligi 3 mlrd yorug'lik yili, 3C9 niki esa 12 mlrd yorug'lik yili. Bunday uzoqlikda galaktikalar kuzatilmaydi. Kvazarning ko'rinma yulduziy kattaligiga asoslanib uning yorqinligi 10^{48} erg/s ni hisoblab topish mumkin.

Kvazarlar spektrida oddiy yulduzlardagi singari C, O, Na va boshqa kimyoviy elementlar chiziqlari bor; litiy, berilliy va borniki yo'q. Tutash spektrida energiyaning taqsimlanishi Plank taqsimotiga o'xshamaydi: katta miqdorda ultrabinafsha rang ortiqlik va kuchli infraqizil nurlanish (maksimumi 70 mkm ga to'g'ri keladi) chiqaradi. 200 ta kvazar rentgen nur sochadi. Kvazarlar yorqinligi optik diapazonda 10^{45} erg/s, infraqizilda 10^{49} erg/s. Kvazar o'z umri davomida 10^{61} — 10^{62} erg energiya sochgan. Bunday ulkan energiya qayerdan olinadi? Bu energiya $5 \cdot 10^6$ t modda «yonishi» natijasida hosil bo'ladi. Biroq termoyadro reksiylari samaradorligi bundan 140 martakam. [4]

Ko'pchilik astronomlarning fikricha, kvazarlar galaktikalarning yorug' o'zaklaridir. Yaqinda qo'shaloq Q0954 + 561 va uchkarali Q1115 + 080 kvazar kashfetildi. Ularda qizilga siljishi birxil. Shunday mulohaza mavjud: bu qo'shaloq va karali kvazarlar bitta kvazarga tegishli bo'lib, uning mm bizga yaqin joylashgan galaktika gravitatsion linza rolini bajargani uchun tortish maydonida egrilangan.

Shunday qilib, kvazarlar eng uzoq joylashgan o'zagi aktiv bo'lgan galaktikalar bo'lishi mumkin. Chunki ularning ko'pchiligi $z=2$ — 3 ga teng qizilga siljishni ko'rsatadi. Kvazarlar nihoyatda kuchli radionurlanish manbalari bo'lganliklari uchun ularni $z = 5$ da ham ko'rish mumkin, biroq bundaylari ko'rinmaydi. Hozirgacha 2000 dan ortiq kvazar kashf etilgan, hisoblarning ko'rsatishicha, kuzatish mumkin

bo'lganlari soni 10000 ga yetishi kerak.

Kvazarlar muammosi hozirgacha to'la yechimga ega emas. Kim biladi, ular bizga noma'lum fizik qonunlar bilan bog'liqdir. Oxirgi yillarda kvazarlar galaktika rivojlanishidagi qisqa muddatli bir bosqichdir, degan g'oya o'rganilmoqda. Galaktika, demak, kvazar markazida qora o'ra mavjud. Qora o'raga modda tushib turadi va tushayotganda tezligi yorug'lik tezligiga yaqinlashadi. Qora o'ra o'z yaqinidagi yulduzlarni ham yutaboshlaydi. Ular o'raga ma'lum kritik masofagacha yaqinlashganda tortishish kuchi ta'sirida ular parchalanib ketadi. Moddaning bir qismi o'raga tushadi, qolgani gaz bulutlar sifatida tashqariga uloqtirib tashlanadi.

Kvazaglar va N-galaklikalar. Ko'pchilik kvazarlar yorug'ligi 18^m – 19^m oraliqda bo'gan yulduzlarga o'xshaydi. Agar radioastronomik tekshirishlar bo'maganda kim biladi, ular yulduzlar qatorida qolaverarmidi. Xira yulduzga o'xshash niqob ostida yana boshqa manbalar ham bo'lishi mumkin. Yana bir bor eslaylik, kvazarlar spektriga xos xususiyat, bu ultrabinafsha diapazonning yuqori darajada intensivligidir. Shuning uchun kvazarniqidirishda yulduzlar osmonini ultrabinafsha tasviri yorug'lik nurlaridagi bilan solishliriladi. Natijada kvazarlar ajralib chiqadi. Ana shu usulni havorang yulduzsimon yorug'lik manbalariga nisbatan qo'llagan A. Sendij (AQSH), ultrabinafsha rang ortiqlikka ega bo'lgan radionurlanish sochmaydigan ob'ektlarni topdi. Ko'pchilik bunday obyektlar spektrida chiziqli qizil tomonga siljiganligi qayd qilindi. Demak, bu yulduzsimon obyektlar bizning galaktikamizga tegishli emas, ular kvazarlar singari ulkan tezlik bilan bizdan uzoqlashmoqda. Bunday obyektlar kvazaglar deb ataladi. Kvazag yulduzsimon galaktika demakdir (ular QSG-bilan belgilanadi). Hisoblashlarning ko'rsatishicha kosmik fazo hajm birligida kvazaglar soni kvazarlarnikidan 50—100 marta ko'p bo'lishi kerak. Shunday mulohaza mavjudki, kvazar kvazag faoliyati davomidagi qisqa o'tish fazasidir.

Kvazaglar ko'p jixatdan N-galaktikalarga o'xshash. N-galaktika ixcham o'zagi ajralib kuzatiladigan galaktikadir. N-galaktikalar qo'shaloq manbalardir. Ular nurlanishi noissiqlik tabiatga ega, ikkinchidan ularning ayrimlari o'z yorug'ligini bir necha yillar davomida o'zgartirib turadi. Radiodiapazonda intensivligi bo'yicha N-

galaktikalar kvazarlardan ancha orqada turadi. N-galaktika radionurlanishi quvvati kvazarnikidan 100 martakatta. N-galaktikalar nurlanishi soʻngan kvazarlar boʻlsa kerak, degan faraz mavjud.[2],[6]

Nazorat uchun savollar

- 1.Galaktikalarining fazodagi taxsimoti.
- 2.Galaktikalar spektrda qizilga siljish Xabbl qonuni.
- 3.Galaktikalar tarkibi va fizik hosalari.
- 4.Kvazarlar va Kvazarlar. Radiogalaktikalar.

Osmon jismlarining vujudga kelishi

Reja:

- 1.Kosmognik muammolar. Osmon jismlarining paydo boʻlishi va evolutsiyasi.
- 2.Quyosh va uning tizimi vujudga kelishi.
- 3.Yulduzlarning kelib chiqishi va evalyutsiyasi.

1.Kosmognik muammolar. Osmon jismlarining paydo boʻlishi va evolutsiyasi.

Kosmogoniya fani yulduzlar, Quyosh, sayyoralarning paydo boʻlishi va taraqqiyoti, yulduzlar tizimlarining evolutsiyasi bilan shugʻullanuvchi fandir.

Inson kosmogoniya masalalarini ilmiy nuqtai nazardan tekshirish imkoniyatiga ega boʻlgan zamonlardan beri sayyoralarning paydo boʻlishi va ularning evolutsiyasi masalalari bilan qizikib kelgan. XVIII va XIX asrlarda oʻrtaga tashlangan gipotezalarda masala ancha sodda qoʻyilgan boʻlib, Quyosh tizimining fizikaviy tabiati va undagi konuniyatlarni hammasini hisobga olinmagan.

Quyosh tizimining paydo boʻlishi va taraqqiyoti haqidagi har qanday gipoteza quyidagi qonuniyatlarning kelib chiqishini tushuntirib bilishi kerak.

1. Sayyoralar Quyosh atrofida elliptik orbitalar boʻylab va Quyosh ekvatoriga yaqin tekisliklarda aylanadi.

2. Barcha sayyoralar Quyosh atrofida bir tomonga aylanadi.

3. Katta sayyoralarning baʼzi uzoq yoʻldoshlaridan tashqari barcha yoʻldoshlari ham sayyoraniig Quyosh atrofida aylanish yoʻnalishida uning atrofida aylanadi.

4. Venera va Urandan boshqa barcha sayyoralar oʻz oʻqi atrofida toʻgʻri harakatlanadi (shimoliy qutbdan qaraganda gʻarbdan-sharqqa).

5. Sayyoralarning Quyoshdan uzoqligi biror qonuniyatga boʻysunadi (masalan, Titsius-Bode qoidasi YUpter va undan yaqin sayyoralargacha taxminan toʻgʻri).

6. Massalari, kimyoviy tarkibi va zichliklaritshg taxminan bir xilligi jihatidan sayyoralar ikki gruppaga ajraladi: Er tipidagi sayyoralar va gigant sayyoralar.

7. Quyosh tizimi umumiy massasining 99,86% i Quyoshga jamlangan boʻlishiga qaramay, unga harakat miqdori momentinng faqat 2% i toʻgʻri keladi.

Kant – Laplas gipotezalari. Kosmik jismlarning paydo bo'lishi haqida birinchi gipotezann Kant bergan. Uning gipotezasiga ko'ra Quyosh tizimi o'rnida ilgari gaz va chang buluti bo'lgan. Bulutning markaziy quyuqlashish joyida kondensatsiya jarayoni natijasida Quyosh, uning atrofidagi quyuqlanish joylarida sayyoralar paydo bo'ladi. Ammo Kant yashagan davrda bu g'oyani mukammal ishlab chiqishga imkon bo'lmagan. Chunki atom nazariyasi, termodinamika fanlari, gazlarning molekular-kinetik nazariyasi, shuningdek kosmik jismlarning fizikaviy tabiati va kimyoviy tarkibi haqida ma'lumotlar yo'q edi. Keyincha Laplas Kant gipotezasidagi gaz va chang bulutini aylanma harakatda deb olib, kondensatsiya jarayonini aylanma harakat yordamida tushuntirmoqchi bo'ldi. Faraz qilaylik, m – qisilib borayotgan tumanlikning elementi, uning r radiusli orbita bo'ylab harakatidagi burchak tezligi ω bo'lsin. Agar bu element harakat mikdorining momenti

$$I = m\omega r^2$$

o'zgarmas bo'lsa, tumanlik qisilganda ω ortadi, Tumanlikning umumiy massasi M bo'lsin. U holda m elementga ta'sir etuvchi og'irlik kuchi

$$F = f \frac{Mm}{r^2}$$

markazdan qochma kuch

$$F_2 = m\omega r = \frac{I^2}{mr^3}$$

bo'ladi. Qisilishda markazdan qochma kuch og'irlik kuchiga qaraganda tezroq ortadi va ular teng bo'lganida rotatsion turg'unsizlik paydo bo'ladi. Bunda tumanlik yasmiq shakliga o'xshab yassilanadi va ekvator qismlaridan modda ajralib chiqadi. Bu modda tumanlik atrofida Saturn halkasiga o'xshash yassi halqa hosil qilib, keyin ularning kondensatsiyalanishidan sayyoralar paydo bo'ladi. Kant va Laplas gipotezalrining mana shunday umumiy g'oyasi haqiqatga birmuncha yaqin bo'lsa kerak. Chunki hozirgi zamon gipotezalarida ham Quyosh va sayyoralarning bir vaqtda paydo bo'lganligi g'oyasi, rotatsion turg'unsizlikning roli kabi tushunchalar saqlanib qolgan.

Kant va Laplas gipotezalarn yuqorida sanab o'tilgan qonuniyatlarning ba'zilarini qanoatlantirmaydi. Ma'lumki, Quyosh tizimi harakat miqdori momentining 98% i sayyoralarg'a, faqat 2% ignna Quyoshga tegishlidir.

Agar harakat miqdori momentini birlik massaga nisbatan olinsa (uni *solishtirma burchak momenti* deyiladi), sayyoralar va Quyoshga tegishlilari nisbati 50 marta emas, 50000 martacha o'zgaradi. Buni Kant va Laplas gipotezalari tushuntirib bera olmaydi. Haqiqatan ham dastlabki tumanlikda qisilish boshlanishdan avval barcha elementlar teng huquqli va bir xil burchak tezlikka ega bo'lgan. Bundan tashqari quyuqlashish jarayoni ham Kant va Laplas gipotezalarida ta'rif qilinganday yuz bermaydi.

Halokatli g'ipotezalar. Halokatli gipotezalarning eng mashhuri Jins gipotezasidir. Bu gipotezaga ko'ra Quyosh boshqa yulduzlar kabi sayyoralarsiz paydo bo'lgan, sayyoralar esa halokat natijasida yuzaga kelgan. Katta massali yulduz Quyoshning yonidan katta tezlikda o'tib ketayotib, unning ichidan bir qism moddani sug'urib olgan. Tabiiyki, yulduz moddasi ham Quyosh – yulduz oralig'iga sug'urilib chiqqan. Yulduzning fazoga otilib chiqqan moddasining bir qismi Quyoshga tushgan, qolgan qismi kondensatsiyalanib, Er turidagi sayyoralarni hosil qilgan. Quyoshga yaqinlashgan yulduzdan chiqqan moddalar kondensatsiyalanib Yupiter turidagi sayyoralarni hosil qidgan.

Nazariy jihatdan ikki yulduzning bir-biriga yaqin joydan o'tish ehtimoli shunday kichikki, Galaktikamizda hatto bittayu-bitta sayyoralar tizimi bor deyishga to'g'ri keladi. Yulduzlarning ko'rinmas yo'ldoshlarini kuzatish, bu fikrning noto'g'riligini isbotlaydi. Jins gipotezasining yana boshqa kamchiliklari bor. Quyoshdan otilib chiqqan moddaning solishtirma burchak momenti, Quyosh yaqinidan o'tgan yulduzning burchak momentidan ortiq bo'lishi mumkin emas. Hisoblar shuni ko'rsatadiki, Quyosh tizimining hosil bo'lishi uchun yulduzning Quyoshga nisbatan tezligi (yoki aksincha) $\sim 5000 \text{ km/sek}$ bo'lishi kerak. Bu esa Galaktikadagi parabolik tezlik (300 km/sek) dan katta. Parabolik tezlikdan katta tezlikdagi yulduzlar galaktikada g'oyat kam uchraydi. Demak, yulduzlarning uchrashishlik ehtimoli yanada kamayadi.

Litij, deyteriy elementlarni sayyoralardagiga qaraganda Quyoshda juda kam. Yadro reaksiyasi sababli keyingi bosqichda hosil bo'ladigan litij va deyteriyning Erda ko'pligi unda yadro reaksiyasi Quyoshdan avval boshlangan, degan xulosaga olib keladi. Bu esa gipotezaga ko'ra bo'lishi mumkin emas. Nihoyat, Quyoshdan otilib chiqqan gaz moddadan kondensatsiyalanish masalasiga kelganda, hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, bunday gaz toladan sayyoralar kondensatsiyalanmas ekan. Demak, Jins gipotezasi haqiqatni aks ettirmaydi.

2. Quyosh va uning tizimi vujudga kelishi.

Quyosh sistemasining paydo bo'lishi to'g'risida fikr yuritishdan oldin, albatta mazkur sistema tuzilishining quyidagi umumiy qonuniyatlarini bilishimiz shart.

1. Hamma planetalar Quyosh atrofida bir xil yo'nalishda aylanma harakatda bo'ladi; Er guruhidagi planetalardan Venera, gigant planetalardan Uran o'z o'qlari atrofida teskari yo'nalishda harakatlanib, qolgan hamma (7ta) planetalar esa o'z o'qlari atrofida ham orbitalari yo'nalishida harakatlanadi.

2. Planetalar orbitalarining ekstsentrisiteti (Pluton va ayrim asteroidlardan tashqari) juda kichikdir.

3. Planetalarning hammasi (Pluton va ayrim asteroidlardan tashqari) ham ekliptika tekisligiga yaqin tekisliklarda aylanadi.

4. Markaziy jism hisoblangan Quyosh o'z o'qi atrofida barcha planetalar aylanishi yo'nalishida harakatlanadi.

5. Planetalarning barchasi ham Quyosh atrofida Titsius va Bode qoidasiga mos ravishda joylashgan.

6. Planetalar yo'ldoshlarining ko'pchiligi, planeta Quyosh atrofida qaysi yo'nalishda harakatlansa, ular ham planeta atrofini o'sha yo'nalishda aylanadi.

7. Planeta yo'ldoshlari, planeta atrofida aylana orbitalar bilan aylanadi va planeta ekvatori tekisligida aylanadi.

8. Massasi katta planetalarning zichligi kichik bo'lib, o'z o'qi atrofida, zichligi katta hisoblangan Er tipidagi planetalarga nisbatan tez aylanadi.

Mana shu qonuniyatlar, albatta, qandaydir umumiy qonuniyatlar evolutsiyasi – rivojlanishidan kelib chiqib, Quyosh sistemasini yaratilishiga zamin paydo qilgan.

Quyosh sistemasining paydo bo'lishi to'g'risidagi birinchi fikrni XVIII asrning birinchi yarmida Byuffon bergan edi. Uning fikricha Quyoshga kelib tushgan kometa ta'sirida Quyosh tarkibidan ajralib chiqqan materiya hisobiga planetalar paydo bo'lgan. Byuffonning bu fikrlari o'z davrida xuddi Galileyning materialistik fikrlaridek professorlar o'rtasida tortishuvga uchragan edi.

Aslida Byuffon fikrlari fan nuqtai nazaridan ham to'liq holatda emas edi.

XVIII asrning ikkinchi yarmiga kelib, nemis filosofi Immanuel Kant “Osmonning umumiy tabiiy tarixi va nazariyasi” nomli asarida qadimgi grek materialistlarining “Olam jismlari ba'zi oddiyroq holatdagi materiyadan vujudga kelishi mumkin” degan fikrlariga asoslanib “Menga materiya bering, men undan olam yasayman” degan fikrlarni berdi. Kantning fikricha, yoritgichlarning vujudga kelishida ta'sir ko'rsatuvchi asosiy kuch – butun dunyo tortishish kuchidir. Bu kuch avvallari Quyosh sistemasining butun fazosida tarqalgan va turli-tuman harakatga ega bo'lgan zarrachalarni yoki changlarni yig'adi, xolos, “zarrachalarning tortishishi kuchliroq nuqtalarda shakllana boshlaydi”.

SHunday vujudga kelgan katta quyuqlashishlar kichiklarini o'ziga tortadi va hokazo. Ammo butun bir gigant shar hosil bo'lmaydi, chunki zarrachalar juda ham yaqinlashgan sari qochirma kuchlar ta'sir eta boshlaydi. Bu kuchlarning ta'siri natijasida kichik massalarning katta massalar atrofidagi aylanma harakati, paydo bo'lgan planetalarning o'z o'qlari atrofida aylanishi va shunga o'xshashlar kelib chiqadi.

Kantning bu mulohazalari xatodir: mexanika qonunlariga asosan boshqa sistemalarga bog'liq bo'lgan sistemadagi aylanma harakatlar yig'indisi sistema a'zolarining o'zaro ta'siri natijasida o'zgarmaydi. SHunday qilib, hozirgi vaqtda Kant kosmologik gipotezasining o'zi ilmiy ahamiyatga ega emas. Lekin materiyaning

g'ayritabiiy kuchlar yordamisiz, tabiiy rivojlanish g'oyasi tabiatshunoslikning, xususan, kosmogoniyaning rivojlanishida juda muhim rol' o'ynaydi.

1796 yili Laplas Quyosh sistemasi qizigan gazdan tashkil topgan juda katta aylanma bulutdan "tumanlik"dan paydo bo'lishi mumkinligini aytdi.

O'zidagi zarrachalarning o'zaro tortishishi ta'sirida quyuqlashgan gazsimon tumanlik sharsimon shaklga kirishi va markazga tomon ko'proq zichlanishi kerak. Markaziy quyuqlanishni Laplas Quyosh deb, ancha siyraklashgan tashqi qismini "qobiq" yoki "atmosfera" deb atadi, dastavval bu atmosfera hozirgi planetalar sistemasining hamma fazosini egallagan va markaziy quyuqlanish singari, temperaturasi juda yuqori bo'lgan.

Sovish natijasida tumanlik siqiladi, uning radiusi kamayadi, ammo mexanika qonunlariga asosan sisetmaning umumiy "aylanish miqdori" (ya'ni zarrachalar chiziqli tezliklari yig'indisining ularning massalariga va aylanish o'qigacha bo'lgan masofalarga ko'paytmasi) o'zgarmasligi kerak, binobarin, aylanish tezligi orta boradi, tezlik ortishi bilan markazdan qochirma kuch ham orta boradi, buning ta'sirida esa gaz shar borgan sari kichikroq o'q atrofida aylanayotgan siqiqroq sferoid shakliga kira boradi. Aylanishning keyingi tezlanishida shunday payt keladiki, unda tumanlikning ekvatori bo'ylab yotgan nuqtalarida markazdan qochirma kuch tortishish kuchi bilan tenglashadi.

U vaqtda tumanlikning ekvatoridagi tashqi qismlar aylanayotgan yupqa "belbog'i" ko'rinishida ajralib, ichki qismi esa siqilishda davom etadi. Tumanlikning aylanish tezligi ortib borishi sababli birinchi "belbog'dan" so'ng undan bir oz kam radiusli ikkinchi, keyin uchinchi va hokazolar ajraladi. SHuning uchun tortilish kuchining markazdan qochirma kuch bilan muvozanatda bo'ladigan chegarasi markazga uzluksiz yaqinlasha boradi.

Tumanlik ekvatoridan zarrachalarning ajralishi butunlay bir tekislikda ro'y bermagan, atrofida qaranganda zichroq halqalar mavjud bo'lib, ular o'zlariga ham ichki, ham tashqi tomonidagi zarralarni tortib olgan va asta-sekin oraliqlaridagi masofalar juda katta bo'lgan bahaybat kontsentrik "Laplas halqalari" vujudga kelgan. Har bir halqaning radiusi taxminan hozirgi planetalar orbitalaridan birining radiusiga teng bo'lgan keyinchalik halqa uzilgan, chunki uning zichroq qismi o'ziga asta-sekin zichligi kamroq bo'lgan qismlarining tortib olgan.

Ma'lum bir doiraviy orbita bo'ylab harakatlanadigan bir necha ayrim-ayrim tuman massalar paydo bo'lgan. Bu massalarning hammasi o'zaro tortishishi tufayli vaqt o'tishi bilan bitta yumaloq shaklga kirib, Quyosh atrofida (halqaning radiusiga teng bo'lgan masofada) harakatni davom ettirgan. Planetalar shunday vujudga kelgan, birinchi vaqtlarda ular gazsimon holatda bo'lib, so'ng asta-sekin sovigan.

Planetalarining vujudga kelgan boshlang'ich bo'laklari ham o'z o'qi atrofida aylanishi kerak edi, bunday holatning kelib chiqishini Laplas quyidagicha

tushuntiradi. Har bir halqa o'zi vujudga kelgandan so'ng qattiq jism kabi aylangan, undagi hamma nuqtalarning burchak tezligi bir xil bo'lib, chiziqli tezligi esa nuqta aylanish o'qidan qancha uzoqda bo'lsa, shuncha katta bo'lgan.

SHunday qilib, halqaning tashqi nuqtalarining tezligi Quyoshga yaqinroq turgan ichki nuqtalarga nisbatan birmuncha ortiqroq bo'lgan. Halqa (yoki uning bir qismi) quyuqlashib planetaga aylangandan keyin ham bu tezlik saqlanib qolgan: planetaning Quyoshdan eng uzoqlashgan nuqtasi uning markaziga qaraganda tezroq harakatlanishga, Quyoshga yaqinroq nuqtasi, aksincha, sekinroq harakatlanishga intilgan. Natijada planetaning aylanma harakati shundayki, bunda uzoqroqdagi nuqtalari oldinga o'tib ketsa, yaqinroqdagilari esa orqada qoladi. Bu aylanish to'g'ri yo'nalishda, ya'ni planeta Quyosh atrofidagi qaysi yo'nalishda aylansa, shu yo'nalishda aylanishga olib kelgan.

Planetani hosil qiladigan quyuqlanishning aylanishi etarli darajada tez bo'lgan hollar yana planeta atrofida aylanadigan halqalarning ajralishiga olib kelgan va bulardan yo'ldoshlar paydo bo'lgan. Yo'ldoshlarning paydo bo'lishi planeta paydo bo'lishining kichraytirilgan ko'rinishda takrorlanishidir. Saturn planetasining ajralgan halqalaridan biri shunday bir jisimli bo'lib chiqdiki, bu halqa uzilmagan va uning qotgan zarrachalari bir joyga to'planmagan.

Laplas gipotezasi uzoq vaqtlargacha deyarli isbotlangan gipoteza deb hisoblanib kelindi. Haqiqatan ham bu gipoteza planetalar sistemasi tuzilishidagi hamma muhim xususiyatlarni:

- 1) orbitalar shaklini doiraga yaqin bo'lishini;
- 2) hamma planetalar harakatining taxminan bir tekislikda bo'lishini;
- 3) Quyosh atrofida hamma planetalar harakatining bir tomonga yo'nalgan bo'lishini;
- 4) Quyosh va planetalarning o'z o'qlari atrofida aylanishlari ham shu yo'nalishda bo'linishi;
- 5) planetalar yo'ldoshlaridan ko'plarining planeta atrofida aylanishlari ham shu yo'nalishda bo'lishini tushuntirib berdi.

Ammo vaqt o'tishi bilan Laplas gipotezasiga qarshi bir qator e'tirozlar bildirildi. Laplas gipotezasi Quyosh sistemasi tuzilishini va sistema tashkil etgan jismlarning harakatini miqdoriy tushuntirib bera olmasligi ma'lum bo'ldi. Masalan, bu gipotezaga muvofiq planetalar harakatining mavjud tezliklariga ko'ra Quyosh ko'p marta tezkor aylanishi kerak edi. Agar planetalardagi moddalar miqdori nazarda tutilsa, tumanlikning zichligi Er atmosferasi zichligidan yuz millionlab marta kam bo'lishi kerak. Bunday kam zichlikda qizigan gaz zarrachalari orasidagi tortishish juda ham kuchsiz bo'ladi. SHuning uchun ajralgan zarrachalar halqaga yig'ila olmas, halqa esa necha bo'lib quyuqlasha olmas edi. Xuddi shu sababga ko'ra tumanlik qattiq jism kabi aylana olmay, uning har bir zarrachasi markaziy quyuqlashish atrofida (uning tortishi

ta'sirida) mustaqil planetaga kabi, ya'ni taxminan Kepler qonunlariga muvofiq harakatlangan. SHunday qilib, zarracha markazdan qancha uzoqda bo'lsa, u (Laplas o'ylaganidek tezroq bo'lmay, balki) shuncha sekinroq harakatlanadi. Bunday Laplasning, masalan, planetalar va yo'ldoshlarning "to'g'ri" aylanishini tushuntirishi xato ekani ko'rinadi.

Gigant planetalar yo'ldoshlaridan ba'zilarining teskari harakatini va fobosning Mars atrofida tez aylanishini tushuntirib bo'lmaydi. XX asrning boshlaridagi nazariy tekshirishlar fazodan xolis bir materiya to'plamining rivojlanishi tasavvur qilganicha bo'lmay, balki quyidagi ikki yo'lning biridan borishi kerak, degan xulosaga olib keldi.

1. Agar gaz to'plami boshlang'ich davridayoq etarli darajada tez aylansa, bu aylanishning keyingi tezlanishda massa ikkiga ajralib ketishi va qo'shaloq yulduz (ikkita Quyosh) vujudga kelishi ehtimol edi. Agar yulduz atrofida siyraklashgan "laplascha" atmosfera bo'lganda edi, u markaziy jismdan tarqalayotgan yorug'lik bosimi ta'sirida fazoga tarqalib ketgan bo'lar edi.

2. Agar aylanishning boshlang'ich tezligi ikkiga ajralish uchun etarli bo'lmasa, u holda o'z o'qi atrofida sekin aylanadigan yolg'iz Quyosh hosil bo'lar edi.

Yulduz evolutsiyasi yillaridan na birinchisida va na ikkinchisida planetalarning, ya'ni massasi markaziy jism massasiga qaraganda minglab marta kam bo'lgan mayda yo'ldoshlarning vujudga kelishini tushuntirish imkoniyati ko'rinmaydi.

SHu va boshqa e'tirozlarga ko'ra Laplas gipotezasi hozirgi vaqtda eskirgan hisoblanadi. Ammo hozirgacha ham bu gipotezani turli ko'rinishlarda o'zgartirib qaytadan tiklashga intilishlar davom etmoqda.

Boshlang'ich tumanlikni, Laplas aytgani kabi gazsimon va qizigan demay, balki sovuq va alohida-alohida qattiq chang zarrachalardan yoki meteor jismlardan tashkil topgan deb tasavvur qiladilar. Zarrachalarning o'zaro to'qnashishi natijasida bunday qora chang bulut qizishi va qisman yoki bulunlay gazga aylanishi mumkin. Tumanlikda, Er atmosferasidagi uyurmalar kabi, uyurma harakatlar paydo bo'lgan va Quyosh hamda planetalar uyurma ichiga tortib olgan zarrachalardan vujudga kelgan, deb faraz qilinadi.

Quyosh sistemasining paydo bo'lishi muammosini echishdagi bir muncha qiyinchiliklarga qaramay, ko'pgina olimlar kosmogoniya masalalari ustida ishlamoqdalar. Hozirgi Kant va Laplas tomonidan, planetalar tashkil topgan boshlang'ich material bir aytilgan fikrning to'g'riligiga shubha yo'q. Hozirgi vaqtda olimlarning harakati, Quyosh atrofidagi tarqoq modda buluti qanday vujudga kelgan va bu (keyinchalik asta sekin planetalarga aylangan) bulutdagi quyuqlashishlarning kattalanishi qay tarzda borgan va planetagacha bo'lgan bulutdagi zarrachalarning ma'lum darajadagi tartibsiz harakati qanday qilib planetalarning tartibli harakatiga aylangan, degan masalalarni aniqlashga qaratilgan.

Bunday masalalarni echishda, gazlardan chang zarrachalarning hosil bo'lishi yo'llarini, gaz hamda chang zarrachalarining to'qnashishlarini va shunga o'xshash fizik va ximiyaviy protsesslarni aniqlash katta rol' o'ynaydi, mana shular pirovardida tarqoq moddadan tashkil topgan bulutning planetalar sistemasiga aylanishini aniqladi. Bu erda sovet olimlaridan O.YU.SHmidt va uning ilmiy xodimlari, L.E.Gurevich, A.I.Lebedinskiy, V.G. Fessenkovlarning, shuningdek, chet el olimlaridan YUri, Kapler, Vaytszekker, Al'fven va boshqalarning tekshirishlari muhim rol' o'ynaydi.

Endi ayrim kosmogonik gipotezalarni muhokama qilishga o'tamiz. Masalan, Fesenkov gipotezasi planetalarning paydo bo'lishini Quyoshning paydo bo'lishi va rivojlanishi bilan bog'landi. Fesenkov yulduzlar va planetalar o'rtasida sifat farqi bu jismlar massalari miqdoriy farqninggina natijasidir, deb hisobladi. Uning gipotezasiga muvofiq, Quyosh sistemi a'zolarining hammasi taxminan ayni bir vaqtda gaz-chang materiyaning quyuqlashgan gigant bir bo'lagidan hosil bo'lgan, bu materiya bir tomondan, zichligining turliligi bilan, ikkinchi tomondan, ham ilgarilama va ham aylanish harakatning murakkabligi bilan xarakterlanadi. Quyosh bu quyuqlashishning eng zich markaziy qismidan, ya'ni hozirgi zamon Quyosh sistemasining deyarli hamma "zapas energiyasiga" ega bo'lgan va massa jihatdan hozirgi Quyoshdan 8-10 marta ortiq bo'lgan qismidan vujudga keladi.

Aylanish juda tez bo'lishi sababli, dastlabki quyuqlanishning bir qismi massasi "proto-Quyosh" undan go'yo oqib tushib quyuqlanishning ekvator tekisligi yaqinida zichligi ortiq qatlamli hosil qila boradi, va bu qatlamga o'zidagi "aylanish zapasi"ning bir qismini berib, unda gravitatsion beqarorlikni orttira boradi. Bu esa Quyoshni o'rab olgan materiya bulutining o'zgarmay qolmasdan, balki, asta-sekin qator quyuqlanishlarga – zichligi ortgan sohalarga ajralib ketishi bilan xarakterlanadi. Zichligi kam sohalarda modda hosil bo'lgan quyuqlanishlarning proto planetalarning tortishi ta'sirida tarqalib ketadi.

Quyosh va planetalarning uzil-kesil shakllanishi dastlabki quyuqlanishlarning zichlanishi va boshqa bir qancha jarayonlar natijasida kelib chiqadi. Massasi juda katta bo'lgan Quyoshning tashkil topishida, zichlanish temperatura va bosimning ortishiga olib keladi, bu Quyoshning ichiga yadro almashish imkoniyatini tug'diradi, bu esa, o'z navbatida, moddaning yulduz holatida ekanidan darak beradi.

Planetalarining taraqqiyoti ularning massasi va Quyoshdan uzoqligi bilan aniqlanadi. Er tipidagi kichik planetalar engil elementlarning ancha qismini yo'qotsa, gigant planetalar ularni ma'lum darajada ushlab turadi. SHuning uchun planetalar ximiyaviy tarkibiga ko'ra ikki guruhga bo'linadi: bunda Er tipidagi planetalarga qaraganda gigant planetalarining miqdoriy ximiyaviy tarkibi Quyosh tarkibiga ancha yaqinligi ma'lum bo'ldi.

V.G.Fesenkov gipotezasi Quyosh sistemasining tuzilishi va harakatidagi asosiy xususiyatlarni ham tushuntiradi. Ammo shuni aytish kerakki, bu ajoyib gipoteza matematik jihatdan hozirgacha etarli darajada ishlab chiqilmagan.

Hozirgi vaqtda olimlar Er hech qachon gazdan ham, suyuq olovdan ham paydo bo'lmagan degan xulosaga keldilar.

Hozirgi davrda eng yaxshi ishlab chiqilgan gipoteza sovet akademigi O.YU.SHmidt (1891-1956)ning asrimizning o'rtalardagi ishlariga asoslangan gipotezasi hisoblanadi.

SHmidt gipotezasiga muvofiq planetalar o'zi endigina shakllanib Quyosh atrofida zarralari turli tuman orbitalar bo'ylab aylanib yurib juda katta va sovuq gaz-chang buluti moddalaridan paydo bo'lgan. Vaqt o'tishi bilan bu bulutning shakli o'zgarib borgan, zarralarning to'qnashishlari va ularning o'zaro energiya almashinishi shunga olib kelganki, bunda bulut asta-sekin yassilana borgan zarralarning orbitalari esa aylanalarga yaqinlashib borgan. Yirik zarralar o'zlariga maydalarini qo'shib olgan. Bir tomonga yo'nalib harakat qilgan. Moddaning quyuqlashgan bo'laklari hosil bo'lib, ular qalinligi diametriga qaraganda minglab marta kichik bo'ylab disk shaklida taqsimlangan. Eng yirik quyuqlashgan bo'laklarning massasi tez ortib borgan. Keyin moddaning har xil kattalikdagi hosil bo'lgan dastlabki "puk" guvalaklarining ko'pchiligidan bir necha yirik jismlar-planetalar paydo bo'lgan.

Hisoblashlar Er, hozirgi massasiga bir necha yuz million yilda erishganligini ko'rsatdi. Sirti sovuq bo'lgan Erning ichki qismi radiativ elementar hisobiga qiziy boshlagan. Bu Erning ichidagi moddalarni erishiga olib kelgan. Og'ir elementar chukib, yadroni vujudga keltirganda engil elementar sirtga chiqib, Er qobig'ini vujudga keltirgan. Zarralarning va turli kattalikdagi (diametri bir necha kelometrgacha) bo'lgani jismlarning planetalarga va ularning yo'ldoshlariga kelib tushishi sayyoralarning qobiqlari paydo bo'lgandan keyin ham davom etgan. Mazkur jismlar planetalar va yo'ldoshlar sirtiga kosmik tezliklarda kelib urilib, portlagan va juda ko'p kraterlarni vujudga keltirgan.

Quyosh sistemasining gaz-chang bulutidan paydo bo'lganligi haqidagi gipoteza, Er tipidagi planetalar bilan gigant planetalarning fizik harakteristikalari orasidagi farqni tushuntirish imkonini beradi.

Quyosh yaqinidagi bulutning kuchli qizishi geliy va vodorodni markazdan chet soxalarga tarqab ketishini tezlashtirgan va Er guruhidagi planetalarda ular deyarli saqlanib qolmagan. Gaz-chang bulutning Quyoshdan uzoqda joylashgan qismlarida past temperatura xukm surgan, shuning uchun ham Erdagi gazlar qattiq zarralarga aylangan.

Quyosh sistemasidagi mayda jismlar (asteroidlar)ning kelib chiqishi holida birnecha gipoteza mavjud. Masalan, bunday yuz yil oldinroq, asteroidlar, ilgari Mars bilan YUpter oralig'ida mavjud bo'lgan, lekin qandaydir sababga ko'ra

parchalanib ketgan planetalarning mayda bo'laklaridan iborat-degan faraz o'rta tashlangan edi. B.A.Vorontsov-Vel'yaminov Quyosh sistemasidagi hamma mayda jismlarning paydo bo'lishi umumiy tarixga ega deb hisoblaydi. Ular bir vaqtlar katta va bir jinsli bo'lmagan ma'lum planetaning xalokati natijasida hosil bo'lgan, uning parchalaridan vujudga kelgan bo'lishi mumkin. Xalokatdan so'ng muzlagan gazlar, bug'lar va mayda zarralar kometalar yadrosiga, zichligi katta bo'lgan singan bo'laklar esa asteroidlarga aylangan. Asteroidlarning aynan singan bo'laklar shakldaligi bu fikrni ma'lum darajada tasdiqlaydi.

Nisbatan mayda va engil bo'lgan kometa yadrolarining ko'pchiligi o'zlari vujudga kelayotgan davri sezilarli darajada katta va har tomonga yo'nalgan tezliklarga erishib, Quyoshdan juda uzoqlashib ketgandir. Mayda jismlarning paydo bo'lishini boshqacha tushuntirish, hamma boshlangan kurtaklar ham planetaga aylana olmaganini hisobga oladi. Ulardan ko'pligi Quyosh sistemasida asteroidlar va meteor jismlar ko'rinishida saqlanib qolgan. Quyoshdan juda uzoqda bu boshlang'ich kurtaklar hozirgacha ham moddaning qattiq zarralari bilan aralashgan ayrim katta muz parchalari shaklida mavjuddir. Bular ulkan bulutlarni tashkil etuvchi kometa yadrolari bo'lib, bu bulutlar Pluton orbitasidan ham uzoq joylarga cho'zilgan.

Kometalardan ko'pchiligi Quyosh sistemi chegarasiga yaqin boradigan o'zlariga xos orbitalar bo'ylab harakatlanadi. YUpiterning tortish ta'siri ba'zi kometalar orbitalarini juda chuziq ellipsga aylantirib yuborishi mumkin, kometalar shu orbitalar bo'ylab harakatlanayotib planetalar sistemi ichiga kelib qoladi. Ular bundan milliardlab yillar avval vujudga kelgan bo'lib "kosmik holodil'nik"da saqlanib qolgan moddani o'zlari bilan olib boradilar. SHu davr ichida erish, kristallanish va boshqa fizika-ximiyaviy jarayonlar yuz bergan planetalarda moddaning boshlang'ich tarkibi va tuzilishi katta o'zgarishlarga uchragan deb taxmin qilinadi.

Quyosh sistemasidagi turli jism jismlarining yoshi va ximiyaviy tarkibi to'g'risida mavjud ma'lumotlar boshqa olimlarning ishlarida rivojlantirgan SHmidt gipotezasiga mos keladi.

Kompyuterlar yordamida olib borilgan va magnit maydoni hamda boshqa bir qator dalillarni o'z ichiga olgan hisoblashlar, planetalar sistemasining bunday taxminan 5 mlrd. yil oldin yosh Quyoshni qurshab olgan gaz-chang bulutidan paydo bo'lganini tushuntirish imkonini beradi. Biroq bunday uzoq va murakkab jarayonning ayrim tomonlarini o'rganish va qayta aniqlash hozir ham davom etmoqda.

Quyosh tizimining paydo bo'lishi haqida hozirgi zamon gipotezalari

Uncha qaynoq. bo'lmagan ba'zi yulduzlarning Quyoshga o'xshab sekin aylanishi ularda ham sayyoralar tizimi mavjudligidan darak beradi. SHu bilan birga yulduz va sayyoralar yulduzlararo gaz+chang materiya – protosayyora materiyaning qisilishi natijasida deyarli bir vaqtda paydo bo'lishini ko'rsatadi. Ammo Kant va Laplas gipotezasidagi protosayyora buluti asosida hal qilinmagan qator masalalar hozirgi zamon fani yutuqlaridagina foydalanib qisman hal qilindi.

F.Xoyl, L.Kameron, E.SHatsman gipotezasiga ko'ra Quyosh tizimi aylanib qisiluvchi protosayyora bulutidan paydo bo'lgan. Laplas bunday bulutdan sayyoralar tizimining paydo bo'lishini sof mexanika usulida tekshirgan edi. F.Xoil va boshqalar Quyoshning magnit maydoni va korpuskulyar nurlanishning ta'sir effektini ham hisoblay olganlar, bu esa Quyosh va sayyoralar orasida harakat miqdori momentining taqsimlanishini tushuntirish imkonini berdi.

O.YU.SHmidt va X.Alfven esa Quyosh protosayyora bulutini yulduzlararo fazodan qamrab olgan va u Quyosh atrofida aylanishi natijasida sayyora paydo bo'lgan deb tushuntiradilar.

Agar protosayyora buluti dastlab faqat qaynoq gazlardagina iborat deb olsak, qattiq, changlar gazlarning sovishi jarayonida hosil bo'ladi. Avval silikat va temir kabi eng kam uchuvchi moddalar kondensatsiyalanadi. Protosayyora bulutining ichki qismini Quyosh qizdirib turadi. Bu qismda uchmaydigan changlar hosil bo'lgan, sovuq tashqi qismda esa uchuvchi moddalar ham kondensatsiyalangan. Tashqi zonaning sovuq bo'lishiga sabab bir jihatdan bulutning noshaffofligidir. Agar protosayyora buluti dastlab sovuq holatda bo'lib, changlar asosan uchuvchan moddalardan tashkil topgan bo'lsa, bulutning tashqi tomonida ular saqlanib qolib, ichki tomonida Quyosh nurlari ta'siri sababli bug'lanib uchib ketgan va faqat og'ir moddalardan tashkil topgan bulut va jismlar qolgan. O.YU.SHmidtning fikricha, birorta protosayyora bulutining chang komponentasidan taxminan 1 mln. yil davomida kattaligi bir necha 100 km li jismlar paydo bo'lgan. Keyingi yuz mpyllion yilda bu jismlardan sayyoralar hosil bo'lgan. Eng katta sayyoralar YUpter va Saturn akkumulyatsiya bosqichida hatto gazlarni ham qamrab olgan.

Bulut moddalarning quyuqlanish jarayonini turlicha tushuntiriladi. Masalan, changlarnng yupqa diskka yig'ilib, uning turli nuqtalarida quyuqlashishi; changlarning bir-biriga yopishishi va boshqalar, Sayyoralarining akkumulyatsiya jarayotni yordamida ularnng Quyoshdan uzoqlik qonuniyatlarini, o'z o'qi va Quyosh atrofida bir tomonga aylanishini tekshirish mumkin. Protosayyora bulutining ba'zi quyuqlashgan bo'laklarining to'qnashishi natijasida yo'ldoshlar paydo bo'lishi tushuntiriladi.

Oyning paydo bo'lishi haqida boshqa gipotezalar ham mavjud. J.Darvin gipotezasiga ko'ra Oy Erdan ajralib chiqqan. Boshqa bir gipotezaga ko'ra Er orbitasi yaqinida chang quyuqlanishidan paydo bo'lgan Oyni Er o'z ta'siriga olgan.

Hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, Er shari 200 million yilda hozirgi kattaligiga erishgan, markazida temperaturasi 1000 °K, sirtqi qismi sovuq bo'lgan. Qeyinchalik radioaktiv elementlarning issiqlik ajratishi hisobiga ichki qismi qizib suyuq holatga kelgan. Buni hozirgi zamen geokimyo ma'lumotlari ham tasdiqlaydi.

3. Yulduzlarning paydo bo'lishi va evolutsiyasi

Ayrim tur yulduzlar bilan tanishganimizda ularning paydo bo'lishi va evolutsiyasi haqida ba'zi fikrlar aytilgan edi.

Klassik kosmogoniyaga binoan yulduzlararo diffuz muhitdagi modda quyuklashishi natijasida yulduz paydo bo'ladi.

Diffuz muhit galaktikaning magnit maydoni ta'sirida uning spiral shoxobchalarida bo'ladi. Bunday kuchsiz magnit maydoni yulduzlarni tutib tura olmaydi, shuning uchun ham qari yulduzlar spiral shoxobchalarga deyarli bog'liq bo'lmaydi. YOsh yulduzlar ko'pincha katta-katta to'dalarni tashkil etadi. To'dalarda kengayuvchi gaz va chang ko'p uchraydi. Gaz va chang bilan to'ldirilgan biron-bir chekli fazoda diffuz muhit massasi ma'lum kritik miqdordan ortib ketsa, tortishish kuchi ta'sirida materiya bu fazoda siqila boshlaydi. Bu hodisani *gravitatsion kondensatsiya* deyiladi. Kritik massa miqdori zichlikka, temperaturaga va o'rtacha molekular og'irlikka bog'liq.

Diffuz muhit tumanligining eng zichlashgan nuqtalarida aylanma harakat vujudga kelib, materiya siqila boradi. Uning ichida bosim va temperatura shunday yuqori bo'ladiki, markaziy qismda termoyadro reaksiyasi boshlanishiga sharoit tug'iladi. Xerbig – Aro ob'ektlari deb ataluvchi yulduzsimon kosmik materiyani yulduz paydo bo'lishining dastlabki davri deb faraz qilinadi. Gravitatsion kondensatsiya jarayonining boshlang'ich davrida diffuz muhit tumanligi bir qancha bo'laklarga bo'linib ketadi. Boshlang'ich diffuz muhit tumanligining quyuqlanishini *protoyulduz* deyiladi. Protoyulduzning siqilishidan uning markazidagi temperatura bir necha mln. gradusga etganida termoyadro reaksiyasi boshlanadi. Avval deyteriy, keyin litiy, berilliy va bor yonadi. Bunda qo'shimcha energiyaning chiqishi sababli protoyulduz siqilishi sekinlashadi. Temperatura ortgan sari proton-proton (massasi Quyosh massasidai 1,5 marta kichik yulduzlar uchun) yoki karbon-azot (massasi Quyosh massasidan 1,5 marta katta yulduzlar uchun) reaksiyalari boshlanadi. Bu reaksiyalar uzoq vaqt davom etadi, siqilish jarayoni to'xtaydi. Yulduzlarning ichki bosimi tortishish kuchi bilan muvozanatga kelib, yulduz turg'un holatga o'tadi.

Qizil gigant bosqichidagi yulduzning zich yadrosida ma'lum bir vaqtda geliyning karbonga aylanish reaksiyasi yuz berishi mumkin. Buning uchun yulduz markazidagi temperatura $1,5 \cdot 10^8$ °K bo'lishi kerak. Geliy reaksiyasi tugagandan so'ng yulduzning

tashqi qobig'i kengayadi va fazoga tarqalib keta boshlaydi. Ba'zida bu hodisa portlash ko'rinishida yuz beradi.

Qobiq sekin tarqalsa, uning faqat markaziy yadrosi qoladi va sayyora tumanligi hosil bo'ladi. Agar yulduz massasi Quyosh massasidan 2 – 3 marta katta bo'lsa, Oq Karlik yulduz hosil bo'ladi. Oq karliklarda yadro reaksiyasi bo'lmaydi. Ular ilgari to'plangan issiqlik energiyasi hisobiga nur sochadi. Galaktikada yulduz va yulduzlararo moddaning nisbati vaqt o'tishi bilan o'zgarib boradi, chunki moddanint bir qismi oq karliklarga aylanib, yulduzlarda gaz va chang kamayadn. Galaktikaning shakli umumiy galaktik magnit maydonining aylanishi bilan belgilanadi. Agar galaktika sekin aylanayotgan bo'lsa, yulduzlararo gaz og'irlik kuchi ta'sirida markazga yig'iladi. SHunday qilib, galaktikalar evolutsiya sinfi sfera shaklidagi gaz – bulut ko'rinishidan boshlab tekshirish mumkin. Bulut tez aylansa, spiral galaktika hosil bo'ladi. Yulduzlar kosmogoniyasida V.A.Ambartsumyanning yulduzlar assotsiatsiyasi kashfiyoti muhim ahamiyatga ega. U yulduzlarning grupp-grupp bo'lib paydo bo'lishini aniqladi. Kosmogonik problemalarni hal etishda fizika, kimyo, geologiya, biologiya va boshqa fanlarning yutuqlaridan foydalaniladi.

Nazorat uchun savollar

- 1.Kosmogonik muammolar. Osmon jisimlarining paydo bo'lishi va evolutsiyasi.
- 2.Quyosh va uning tizimi vujudga kelishi.
- 3.Yulduzlarning kelib chiqishi va evalyutsiyasi.

Galaktikalarning evolutsiyasi

Reja:

- 1.Galaktikalarning kelib chiqishi va evolutsiyasi.
- 2.Katta portlash. Koinot modelari. Kosmologik prinsplar.

1.Galaktikalarning kelib chiqishi va evolutsiyasi.

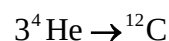
Galaktikalar Koinotning «g'ishtlari» hisoblanadi, shu sababli ularning qanday yuzaga kelgani va rivojlanish bosqichlari masalasi astrofizikaning hozirgi kundagi dolzarb muammolaridan biridir. Galaktikalarning vujudga kelish nazariyasida ikkita bir-biriga qarama-qarshi bo'lgan stsenariyalar mavjud: 1) Koinot evolyutsiyasining boshlang'ich bosqichida avval galaktikalar protoo'tadalar shakllangan va ular asta-sekin yuzaga kelgan gravitatsion beqarorlik natijasida bosqichma-bosqich bo'laklarga (fragmentatsiyalarga) bo'linib borib, protogalaktikalar yuzaga kelgan va ulardan oqibat natijada galaktikalar vujudga kelgan; 2) Koinotda avval yulduzlar sharsimon

to`dalarining protobulutlari paydo bo`lgan va ular asta-sekin birlashib protogalaktikalarni, ular zaminida esa galaktikalar yuzaga kelgan.

Uzoq yillar davomida, aniqrog`i 80-yillarga qadar elliptik galaktikalar asosan asta siqilayotgan protogalaktikaning o`z o`qi atrofida aylanish tezligi oshib borishi tufayli vujudga kelgan deb tushunilgan. Hususan, Gott-III elektron hisoblash mashinasida qator sonli tajribalar o`tkazililib, yuqoridagi siqilish jarayoni natijasida elliptik galaktikalar vujudga kelishi mumkinligini nazariy tasdiqlangan. Bu usul bilan u E1 - E5 elliptik galaktikalarning vujudga kelishini ko`rsatib bergan. Biroq 80 - yillariga kelib elliptik galaktikalarning o`z o`qlari atrofida aylanish qiymatlari kuzatuvlarga ko`ra xaddan tashqari kichik ekani aniqlandi. Bu qiymatlar nazariyadagi natijalardan ancha uzoq ekani ma`lum bo`lib chikdi. Keyinchalik kuzatuvchi-astrofiziklar elliptik galaktikalarning yanada murakkab modellarini tuzish maksadida ularning aylanish chizig`i, zichlik va ravshanlik taksimotlari kabi funktsiyalarni kuzatuvlardan topa boshlab, modellashtirish muammolarini ancha chuqur hal qilishdi.

Bu davrda parallel ravishda qator nazariy ishlar ham bajarildi. Xususan, D.Linden-Bell elliptik galaktikalarning regulyar yorqinligini ular evolyutsiyasining boshlang`ich davridagi nostatsionar va o`ta aktiv kollektiv relaksatsiya jarayoni bilan tushuntirib berdi.

Galaktikamizda yulduzlararo muhit va yulduzlar moddasining umumiy mikdorilari nisbati vaqt o`tishi bilan o`zgarib turadi, chunki yulduzlararo diffuz muhitda yulduzlar paydo bo`ladi va ular o`zlarining evolyutsiyalari oxirida oq karliklar hamda neytron yulduzlarga aylanishlari natijasida ma`lum bir qismlarini yana yulduzlararo muhitga chiqazib yuboradilar. Shu yo`sinda Galaktikamizdagi yulduzlararo muhit miqdori vaqt o`tishi bilan kamayib borishi kerak. Xuddi shunday hol boshqa galaktikalarda ham kuzatiladi. Yulduzlar qarida modda qayta ishlanishi natijasida Galaktikamiz geliy va og`ir elementlar bilan boyib borgan, buning oqibatida uning kimyoviy tarkibi vaqt o`tishi bilan o`zgarib boradi. Galaktika asosan vodorod gazidan iborat bulutdan yuzaga kelgan deb taxmin qilinadi. Hattoki, bu bulutda vodorodan tashqari boshqa element bo`lmagan deb ham fikr yuritiladi. Shunday qilib, geliy va og`ir elementlar yulduzlar markazidagi termoyadro reaksiyasi natijasida yuzaga keladi. Og`ir elementlar yuzaga kelishi uchlangan geliy reaksiyasida boshlanadi:



Keyinchalik C^{12} proton, neytron va α -zarrachalari bilan birlashishi natijasida yanada murakkab yadrolar yuzaga kela boshlagan. Biroq bunday uzluksiz ortib borish nazariyasi orqali uran va toriy kabi juda og`ir yadrolarning vujudga kelishini tushuntirish mumkin emas. Bunda keyingi nuklonni egallashga ulgurishdan ko`ra tezroq parchalanuvchi radioaktiv izotoplarning beqarorlik bosqichida bo`lishligini

e'tiborga olmaslik mumkin emas. Shu sababli, Mendeleev jadvalining oxirida joylashgan og'ir elementlar o'ta yangi yulduzlarning chaqnashi vaqtida yuzaga kela boshlaydi deb taxmin qilinadi. Bunday o'ta yangi yulduzlar chaqnashlari ularning tez siqilishi natijasida ro'y beradi. Bunda temperatura benixoya oshib ketadi, siqilayotgan atmosferada termoyadro reaksiyasi zanjiri vujudga kelib, uning oqibatida kuchli neytron oqimi hosil bo'ladi. Neytron oqimining intensivligi shu qadar kuchli bo'lishi mumkinki, bunda oraliq beqaror yadrolar bo'linishga ulgura olmay, yangi neytronlarni o'zlariga olib barqaror bo'lib qoladilar.

Galaktika sferik tashkil etuvchi qismidagiga nisbatan tekislik tashkil etuvchisidagi yulduzlar og'ir elementlarga boy bo'ladi, chunki sferik tashkil etuvchi qismdagi yulduzlar Galaktika evolyutsiyasining boshlang'ich bosqichida, ya'ni yulduzlararo gaz hali og'ir elementlarga kambag'al vaktida shakllanadilar. Bu vaktida yulduzlararo gaz asosan sferik bulut ko'rinishida bo'lgan va markaziga qarab kontsentratsiya oshib borgan. Bunda sferik tashkil etuvchi qismda vujudga kelgan yulduzlar ham shunday taqsimotni saqlab qolgan.

Yulduzlararo gaz bulutlarining to'qnashishi natijasida ularning tezliklari asta-sekin kamayib borgan, kinetik energiya issiklik energiyasiga aylangan hamda gaz bulutining umumiy shakli va o'lchamlari vaqt o'tishi bilan o'zgarib borgan. Hisoblashlar ko'rsatadiki, tez aylanuvchi bunday bulut bizning Galaktikada kuzatiladigan yassi disk shaklini olishi kerak. Shu sababli, nisbatan kechroq yuzaga kelgan yulduzlar tekislik tashkil etuvchi qismni hosil qilgan. Bu vaktga kelib, yulduzlararo gaz tekislik shaklidagi disk ko'rinishini olgan va u yulduzlar qa'rida qayta ishlanişdan o'tgani natijasida nisbatan og'ir elementlarni o'zida mujassamlagan. Shu sababli tekislik tashkil etuvchi qismdagi yulduzlar ham og'ir elementlarga boy bo'lgan. Ko'pincha tekislik tashkil etuvchi qismdagi yulduzlar ikkinchi avlod, sferik tashkil etuvchi qismdagilar esa birinchi avlod yulduzlari deb ataladi va bu bilan tekisliklik tashkil etuvchidagilar boshlang'ich yulduzlar qa'rida bo'lib chiqqan moddadan yuzaga kelgan degan fikrga ishora qilinadi.

Boshqa spiral galaktikalarda ham rivojlanish etapi xuddi shunday ro'y bergan deyish mumkin. Yulduzlararo gaz mujassamlashgan spiral tarmoqlar shakli galaktika umumiy magnit maydon kuch chiziqlari yo'nalishidan aniklanadi. Yulduzlararo gaz "yopishgan" magnit maydon eguluvchanligi gaz diskining yupqalanishini chegaralaydi. Agar yulduzlararo gazga faqat og'irlik kuchi ta'sir etganda edi, uning sikilishi cheksiz davom etgan bo'lardi. Bunda katta zichlik hisobiga yulduzlararo gaz tez yulduzlarda yig'ilib qolmagan bo'lar edi. Yulduzlarning vujudga kelish tezligi yulduzlararo gaz zichligi kvadratiga taxminan proporsional bo'ladi.

Agar galaktika sekin aylansa, u holda yulduzlararo gaz og'irlik kuchi ta'sirida markazga yig'iladi. Aftidan, bunday galaktikalarda magnit maydoni tez aylanuvchi galaktikalardagiga nisbatan kuchsiz bo'lib, yulduzlararo gazning siqilishiga kam

qarshilik ko'rsatadi. Markaziy oblastlardagi katta zichlik tufayli yulduzlararo gaz yulduzlarga aylanib sarflanib ketadi. Natijada sekin aylanuvchi galaktikalar taxminan markazga tomon yulduzlar zichligi tez o'sib boruvchi sfera ko'rinishini olishlari kerak. Bizga ma'lumki, xuddi shunday xususiyatga elliptik galaktikalar ega. Ularning spiral galaktikalardan farqi ham aylanish tezliklari kichikligidadir. Yuqorida aytilganlardan ma'lum bo'ladiki, nima uchun elliptik galaktikalarda yulduzlararo gaz va yulduzlarning boshlang'ich sinflariga xos yulduzlar kam.

Shunday qilib, galaktikalarning vujudga kelishi taxminan sferik shakldagi gaz buluti bosqichidan boshlanadi. Bu bulut vodorod gazidan iborat bo'lib, u birjinsli bo'lmagan. Gazning alohida bo'laklari harakatlanib, bir-birlari bilan to'qnashishlari natijasida kinetik energiyalarini yo'qotganlar va oqibatda bulutda siqilish jarayoniga olib kelgan. Agar bu bulutning aylanish tezligi katta bo'lsa spiral galaktika, aylanish tezligi kichik bo'lsa undan elliptik galaktika vujudga kelgan.

2.Katta portlash. Koinot modelari. Kosmologik prinsplar.

Kosmologiya uchun Koinotning etarlicha katta fazo xajmidagi modda o'rtacha zichligining bir xil bo'lishi xaqidagi g'oya ancha qo'l keladi. Moddaning o'rtacha zichligini bir xil deb hisoblash mumkin bo'lgan soha o'lchamlari Metagalaktikadan ancha kichik, lekin bu o'lcham yulduzlar, galaktikalar va ularning to'dalari mavjudligi bilan bog'liq maxalliy (lokal) nojinslilik o'lchamlariga nisbatan ancha katta.

Koinotda modda taqsimotini o'rtacha baholash uchun berilgan ko'rinma yulduz kattaligigacha kattalikka ega bo'lgan galaktikalarning sonini hisoblash orqali amalga oshirsa bo'ladi. Kuzatuvlarga asosan xira galaktikalar uchun munosabat 4 qiymatiga yaqin, undan tashqari, har xil yo'nalishda bu qiymatdan og'ish tasodifiy xarakterga ega. Bundan shu narsa kelib chiqadiki, o'rta hisobda hamma yo'nalishlar bo'yicha galaktikalar bir tekis taqsimlangan.

Kosmologiya nuqtai nazaridan, juda katta masshtablarda modda o'rtacha zichligining bir xilligi Koinotning bir jinslilik va izotroplilik xususiyalaridan kelib chiqadi. Koinotdagi materiya xususiyatlari fazoning hamma erida bir xil bo'lsa u bir jinsli, agar bu xususiyatlar barcha yo'nalishda bir xil bo'lsa izotrop bo'ladi. Boshqacha qilib aytganda, fazoning barcha nuqtalari va yo'nalishlari bir xil ahamiyatga ega. Izotroplik xususiyatining mavjudligini kuzatuvda ham tasdiqlash mumkin, qaysiki hamma yo'nalishda galaktikalarning uzoqlashish qonuni bir xil.

Lekin aytish kerakki, yuqoridagi bu xususiyatlar ma'lum bir masshtabdan amalga oshadi, aniqrog'i bu o'lcham bizning davrimizga kelib 50-100 Mpk ga erishdi. Koinotning bir jinslilik va izotroplilik haqidagi fikr ko'pincha kosmologik printsip deb ataladi.

Oldingi kosmologik tasavvurlar bir jinslilik bilan bir qatorda bizning olamimizning o'zgarmas yoki statistik ekanligi printsipidan keltirib chiqazilgan. Bu

xususiyatlarni cheksiz Evklid fazosiga ilk bor tadbqiq qilinishi fotometrik va gravitatsion paradokslarga olib kelgan.

Fotometrik paradoksni birinchi bo`lib Shveytsariyalik olim J.Shezo 1744 yili, keyinchalik 1826 yili esa Germaniyalik G.Olberslar yoritib berishgan. Unga asosan, agar cheksiz fazo yulduzlar bilan bir tekis egallangan bo`lsa, u holda ixtiyoriy ko`rish nuri yo`nalishi ertami, kechmi qandaydir yulduz bilan kesishadi. Ob'ektning kuzatilayotgan ravshanligi ungacha bo`lgan masofaga bog`liq bo`lmaganligi uchun butun osmon xuddi quyosh diski kabi bir tekis nur sochadi. Yulduzlararo nurning yutilishi bu paradoksni yo`qqa chiqaza olmaydi, chunki yutilgan nur ertami, kechmi fazoga qayta nurlanadi. Uzoqlashayotgan ob'ektda qizilga siljish xodisasi kuzatilishi tufayli uning yorug`lik energiyasining kamayishini hisobga olsak, fotometrik paradoks xodisasi ro`y bermaydi. Bundan tashqari, kuzatish mumkin bo`lgan fazo hajmi Koinotdagi ko`rish gorizonti bilan chegaralangan va bu xajm chekli bo`ladi. Ko`rish gorizonti ostida shunday sferani ko`z oldimizga keltiramizki, undagi har bir nuqta kuzatuvchidan ma'lum masofada bo`lib, bu masofani nur kengayuvchi Koinotning yuzaga kelish vaqti davomida bosib o`tgan.

Gravitatsion paradoks Germaniyalik olim X.Zeeliger tomonidan 1895 y. bayon etilgan. Uning ta'rifiga ko`ra, modda bir tekis taqsimlangan cheksiz Koinotda Nyuton qonunidan foydalanib berilgan nuqtaga ta'sir qilayotgan gravitatsion kuchni bir qiymatli hisoblab bo`lmaydi. Ya'ni masalan, agar bu kuchni shu nuqtadagi massaga ta'sir etuvchi kuchlarning yig`indisi ko`rinishida aniqlasak, qaysiki bu kuchlarni shu nuqta markazli kontsentrik qatlamlar hosil qilayotgan bo`lsa, unda natijaviy kuch nulgateng. Agar hisoblashni markazi bu nuqtadan  $r$  masofada bo`lgan kontsentrik qatlamlar uchun olib borilsa, unda natijaviy kuch r radiusli shar sirtida joylashgan nuqtani tortayotgan kuchga teng bo`ladi.

Gravitatsion paradoksning yuzaga kelishiga sabab, Evklid fazosida bir onda tarqaluvchi tortishish kuchi haqidagi Nyutonning tortishish nazariyasini cheksiz Koinotga qo`llab bo`lmasligidadir. Shuning uchun, kosmologiyada Metagalaktikaning katta masshtablari o`rganilayotganda Eynshteyn tomonidan 1916 yili asoslari ishlab chiqilgan nisbiylik umumiy nazariyalaridan (NUN) foydalanish kerak.

Mexanika qonunlari NUN da ancha umumiy ko`rinishda ifodalanadi, Nyuton qonunlari esa kuchsiz gravitatsion maydon chegaraviy holda ulardan hosil qilinadi. Gravitatsion paradoks NUN da bo`lmaydi. Bu nazariyaning yuzaga kelishi kosmologiyani zamonaviy rivojlanish bosqichiga ko`tardi. Asosiy kosmologik tenglamalar Eynshteynning o`zi tomonidan keltirib chiqazilib, ular statistik Koinot xususiy holi uchun echilgan. Keyinchalik 1922 yili Rossiyalik buyuk matematik Fridman tomonidan nisbatan umumiy holda ham echimlar topilgan. Lekin keyinchalik ma'lum bo`ldiki, Nyuton tenglamalari asosida ham qator muhim kosmologik natijalar olish mumkin ekan. Bu imkoniyat katta uslubiy axamiyatga ega, chunki zamonaviy

kosmologiya natijalarini to'liq tushunish uchun kerak bo'ladigan NUN matematik apparatiga erushgunimizga qadar yuqoridagi imkoniyat orqali biz murakkab kosmologik muammolarga yaqinlashamiz mumkin.

Modellashtirish tabiatning murakkab ob'ektlarini tadqiq etishda muhim usul hisoblanadi. Umuman olganda biz yuqoridagi boblarda bunday usuldan bir necha bor foydalandik, bunda biz real ob'ektni soddalashtirilgan matematik sxema bilan almashtirdik. Bu sxemada ba'zi elementlar ilgaridan (kuzatuvdan) ma'lum deb, qolganlari nazariy fizika va matematika usullarini qo'llash yordamida topiladi. Bu ishda eng muhim natijalovchi bosqich sifatida nazariy topilgan model xususiyatlarini biz foydalangan nazariyada qilingan chegaralanishlar va taxminlarni hisobga olgan holda real ob'ektga o'tkazish hisoblanadi.

Biz bir jinsli izotrop Koinot modelini qaraymiz, bunda Nyuton qonunlari yordamida jismlarning o'zaro ta'siri kuchlari ifodalanib, bu kuchlar boshqa hech qanday kuchlar bilan to'liq muvozanatda bo'la olmaydi va modda harakatining xarakterini aniqlashda muhim hisoblanadi.

Binobarin Nyuton qonunlarini faqat chekli massalarga qo'llash mumkinligi avvaldan ma'lum, shu sababli bizning model juda katta, lekin Koinotning chekli massali chekli qismiga tegishlidir. Ma'lumki, bunday massa bo'laklari orasidagi o'zaro tortishish kuchi mavjudligi tufayli siqilishi, yoki u shunday kinetik energiya zapasiga egaki, natijada kengayishi kerak. Bu kengayish esa bo'laklar orasidagi tortishish kuchi tufayli vaqt o'tishi bilan tormozlanadi.

Ko'rsatish mumkinki, bir jinsli izotrop Koinotda Xabbl qonuni o'rinli. Aniqlashtirish uchun kengayuvchi Koinot modelini qaraymiz. Fazoda boshlang'ich vaqt bir - biridan r masofada bo'lgan ixtiyoriy ikkita A va B nuqtalar $V = \Delta r / \Delta t$ tezlik bilan o'zaro uzoqlashayotgan bo'lsin. AB masofani r - birlik intervallarga bo'lamiz. Bu intervallardan har biri Δt vaqt davomida bir jinslilik xususiyatiga ko'ra bir hil $\Delta r / r$ qiymatiga oshadi. Shuning uchun birlik intervalning oshish tezligi $\frac{1}{r} \left(\frac{\Delta r}{\Delta t} \right)$ qiymatni tashkil etadi. Bu qiymat fazoning hamma erda va hamma yo'nalishida bir xil bo'lganligidan va faqat vaqtga bog'liqligidan uni $H(t)$ deb belgilaymiz. Bundan Xabbl qonunini hosil qilamiz:

$$V = \frac{\Delta r}{\Delta t} = r \left(\frac{1}{r} \cdot \frac{\Delta r}{\Delta t} \right) = rH, \quad (1)$$

bu erda H - shu kundagi $H(t)$ ning qiymati. Agar $H=0$ bo'lsa, kengayish bo'lmaydi (statistik model). Lekin ma'lumki, bu xolat beqarordir, ya'ni modda massasi boshqa kuchlar bo'lmaganda o'zining xususiy tortishish maydonida kinetik va potentsial energiyalar nisbatining qiymatiga bog'liq holda kengayishi yoki siqilishi kerak.

Endi esa markazi fazoning berilgan nuqtasida bo'lgan ixtiyoriy r - radiusli sferani qaraymiz. Fazoning bir jinslilik va izotroplik xususiyatiga ko'ra, bu sferaning hamma nuqtalari markazdan bir xil tezlik bilan uzoqlashadi va uning radiusi vakt o'tishi bilan qandaydir vaqtga bog'liq bo'lgan funktsiyaga proportsional holda kattalashib boradi, ya'ni

$$r(t) = rR(t). \quad (2)$$

$R(t)$ funktsiyaga masshtab faktori deyiladi va u koinotning kengayishini xarakterlaydi.

r - radiusli sfera ichidagi massa hamma erda bir xil qiymatga ega bo'lgan zichlik orqali quyidagiga teng:

$$m = \frac{4}{3}\rho r^3 \quad (3)$$

Qaralayotgan soha chegarasida joylashgan birlik massa ega bo'lgan kinetik energiyaga $V^2/2$ ga va potentsial energiya $-\frac{Gm}{r}$ ga teng. Energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra ularning yig'indisi o'zgarmasdir:

$$\frac{1}{2}V^2 + \left(-G\frac{m}{r}\right) = E \quad (4)$$

Agar to'liq energiya nuldan kata bo'lsa ($E > 0$), u holda kengayish tezligi r ning biror qiymatida nul qiymatigacha kamaymaydi. O'zgarmas qiymatli sekinlashish bilan kengayish protsessi cheksiz davom etadi. $R(t)$ masshtab faktori esa hamma vaqt o'sib boradi. Aksincha, $E < 0$ holida vaqt o'tishi bilan kengayish tezligi nul qiymatigacha kamayib borib, kengayish protsessi siqilishga o'tadi. $V=0$ bo'lganda masshtab faktori eng kata qiymatga erishadi va shundan keyin u kamayuvchi funktsiya bo'lib qoladi. Bu chegaraviy hollar orasida shunday muhim oraliq holat mavjudki, bunda $E=0$ bo'lib, kengayish chegaralmagan davom etib, uning tezligi nul qiymatiga intiladi. (4) formuladan ko'rinib turibdiki, bu holda kengayish tezligi parabolik tezlikka mos keladi:

$$V_n = \sqrt{2mG/r} \quad (5)$$

Bu formuladagi tezlik o'rniga Xabbl qonunidagi ifodasini va massa o'rniga (3) formulani qo'ysak, quyidagi zichlikka ega bo'lamiz:

$$\rho_0 = \frac{3H^2}{8\pi g} \quad (6)$$

Ko'rinib turibdiki, bu zichlik r radiusga bog'liq emas. Demak aytish mumkinki, hosil qilingan natija ixtiyoriy katta masshtablar uchun ham o'rinli. $E=0$ holida, ya'ni to'liq energiyaning nulinchi qiymatiga mos keluvchi zichlikka kritik zichlik deb olamiz, chunki bu kritik qiymatdan katta va kichik holiga to'g'ri keluvchi Koinotning o'rtacha zichligida yuqorida qaralgan berk va chegaralanmagan kengayuvchi Koinot namoyon bo'ladi.

Agar $H=75 \text{ km/(s}\cdot\text{Mpk)}$ deb olsak, Koinotning hozirgi vaqtdagi zichligi uchun kritik qiymat taxminan 10^{-29} g/sm^3 ni tashkil etadi. Metagalaktikadagi ma'lum bo'lgan hamma massalarni hisobga olgan holda topilgan zichlik 10^{-30} g/sm^3 qiymatiga teng bo'lib, u kritik qiymatdan kichik. Lekin bu quyi chegara, chunki galaktikalararo muhit hali uncha aniq emas. Agar bu muhit massasi nisbatan katta bo'lsa, unda ma'lum vaqtdan boshlab Koinotning kengayish protsessi siqilish bilan almashinishi mumkin.

Koinotdagi moddaning o'rtacha zichligini aniqlashda nuldin farqli massaga ega bo'luvchi tinchlikdagi neytrinoni ham hisobga olish kerak bo'ladi. 1980 yillarda olib borilgan eksperimentlarning natijasiga ko'ra tinchlikdagi neytrino massasi 10^{-32} g ekanligi taxmin qilinadi, bu esa elektron massasidan 20 000 marta kichikligini ko'rsatadi, lekin bu qiymatni yanada aniqlashtirish kerak. Koinotda juda ko'p miqdorda neytrino bo'lishi kerak, asosan relikтик, ya'ni uning kengayishining boshlang'ich bosqichidan qolgan. Nazariy hisob-kitoblarga ko'ra bitta protonga o'rta hisobda taxminan milliard neytrino to'g'ri keladi. Shuning uchun agar yuqoridagi baholash to'g'ri bo'lsa, u holda neytrino umumiy massasi oddiy modda massasidan 30 marta katta chiqadi. Shunday qilib, aynan neytrino bizning fazomizning fizik xususiyatlarini aniqlashi haqiqatdan xoli emas.

Endi Xabbl doimiysining fizik ma'nosini qaraymiz. U chastota o'lchamiga ega bo'lib, unga teskari bo'lgan kattalik vaqt o'lchamida va qiymati yilga $t = 4 \cdot 10^{17} \text{ c} = 13 \cdot 10^9$ teng (agar $H=75 \text{ km/(s}\cdot\text{Mpk)}$ deb olsak). Kengayish tezligi ilgari o'zgarmagan deb faraz qilinsa, bu vaqt Metagalaktikaning kengayishi natijasida hozirgi holatiga erishishi uchun ketgan davrdir. Kuzatuvlar xatoligi chegarasida bu vaqt oralig'i ko'pgina galaktikalar yoshiga va Galaktikamizdagi qari yulduzlarning ular spektri va tarkibini o'rganish asosida topilgan yoshlariga mos keladi. Bundan shu narsa kelib chiqadiki, ko'pgina galaktikalar Koinot kengayishining juda boshlang'ich bosqichida paydo bo'lgan va bu birinchi milliard yilda bo'lib, bu vaqtda moddaning o'rtacha zichligi hozirgidan ancha katta bo'lgan.

Shunday qilib, klassik fizika doirasida biz Koinotning qator muhim xossalari aniqlashga erishdik: nostatsionarlik, kengayish va siqilishning mumkin bo'lgan holati, kritik zichlik qiymati, kengayish vaqti (Koinot «yoshi»). Koinotning aniq real xossalari, xususan, hozirda Koinotning kengayish xususiyati kuzatuvda tasdig'ini topishi kerak. Kelajakda qanday nostatsionarlik xususiyati namayon bo'ladi, bu bizga ma'lum emas. Keyinchalik kengayish siqilish jarayoni bilan almashishi mumkinligi haqiqatdan xoli emas. Avvalambor shuni aytish kerakki, oldin Koinotdagi modda ancha zich holatda bo'lgan deb aytish mumkin. Shu narsani alohida hisobga olishimiz kerakki, biz chiqazgan xulosalar klassik maxanikaga asoslangan, shuning uchun ular shunday o'lmamlarda o'rinli, bunda kengayish tezligi yorug'lik tezligidan ancha

kichikdir. Bunday chegaralarni qo'ymaslik uchun biz fizikaning yanada aniqroq qonunlaridan, avvalambor, NUN qonunlaridan foydalanishimiz kerak.

Agar kuzatuv ma'lumotlarini olsak undan galaktikalar to'dalari va o'ta to'dalari Metagalaktikada bir xil taqsimlangan va izotropdir. Metagalaktika bu xozirga kunda eng zamonaviy teleskoplar bilan kuzatish mumkin bo'lgan chegaradagi koinot tushuniladi. Hozirgi kunda koinotning 3 ta modeli mavjud:

- 1.Yopiq koinot modeli.
- 2.Ochiq koinot modeli.
- 3.Kengayuvchi koinot modeli.

Birinchi koinot modelini sovet matematigi Fridman.A. bir jinsli va izotrop bo'lgan holda o'rgangan. U bir jinsli izotrop koinot nostatsionar bo'lishini va undan galaktikalar tarqalishini ko'rsatgan. Bu modelga ko'ra ixtiyoriy 2 ta ob'ekt orasidagi masofa t vaqt momentida

$$r(t)=r_0 R(t)$$

bo'yicha o'zgaradi. Bu erda r_0 -boshlang'ich vaqt momentidagi ob'ektlar orasidagi masofa.

$R(t)$ -masshtab faktorii deyiladi va u koinotning kengayishini xarakterlaydi. Xabll qonuniga ko'ra tezlikning o'zgarishi

$$v(t)=H(t)r(t)$$

qonuniyatga bo'ysunadi.

Bu holda koinotning o'rtacha zichligi quyidagi formula Bilan aniqlanadi va bu zichlik kritik zichlik deyiladi.

$$\rho = \frac{3H^2}{8\pi G}$$

Agar koinotdagi zichlik ρ , kritik zichlikdan kata bo'lsa ,ya'ni $\rho > \rho_{kr}$, bu holda koinotning geometrik xususiyatlari sferik geometriya bilan aniqlanadi. Agar koinotning zichligi kritik zichlikka teng bo'lsa $\rho = \rho_{kr}$ u holda koinotning kengayishi cheksiz davom etadi, agar kichkina bo'lsa $\rho < \rho_{kr}$ bu koinotning ochiq modeli deb yuritiladi. Agar Xabll doimiysini $H=50\text{km/sek}\cdot\text{mmp}$ deb olsak

$$\rho_{kr} = 5 \cdot 10^{-30} \text{ gr/sm}^3$$

kelib chiqadi. Metagalaktikadagi yulduzlar soni esa 10^{11} ta. Agar Metagalaktika o'lchamini 600 MPs va undagi ob'ektlar massasini Galaktika massasiga teng deb olsak unda koinot zichligi

$$\rho_{koinot} = 5 \cdot 10^{-31} \text{ gr/sm}^3$$

kelib chiqadi.

Koinot zichligi Bilan kritik zichlikni taqqoslash bugungi kundagi koinot kengayayotgan koinot modeliga to'g'ri keladi.

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Hozirgi kunda nur tezligidan kata tezlik yo`qdir. 220 Pk dan uyog`i kosmologik masofadir.

Koinotning kengayish hodisasi uning portlaganligi $T=0$ sababli deb tushuniladi, chunki koinotdagi barcha Galaktikalar to`dalari bir-birlaridan uzluksiz ravishda uzoqlashib boryaptilar. Fridman echimi aynan kengayuvchi to`g`ri ekanligi Xabll tomonidan isbotlangan.

Nazorat uchun savollar

- 1.Galaktikalarning kelib chiqishi va evolutsiyasi.
- 2.Katta portlash. Koinot modelari. Kosmologik prinsplar.

Тема: Астробиоло́гия

Содержание

1Обзор

2Методология

3Жизнь в Солнечной системе

4Гипотеза уникальной Земли

5Исследования

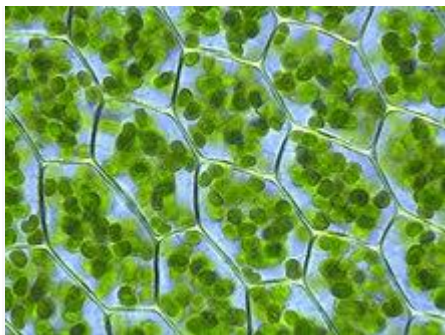
6Миссии

7Предлагаемые миссии

• **Астробиоло́гия (экзобиоло́гия)** — наука, предметом которой является изучение происхождения эволюции и распространения жизни на других планетах во Вселенной. Астробиология опирается на научные достижения в области физики, химии, астрономии, биологии, экологии, планетологии, географии, геологии и космонавтики для исследования возможности существования **внеземной жизни**^{[2][3]}. В решении некоторых задач астробиология тесно соприкасается с космической биологией и космической медициной, возникшими в связи с активным проникновением человека в

космическое пространство. Астробиология осуществляет поиск пригодной для жизни среды обитания как в Солнечной системе, так и за её пределами, поиск доказательств предбиотической химии, лабораторные и практические исследования происхождения и раннего развития жизни на Земле, а также исследования потенциальных возможностей жизни в части приспособления к сложным условиям на Земле и в космосе^[4].

Обзор



Неизвестно, будет ли жизнь во Вселенной, в случае её обнаружения, иметь клетки, подобные земным растениям (видны хлоропласты в клетках растения.)^[5]



Марсианский метеорит ALH84001 имеет микроскопические образования, которые могут быть созданы микроорганизмами.

Термин *астробиология* впервые был предложен советским астрономом Г.А. Тиховым в 1953 году. Он образован от древнегреческих слов *астрон* (др.-греч. ἄστρον) — «звезда», *биос* (др.-греч. βίος) — «жизнь» и *логия* (др.-греч. -λογία) — «учение». Есть различные синонимы термина «астробиология», однако все они включают две основные науки: астрономию и биологию. Термин-синоним «экзобиология» произошёл от греческого *экзо* (др.-греч. ἔξω) — «вне, снаружи», *биос* (др.-греч. βίος) — «жизнь» и *логия* (др.-греч. -λογία) — «учение». Другой термин, использовавшийся в прошлом — *ксенобиология*, то есть «биология иноземцев». Это слово было придумано в 1954 году писателем-фантастом Робертом Хайнлайном в его романе «Звёздный зверь»^[6].

Вопрос «существует ли жизнь где-то ещё во Вселенной», является поддающейся проверке гипотезой и, таким образом, эффективным направлением научных исследований. В настоящее время астробиология стала формализованной областью исследований, хотя когда-то находилась в стороне от основных научных изысканий. Интерес НАСА к астробиологии начался с разработки Космической программы. В 1959 году НАСА профинансировало свой первый проект по экзобиологии, а в 1960 году создало Программу изучения экзобиологии^{[4][7]}. В 1971 году НАСА профинансировало проект (SETI) по поиску радиосигналов внеземных цивилизаций. Программа «Викинг», начатая в 1976 году, включала три биологических эксперимента, разработанных для поиска возможных признаков существования жизни на Марсе. Научный аппарат Mars Pathfinder, приземлившийся в 1997 году, содержал научный груз, предназначенный для обнаружения микробных окаменелостей, заключённых в камнях^[8].

В XXI веке астробиология становится центром растущего числа исследовательских миссий НАСА и Европейского космического агентства в Солнечной системе. Первый европейский семинар по астробиологии состоялся в мае 2001 года в Италии^[9], результатом которого стала Программа Аврора^[10]. В настоящее время НАСА курирует Институт астробиологии НАСА (англ.). Всё большее число университетов во всём мире вводят программы обучения по теме астробиологии. В Соединённых Штатах это Аризонский университет^[11], университет Пенсильвании, университет штата Монтана и Вашингтонский университет; в Великобритании университет Кардиффа (создан Центр астробиологии)^[12], в Австралии Университет Нового Южного Уэльса^[13]. В России Постановлением Президиума Российской академии наук от 23.11.2010 организован Научный совет РАН по астробиологии^[14].

Достижения в области астробиологии, наблюдательной астрономии и открытие большого разнообразия экстремофилов, обладающих способностью к существованию в самых суровых условиях на Земле, привели к предположению, что жизнь может процветать на многих планетах и спутниках во Вселенной. Особое внимание текущих астробиологических исследований уделяется поиску жизни на Марсе из-за его близости к Земле и геологической истории. Существует всё больше свидетельств, что ранее на поверхности Марса имелось значительное количество воды, которая рассматривается в качестве важнейшего предшественника развития жизни на основе углерода^[15].

Миссиями, разработанными специально для поиска жизни, были Программа «Викинг» и посадочный модуль «Бигль 2», направленные к Марсу. Основной вывод, который можно сделать по результатам работы «Викингов»: либо количество микроорганизмов в местах посадок аппаратов ничтожно мало, либо их нет вообще. Посадочный модуль «Бигль 2» предположительно приземлился удачно, но на связь не вышел. Основной причиной выхода из строя признан

отказ оборудования связи. Значительную роль в астробиологии должна была сыграть миссия Jupiter Icy Moons Orbiter (англ.), предназначенная для исследования ледяных спутников Юпитера, однако она была отменена. В 2008 году посадочный модуль «Феникс» исследовал марсианский грунт на наличие следов микробной жизни, а также присутствие воды. Главным научным результатом миссии стало обнаружение льда под тонким слоем грунта, а также его химический анализ.

В ноябре 2011 года НАСА запустила марсоход Curiosity, который продолжит поиски следов жизни на Марсе. Европейское космическое агентство разрабатывает марсоход ExoMars, который планируется к запуску в 2018 году.

Международный астрономический союз (МАС) регулярно проводит крупные международные конференции посредством Комиссии 51 «Биоастрономия: поиск внеземной жизни», которая была создана МАС в 1982 году для координации работ в области поиска жизни и разума во Вселенной и в настоящее время функционирует на базе Института астрономии при Университете Гавайев.

Методология

*Основная статья: **Планеты, пригодные для возникновения жизни***

Для поиска жизни на других планетах необходимо уменьшить размер задачи, для чего используются различные предположения. Первое состоит в том, что подавляющее большинство форм жизни в нашей Галактике основано на углеродной химии, как и все формы жизни на Земле^[16]. Хотя не отрицается возможность существования неуглеродных формы жизни. Предположение основано на том, что углерод является четвёртым по распространённости элементом во Вселенной, а также позволяет формировать большое разнообразие молекул вокруг себя. Способность атомов углерода легко связываться друг с другом позволяет создавать сколь угодно длинные и сложные молекулы.

Следующее предположение — наличие воды в жидком состоянии. Вода является распространённым веществом, которое необходимо для формирования сложных углеродных соединений, которые, в конечном счёте, могут привести к появлению жизни. Некоторые исследователи предлагают также рассматривать среду аммиака или водно-аммиачных смесей, поскольку она обеспечивает большой диапазон температур для жизни и, таким образом, расширяет количество потенциальных миров. Эту среду считают подходящей как для углеродной, так и для неуглеродной жизни.

Третье предположение: поиск звёзд подобных Солнцу. Очень большие звёзды имеют относительно малое время жизни, что, в свою очередь, означает, что у жизни не будет достаточно времени для развития на планетах, вращающихся

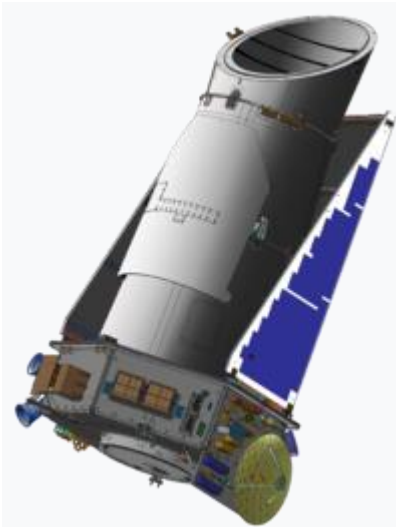
вокруг таких звёзд. Очень маленькие звёзды выделяют так мало тепла, что планеты смогут иметь воду в жидком состоянии, находясь только на очень близких орбитах. Но при этом планеты будут захвачены приливными силами звезды^[17]. Без толстого слоя атмосферы одна сторона планеты будет постоянно нагрета, а другая заморожена. Однако в 2005 году вопрос жизнепригодности планет вокруг красных карликов был снова поднят на повестку дня научного сообщества, поскольку длительное время существования красных карликов (до 10 триллионов лет) может допускать наличие жизни на планетах с плотной атмосферой. Это имеет большое значение, поскольку красные карлики являются очень распространёнными во Вселенной. (См. Жизнепригодность системы красного карлика). По оценкам учёных около 10 % звёзд в нашей Галактике по своим характеристикам подобны Солнцу, а в радиусе 100 световых лет от нас находится около тысячи таких звёзд. Эти звёзды вероятнее всего будут основной целью при поиске жизни в их системах.

Поскольку Земля является единственной планетой, на которой достоверно известно наличие жизни, то не представляется возможным узнать, корректны ли принятые предположения или нет.

Составные части астробиологии



Экзопланета OGLE-2005-BLG-390Lb на расстоянии 20 000 световых лет в представлении художника.



Миссия Кеплер предназначена для поиска экзопланет

Большинство связанных с астрономией астробиологических исследований относится к обнаружению планет за пределами Солнечной системы (экзопланет). Основная предпосылка состоит в том, что если жизнь возникла на Земле, то она могла возникнуть и на других планетах с аналогичными характеристиками. В связи с этим в стадии проработки находится большое количество проектов, предназначенных для обнаружения экзопланет, подобных Земле. В первую очередь это программы НАСА Terrestrial Planet Finder (TPF) и ATLAST, а также программа Darwin Европейского космического агентства. Существуют также менее амбициозные проекты, в которых предполагается использование наземных телескопов. Кроме того, НАСА уже запустило миссию Кеплер в марте 2009 года, а Французское космическое агентство — спутник COROT в 2006 году. Целью планируемых миссий является не только обнаружение планет размером с Землю, но и непосредственное наблюдение света от планеты для дальнейшего спектроскопического изучения. Исследуя спектры планет, можно определить основной состав атмосферы экзопланеты и/или её поверхности. Получив такую информацию можно оценить вероятность наличия жизни на планете. Исследовательская группа НАСА — Лаборатория виртуальных планет использует компьютерное моделирование для создания разнообразных виртуальных планет, чтобы понять, как они будут выглядеть при наблюдении Дарвином или TPF^[18]. Когда эти миссии начнут сбор данных, полученные спектры планет могут быть сверены со спектрами виртуальных планет в части характеристик, которые могут указывать на наличие жизни. Изменение фотометрии экзопланеты также может дать дополнительную информацию о свойствах поверхности и атмосферы планеты.

Оценить число планет с разумной жизнью можно с помощью уравнения Дрейка. Уравнение определяет вероятность наличия разумной жизни как произведение

таких параметров, как количество планет, которые могут быть обитаемыми и количество планет, на которых может возникнуть жизнь^[19]:

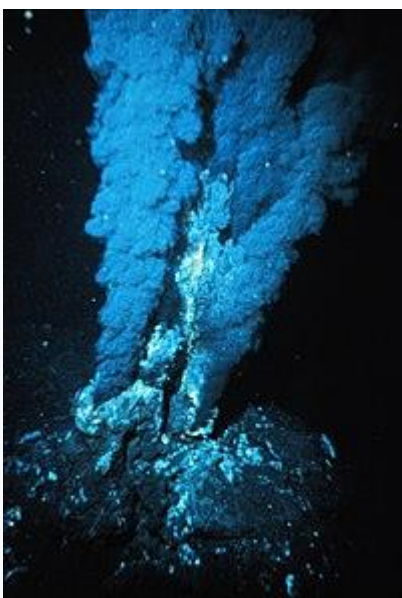
,

где N — количество разумных цивилизаций, готовых вступить в контакт;
 R^* — число ежегодно образующихся звёзд (звёзд подобных Солнцу);
 f_p — доля звёзд, обладающих планетами;
 n_e — среднее количество планет (и спутников) с подходящими условиями для зарождения цивилизации;
 f_l — вероятность зарождения жизни на планете с подходящими условиями;
 f_i — вероятность возникновения разумных форм жизни на планете, на которой есть жизнь;
 f_c — отношение количества планет, разумные жители которых способны к контакту и ищут его, к количеству планет, на которых есть разумная жизнь;
 L — время жизни такой цивилизации (то есть время, в течение которого цивилизация существует, способна вступить в контакт и хочет вступить в контакт).

Однако на данный момент это уравнение обосновано лишь теоретически и маловероятно, что уравнение будет ограничено разумными пределами погрешности в ближайшее время. Первый множитель R определяется из астрономических измерений и является наименее обсуждаемой величиной. По второму и третьему множителям (звёзды с планетами и планеты с подходящими условиями) в настоящее время идёт активный сбор данных. Остальные параметры основаны исключительно на предположениях. Проблема формулы в том, что она не сможет использоваться для создания гипотезы, поскольку содержит параметры, которые не могут быть проверены. Другая связанная тема — парадокс Ферми, который предполагает, что если разумная жизнь распространена во Вселенной, то должны существовать явные признаки этого. На этом парадоксе основаны такие проекты как SETI, которые пытаются обнаружить радиосигналы от разумных внеземных цивилизаций.

Другой активной областью исследования в астробиологии является изучение формирования планетной системы. Было высказано предположение, что особенности нашей Солнечной системы (например, присутствие Юпитера в качестве защитного щита^[20]) могли значительно увеличить вероятность развития разумной жизни, возникшей на нашей планете^{[21][22]}. Но окончательные выводы до сих пор не сделаны.

Биология



Чёрные курильщики поддерживают жизнь некоторых микроорганизмов на Земле. Подобные формирования могут быть и на других планетах.

До 1970-х годов учёные полагали, что жизнь полностью зависит от энергии Солнца. Растения на Земле используют энергию солнечного света в процессе фотосинтеза, в результате которого образуются органические вещества из углекислого газа и воды и высвобождается кислород. Далее животные поедают растения, тем самым осуществляется передача энергии по пищевой цепи. Ранее считалось, что жизнь в глубинах океана, куда не попадает солнечный свет, существует благодаря питательным веществам, которые образуются от потребления органических останков, падающих с поверхности океана, либо от мёртвых животных, то есть также зависит от Солнца. Предполагалось, что способность жизни к существованию зависит от её доступа к солнечному свету. Однако в 1977 году, во время исследовательского погружения на глубоководном аппарате «Алвин» около Галапагосских островов, учёные обнаружили колонии погонофор, моллюсков, ракообразных, мидий и других морских обитателей, сгруппированных вокруг подводных вулканических образований, названных чёрными курильщиками. Эти существа процветали, несмотря на отсутствие доступа к солнечному свету. Позднее было выяснено, что они составляют совершенно независимую пищевую цепочку. Вместо растений основу этой пищевой цепи составляет некая форма бактерий, которая извлекает энергию из процесса окисления реактивных химических веществ, таких как водород или сероводород, поступающих из внутренних частей Земли. Этот хемосинтез произвёл революцию в изучении биологии, доказывая, что жизнь не обязательно зависит от Солнца — она лишь требует наличия воды и энергии.

Экстремофилы (организмы, способные выжить в экстремальных условиях) являются ключевым элементом в исследованиях астробиологов. В качестве примеров таких организмов можно привести биоту, способную выжить под толщей воды в несколько километров вблизи гидротермальных источников и микробов, которые живут в очень кислых средах^[23]. В настоящее время известно, что экстремофилы живут во льду, кипящей воде, кислоте, воде из ядерных реакторов, солях кристаллов, токсичных отходах и в ряде других экстремальных мест, которые ранее считались непригодными для жизни^[24]. Они открыли новые направления исследований в астробиологии за счёт значительного увеличения числа возможных мест обитания за пределами Земли. Характеристика этих организмов, их среды обитания и эволюционного пути считается важнейшим компонентом в понимании того, как может развиваться жизнь в других местах во Вселенной. Вот примеры организмов, способных выдержать воздействие вакуума и космической радиации: лишайники Ризокарпон географический (лат. *Rhizocarpon geographicum*) и Ксантория элегантная (лат. *Xanthoria elegans*)^[25], бактерии *Bacillus safensis*^[26], *Deinococcus radiodurans*^[26], *Bacillus subtilis*^[26], дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*^[26], семена *Arabidopsis thaliana* (Резуховидка Таля)^[26], а также беспозвоночные Тихоходки^[26].

2 декабря 2010 года учёными было объявлено, что бактерии-экстремофилы (GFAJ-1) в условиях нехватки фосфора могут замещать его в молекуле ДНК на мышьяк^[27]. Это открытие придаёт значимость старой идее, согласно которой жизнь на других планетах может иметь совершенно иной химический состав, и поэтому оно может помочь в поисках внеземной жизни^{[27][28]}. Позднее выяснилось, что это не так^[29].

Другой областью исследований, проводящейся в настоящее время, является изучение происхождения жизни, отличающегося от эволюционного пути. Александр Опарин и Джон Холдейн полагали, что условия на ранней Земле были благоприятными для формирования органических соединений из неорганических элементов и, таким образом, для образования многих химических веществ, характерных для форм жизни, которые мы сейчас наблюдаем. В изучении этого процесса, известного как пребиотическая химия, учёные добились определённого прогресса, но до сих пор неясно, могла ли жизнь образоваться таким образом на Земле. Альтернативная теория панспермии заключается в том, что первые элементы жизни, возможно, сформировались на другой планете с ещё более благоприятными условиями (или даже в межзвёздном пространстве, на астероидах и т. д.), а затем были каким-то образом перенесены на Землю. Спутник Юпитера, Европа, в настоящее время рассматривается в качестве наиболее вероятного места для существования внеземной жизни в Солнечной системе^{[24][30][31][32][33][34]}.

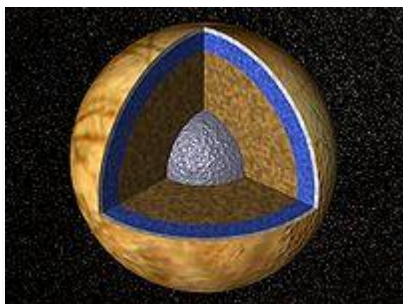
Астрогеология

Астрогеология — научная дисциплина, предметом которой является изучение геологии планет и их спутников, астероидов, комет, метеоритов и других астрономических тел. Информация, собранная этой дисциплиной, позволяет оценить пригодность планеты или её спутника для развития и поддержания жизни.

Геохимия — дополнительная дисциплина астрогеологии, включающая в себя изучение химического состава Земли и других планет, химических процессов и реакций, которые регулируют состав пород и почвы, циклы материи и энергии и их взаимодействие с гидросферой и атмосферой планеты. Специализации включают астрохимию, биохимию и органическую геохимию.

Окаменелости являются старейшими известными доказательствами наличия жизни на Земле^[35]. Анализируя их, палеонтологи могут лучше понять виды организмов, возникших на Земле в далёком прошлом. Некоторые регионы Земли, такие как Пилбара (англ.) в Западной Австралии и Сухие долины в Антарктиде, рассматриваются в качестве геологических аналогов некоторых регионов Марса, и таким образом, могут дать понимание того, как искать жизнь на Марсе, возможно существовавшую там в прошлом.

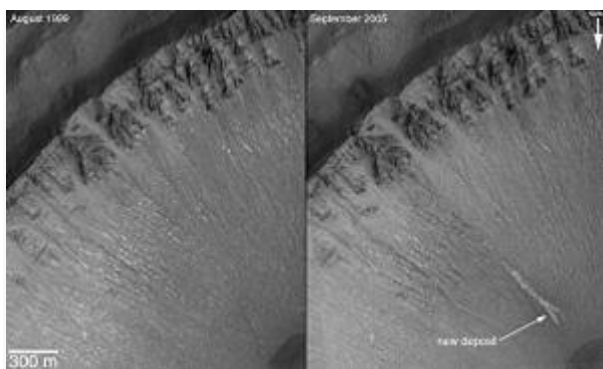
Жизнь в Солнечной системе



Европа может иметь бактерии и микроорганизмы в океане под замёрзшей поверхностью.

В рассуждениях о наличии жизни за пределами Земли нередко уделяется мало внимания ограничениям, наложенным принципами биохимии^[36]. Вероятность того, что жизнь во Вселенной основана на углероде, увеличивается за счёт того, что углерод является одним из наиболее распространённых элементов. Только два элемента, углерод и кремний, могут составлять основу для достаточно больших молекул, способных нести биологическую информацию. Как структурная основа для жизни, одной из важных особенностей углерода является то, что, в отличие от кремния, он может легко участвовать в формировании химических связей со многими другими атомами, тем самым предоставляя химическую многосторонность, необходимую для проведения реакций метаболизма и воспроизведения. Различные органические функциональные группы, составленные из водорода,

кислорода, азота, фосфора, серы, а также множества металлов, таких как железо, магний и цинк, обеспечивают огромное разнообразие химических реакций. Кремний, напротив, взаимодействует только с некоторыми атомами и большие молекулы на основе кремния однообразны по сравнению с комбинаторной Вселенной макромолекул на базе углерода^[36]. На самом деле вполне возможно, что основные строительные блоки жизни где-либо будут похожие на наши, если не в деталях, то в общем^[36]. Хотя земная жизнь и жизнь, которая могла возникнуть независимо от Земли, как предполагается, использует многие похожие, если не идентичные, строительные блоки, у инопланетной жизни, возможно, будут некоторые биохимические качества, которые являются уникальными. Если жизнь имеет сопоставимое воздействие на среду в другом месте Солнечной системы, то относительное содержание химических веществ, какими бы они ни были, могут выдать её присутствие^[37].



Фотографии, сделанные исследовательской станцией Mars Global Surveyor 30 августа 1999 года (слева) и 10 сентября 2005 года. Последняя фотография имеет размыв, оставляемый водой.

Мысль о том, где в Солнечной системе могла бы возникнуть жизнь, была исторически ограничена убеждением, что жизнь в конечном итоге зависит от света и тепла Солнца и поэтому ограничена поверхностью планеты^[36]. Тремя наиболее вероятными кандидатами на наличие жизни в Солнечной системе являются Марс, спутник Юпитера — Европа и спутник Сатурна — Титан^{[38][39][40][41][42]}. Это предположение основывается прежде всего на том, что (в случае Марса и Европы) астрономические тела могут иметь жидкую воду, молекулы которой необходимы для жизни в качестве растворителя в клетках^[15]. Вода на Марсе находится в полярных ледяных шапках, и новые образовавшиеся овраги, недавно наблюдавшиеся на Марсе, позволяют предположить, что жидкая вода может существовать, по крайней мере временно, на поверхности планеты^{[43][44]}, и, возможно, в подземных условиях в геотермальных источниках. При марсианских низких температурах и низком давлении жидкая вода, вероятно, будет очень солёной^[45]. Что касается Европы, то жидкая вода, вероятно, существует под поверхностным ледяным слоем^{[31][38][39]}. Эта вода может быть нагрета до жидкого состояния вулканической активностью на дне

океана, но основным источником тепла, вероятно, является нагрев приливными силами^[46].

Другим астрономическим объектом, который потенциально может поддерживать внеземную жизнь, является самый большой спутник Сатурна — Титан^[42]. Считается, что Титан имеет условия, близкие к ранней Земле^[47]. На его поверхности учёные обнаружили первые жидкие озёра за пределами Земли, но они, скорее всего, состоят из этана и/или метана^[48]. После изучения данных с зонда «Кассини» в марте 2008 года было объявлено, что Титан также может иметь подземный океан, состоящий из жидкой воды и аммиака^[49]. Кроме того, спутник Сатурна Энцелад может иметь океан под его ледяной шапкой^[50].

Гипотеза уникальной Земли

Данная гипотеза на основании астробиологических выводов утверждает, что многоклеточные формы жизни могут представлять большую редкость, чем изначально предполагалось учёными. Она даёт возможный ответ на парадокс Ферми: «Если внеземные цивилизации являются довольно распространёнными, то почему мы не наблюдаем никаких следов разумной внеземной жизни?». Эта теория является противоположной точкой зрения принципа заурядности, предложенного знаменитыми астрономами Фрэнком Дрейком, Карлом Саганом и другими. Принцип заурядности предполагает, что жизнь на Земле не является исключительным явлением и с большой долей вероятности может быть найдена на бесчисленном множестве других миров.

Антропный принцип гласит, что фундаментальные законы Вселенной устроены специально таким образом, чтобы было возможно существование жизни. Антропный принцип поддерживает гипотезу уникальной Земли, утверждая, что элементы, которые необходимы для поддержания жизни на Земле так «тонко настроены», что шанс повторения в другом месте очень мал. Стивен Джей Гулд сравнил утверждение, что «Вселенная хорошо приспособлена для нашей разновидности жизни» с высказываниями, что «сосиски были сделаны длинными и узкими специально для того, чтобы они могли вписаться в современные булочки для хот-дога» или что «корабли были изобретены в качестве дома для моллюсков»^{[51][52]}.

Исследования

Хотя описание внеземной жизни является нерешённым вопросом, а гипотезы и прогнозы относительно её существования и происхождения широко варьируются, тем не менее, развитие теорий для поддержки поиска жизни в настоящее время можно считать наиболее конкретным практическим применением астробиологии.

Биолог Джек Коэн и математик Ян Стюарт, среди прочего, рассматривают ксенобиологию отдельно от астробиологии. Коэн и Стюарт считают, что астробиология — это поиск жизни подобно той, которая существует на Земле за пределами нашей Солнечной системы, в то время, как ксенобиология занимается исследованиями в тех случаях, когда мы предполагаем, что жизнь не основана на базе углерода или кислородного дыхания, но пока она имеет определяющие характеристики жизни. (См. Углеродный шовинизм).

Результаты исследований



Астероиды могли перенести «зародыши жизни» на Землю.

В прошлые века наличие жизни на планетах Солнечной системы считалось весьма вероятным. Особенно это связывали с обнаружением методами астрономии сезонов (времен года), возможных морей и суши и т. н. каналов на Марсе. Даже существовали абстрактные предположения о существовании селенитов, марсиан и т. д. Некоторые учёные ещё в начале XX века считали наличие марсианской растительности доказанным, а венерианской — возможным.

Начиная со второй половины XX века, учёные ведут целенаправленные поиски внеземной жизни внутри Солнечной системы и за её пределами, особенно с помощью автоматических межпланетных станций (АМС) и космических телескопов. Данные исследований метеоритов, верхних слоёв атмосферы Земли и данные, собранные в рамках космических программ, позволяют некоторым учёным утверждать, что простейшие формы жизни могут существовать на других планетах Солнечной системы. При этом, согласно современным научным представлениям, вероятность обнаружения высокоорганизованной жизни на всех планетах Солнечной системы, кроме Марса и некоторых спутников Юпитера и Сатурна, крайне мала.

К настоящему времени доказательств наличия внеземной жизни найдено не было.

Однако 6 августа 1996 года учёные НАСА после исследования метеорита ALH 84001 заявили о том, что метеорит может содержать доказательства следов

жизни на Марсе. При сканировании структур метеорита растровым электронным микроскопом были выявлены окаменелости, которые напомнили учёным «следы» земных организмов — так называемых магнитотактических бактерий. Исследователи утверждали, что именно такие специфические окаменелости оставляют бактерии на Земле, поэтому обнаружение идентичных окаменелостей в метеорите говорит в пользу существования бактерий на его родной планете. Вместе с тем структуры, найденные на ALH 84001, составляют 20-100 нанометров в диаметре, что близко к теоретическим нанобактериям и в разы меньше любой известной науке клеточной формы жизни. Остаётся неясным, свидетельствует ли это о том, что на Марсе была или есть жизнь, или же вероятные живые организмы попали на метеорит уже на Земле после его падения.

О возможном наличии живых существ на поверхности Венеры заявил в январе 2012 года главный научный сотрудник Института космических исследований РАН Леонид Ксанфомалити. При изучении фотографий, переданных советскими аппаратами в 1970-е и 1980-е годы, он обнаружил некие объекты, которые появляются и исчезают на серии последовательных снимков. К примеру, объект «скорпион» появляется на фотографии спустя 90 минут после включения камеры и через 26 минут исчезает, оставив после себя канавку в грунте. Ксанфомалити считает, что во время посадки модуль создал сильный шум и «обитатели» покинули место посадки, а спустя некоторое время, когда всё утихло, они вернулись^[57].

В 2010 году группа учёных из НАСА заявила на основании полученных с зонда «Кассини» данных об обнаружении на спутнике Сатурна Титане косвенных признаков жизнедеятельности примитивных организмов (см.: Жизнь на Титане). Поиски жизни на месте на спутниках Юпитера предполагаются в перспективных программах АМС со спускаемыми аппаратами, криоботами, гидроботами типа Лаплас—Пи др.

Метан

В 2004 году наземными телескопами и зондом Mars Express был обнаружен спектральный маркер метана в атмосфере Марса. Из-за солнечной радиации и космического излучения по прогнозам учёных метан должен был исчезнуть из атмосферы Марса в течение нескольких лет. Таким образом, газ должен активно пополняться, чтобы поддерживать текущую концентрацию^{[58][59]}. Одним из опытов марсохода Mars Science Laboratory, запускаемого 25 ноября 2011 года, будет выполнение точных измерений соотношения изотопов кислорода и углерода в углекислом газе (CO₂) и метане (CH₄) в атмосфере Марса с целью определения геохимического либо биологического происхождения метана^{[60][61][62]}.

Планетные системы

Возможно, что у некоторых планет в Солнечной системе, таких как газовый гигант Юпитер, могут быть спутники с твёрдой поверхностью или жидким океаном, которые являются более пригодными для жизни. Большинство планет, обнаруженных за пределами Солнечной системы, являются горячими газовыми гигантами и непригодны для жизни. Таким образом, точно не известно, является ли Солнечная система, с такой планетой как Земля, уникальной или нет. Улучшенные методы обнаружения и увеличенное время наблюдения несомненно позволят обнаружить больше планетных систем и, возможно, некоторые из них будут как Земля. Например, миссия «Кеплер» предназначена для обнаружения планет размером с Землю вокруг других звёзд путём измерения мельчайших изменений в кривой блеска звезды, когда планета проходит между звездой и телескопом. Прогресс в области инфракрасной и субмиллиметровой астрономии открыл компоненты других звёздных систем. Инфракрасные исследования обнаружили пояса пыли и астероидов вокруг далёких звёзд, лежащие в основе формирования планет.

Жизнепригодность планеты

Усилия, направленные для ответа на вопрос: «Какова распространённость потенциально обитаемых планет» имели определённый успех. 2 февраля 2011 года учёные, исследующие данные с телескопа «Кеплер», объявили, что имеется 54 кандидата в планеты, находящиеся в обитаемой зоне своих звёзд. Причём 5 из них имеют размер, сопоставимый с Землёй^[63].

Также ведётся исследование относительно ограничений окружающей среды для жизни и работы экстремальных экосистем, позволяя исследователям предсказать, какая планетная среда могла бы быть наиболее подходящей для жизни. Такие миссии, как спускаемый аппарат Феникс, Mars Science Laboratory и ExoMars к Марсу, зонд «Кассини» к спутнику Сатурна Титану и миссия «Ice Clipper» к спутнику Юпитера Европе дают надежду на дальнейшее изучение возможности наличия жизни на других планетах в нашей Солнечной системе.

Миссии

Проводятся исследования экологических условий жизни и работы экстремальных экосистем, что позволяет исследователям лучше предсказать, какие планеты могут быть наиболее вероятно пригодными для жизни. Миссии, такие как Phoenix lander, Mars Science Laboratory, ExoMars, Mars 2020 и Cassini probe (миссия к лунам Сатурна), направлены на дальнейшее изучение возможностей жизни на других планетах Солнечной системы.

Программа Viking

В конце 1970-х годов два лэндера Викинга вели четыре вида биологических экспериментов на поверхности Марса. Это были единственные лэндеры Марса,

которые проводили эксперименты, специально предназначенные для метаболизма современной микробной жизни на Марсе. Посадочные машины использовали роботизированную руку для сбора проб почвы в герметичные испытательные контейнеры на судне. Оба лэндера были одинаковыми, поэтому те же испытания проводились в двух местах на поверхности Марса; Viking 1 около экватора и Viking 2 дальше на север. Результат был неубедительным и по-прежнему оспаривается некоторыми учёными^{[64][65][66][67]}.

Beagle 2

Beagle 2 был неудачным посадочным устройством British Mars, который был частью миссии Европейского космического агентства «Марс-экспресс» в 2003 году. Его основная цель состояла в том, чтобы искать признаки жизни на Марсе, в прошлом или настоящем. Хотя он приземлился безопасно, он не смог правильно развернуть свои солнечные батареи и телекоммуникационную антенну^[68].

EXPOSE

EXPOSE — это многопользовательский объект, установленный в 2008 году за пределами Международной космической станции, посвящённой астробиологии. EXPOSE была разработана Европейским космическим агентством (ЕКА) для долгосрочных космических полётов, которые позволяют подвергать органические, химические вещества и биологические образцы воздействию космического пространства на низкой околоземной орбите^[69].

Научная лаборатория Марса

Миссия Научной лаборатории Марса (MSL) приземлилась на марсоходе, который в настоящее время работает на Марсе. Он был запущен 26 ноября 2011 года и приземлился в Кратере Гейл 6 августа 2012 года. Задачи миссии состоят в том, чтобы помочь оценить пригодность Марса и при этом определить, поддерживает ли или когда-либо поддерживал ли Марс жизнь, собирать данные для будущей миссии человека, изучить марсианскую геологию, её климат и далее оценивать, какую роль вода, важный ингредиент для жизни, как мы её знаем, играла в формировании минералов на Марсе^[70].

Экзомарс (марсоход)

ЕхoMars — это роботизированная миссия на Марс для поиска возможных биосигналов жизни на Марсе, прошлой или настоящей. Эта астробиологическая миссия в настоящее время разрабатывается Европейским космическим агентством (ЕКА) в партнерстве с Федеральным космическим агентством России (Роскосмос); запуск планируется в 2018 году^{[71][72][73]}.

Red Dragon

Красный Дракон — это запланированная серия недорогих миссий по приземлению на Марс, в которых будет использоваться ракета-носитель SpaceX Falcon Heavy, а также модифицированная капсула Dragon V2 для входа в атмосферу Марса и Земли с использованием ретроспектаклей. Основная миссия посадочной площадки — демонстрация технологии и поиск свидетельств о жизни на Марсе (биосигналов), в прошедшем или настоящем. Эта концепция должна была конкурировать за финансирование в 2012/2013 годах как миссия NASA Discovery. В апреле 2016 года SpaceX объявила о том, что они приступят к выполнению миссии при технической поддержке NASA, ракета Falcon Heavy будет запущена в 2018 году. Эти миссии в Марсе также станут отправными точками для гораздо большей колонизации SpaceX Mars, о которой было объявлено в сентябре 2016 года^[74].

Марс-2020

Маршрутная миссия «Марс 2020» — это концепция, разрабатываемая НАСА с возможным запуском в 2020 году. Она предназначена для исследования условий на Марсе, имеющих отношение к астробиологии, изучения её поверхностных геологических процессов и истории, включая оценку его прошлой обитаемости и потенциала для сохранения биосигналов и биомолекул в доступных геологических материалах. Команда определения науки предлагает собрать по меньшей мере 31 образец горных пород и почвы для последующей миссии, чтобы вернуться к более определённом анализу в лабораториях на Земле. Марсоход сможет провести измерения и предоставить технические данные, чтобы помочь разработчикам человеческой экспедиции понять любые опасности, создаваемые марсианской пылью, и продемонстрировать, как собирать углекислый газ (CO₂), который может быть ресурсом для получения молекулярного кислорода (O₂) и ракетного топлива^{[75][76]}.

Предлагаемые миссии

Icebreaker Life

Icebreaker Life — это миссия, которая предлагается программе NASA Discovery для запуска в 2018 году. Если она будет выбрана и будет финансироваться, стационарный посадочный аппарат станет ближайшей копией успешного 2008 года «Феникса», и он будет иметь обновлённую научно полезную нагрузку для астробиологии, в том числе 1-метровую буровую установку для отбора проб льда в северных равнинах для проведения поиска органических молекул и доказательство текущей или прошлой жизни на Марсе. Одной из ключевых целей миссии Icebreaker Life является проверка гипотезы о том, что ледяная почва в полярных регионах имеет значительную концентрацию органических веществ из-за защиты льдами от окислителей и радиации.

Путешествие к Энцелад и Титану

Путешествие к Энцеладу и Титану является концепцией орбитальной астробиологической орбиты для оценки потенциала обитаемости спутников Сатурна Энцелада и Титана^{[77][78][79]}.

Энцелад Life Finder

Enceladus Life Finder (ELF) — предлагаемая концепция астробиологической миссии для космического зонда, предназначенного для оценки обитаемости внутреннего водного океана Энцелада, шестой по величине Луны Сатурна^{[80][81]}.

Europa Clipper

Europa Clipper — это миссия, запланированная NASA для запуска в 2025 году, которая проведёт детальную разведку луны Юпитера Европы и проверит, может ли ледяная луна содержать условия, подходящие для жизни. Это также поможет в выборе будущих посадочных площадок^{[82][83]}.

Астрофизикадаги компакт объектлар. Қоронғи материя ва қоронғи энергия. Гравитацион тўлқинлар.

Режа

1. Юлдузларнинг сўниши ва компакт объектларнинг пайдо бўлиши
2. Оқ миттилар, нейтрон юлдузлар ва қора туйнуклар.
3. Материянинг янги шакллари: қоронғи модда ва қоронғи энергия.
4. Гравитацион тўлқинлар.

Таянч иборалар: *оқ миттилар, нейтрон юлдузлар, қора туйнуклар, қоронғи материя, қоронғи энергия, гравитацион тўлқинлар.*

5.1. Юлдузларнинг сўниши ва компакт объектларнинг пайдо бўлиши

Қора туйнуклар – бу фазо-вақтнинг шундай соҳасики, кучли гравитацион майдон ҳисобига у ерни хатто ёруғлик тезлигида ҳаракатланувчи зарралар, шунингдек ёруғлик квантлари ҳам тарқ эта олмайдилар. Ушбу соҳанинг чегараси ҳодисалар горизонти деб аталади, унинг ўлчами эса гравитацион радиус дейилади. Энг содда ҳолда – сферик-симметрик қора туйнуклар учун ушбу ўлчам Шварцшильд радиусига тенг. Назарий жихатдан бундай объектларнинг мавжудлиги Эйнштейн тенгламаларининг баъзи аниқ ечимлари томонидан келиб чиқади. Бундай ечимларнинг биринчиси Карл Шварцшильд томонидан 1915 йили топилган¹.

Замонавий фан бизга сўнувчи массив юлдузлар билан боғлиқ кўпгина ҳайратомус ҳодисаларни таништиради. Уларни миллион йиллар давомида сақлаб келган ёнилғисининг етарли бўлмай қолиши билан юлдуз ортиқ мувозанат ҳолатини сақлаб қола олмайди ва ўз оғирлиги таъсирида маркази томон сиқилади, яъни коллапсга учрайди. Инсон ҳаётига ўхшаб юлдузлар ҳам ўзининг яшаш циклига эга. Улар чанг булутларида туғилади, ўсади ва миллион йиллар ёруғлик сочиб парланади ва ўлади. Юлдуз ўзининг дастлабки босқичларида ҳосил бўлган водороддан, кейин босқичларда гелийдан ва ниҳоят оғир элеменлардан иборат ички ёнилғиси ҳисобига ёруғлик сочади. Ҳар бир юлдуз ўзининг марказга тортувчи гравитацияси ва унга қарама қарши йўналишлардаги ички босим кучлари билан мувозанатга эга. Бу мувозанат ёнилғи темирга айланадиган вақтгача сақланади. Гравитация босим кучларидан катталашади ва юлдуз сиқила бошлайди.

5.2. Оқ миттилар, нейтрон юлдузлар ва қора туйнуклар.

Маълумки, юлдуз энергия захираси жуда катта бўлишига қарамай бу энергия вақт ўтиши билан босқичма-босқич яроқсизлашиб боради. Юлдузлар

¹ James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

худди инсонларга ўхшаб яшайди, қарийди ва ўлади. Уларнинг яшаш вақти- пайдо бўлганидан то ядро ёнилғи ресурслари юлдуз бўлиб нур сочиб туришига етарли бўлмай қолишигача бўлган вақтдир. Бу вақт ҳар бир юлдузнинг массасига боғлиқдир. Хусусан, энг яқин юлдуз- бу 5 миллиард йиллардан бери ядро синтези жараёни ҳисобига ҳозирда ўзининг актив босқичида бўлган Қуёшдир ва унинг ёнилғи захираси яна 5 миллиард йилга етади². Қуёш ўз ёнилғисини сарфлаб тугатаётган босқичда ўзининг гравитацияси ҳисобидан Ер сайёраси ўлчамидан катта бўлмаган ўлчамгача сиқилади. Бунда у ҳосил бўлган электрон газ босими билан мувозанатлашгандан сўнг сиқилишдан тўхтаб оқ миттига айланади. Массаси Қуёш массасидан 3-5 марта катта бўлган Юлдузлар ўз умрини бошқача-нейтрон юлдузларга айланган ҳолда якунлайди, бунда гравитация шундай кучлики электронларни атом ядросига жойлаштиради. Энди ички босим кучи электрон газ босими эмас балки нейтронлар босими ҳисобига гравитация кучларини мувозанатлайди ва 10 км гача сиқилиб боради.

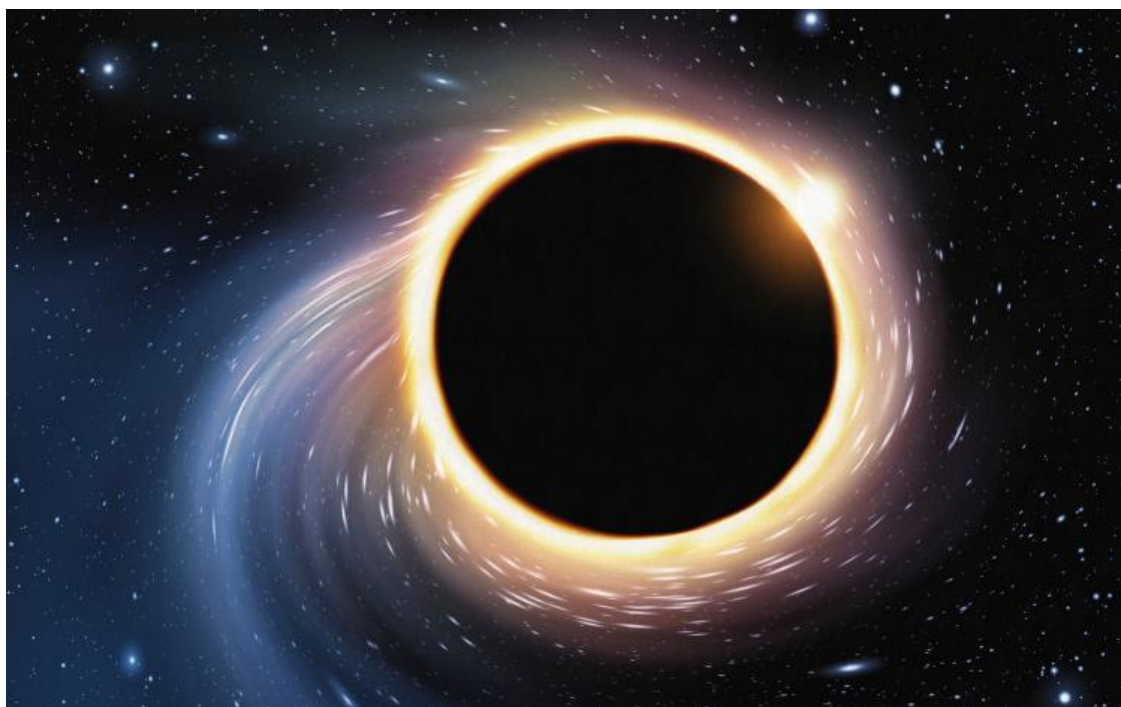
Янада оғирроқ ва кўпроқ водород ёнилғи захирасига эга бўлган юлдузлар кучли гравитация кучлари таъсири остида тез ёнади ва яшаш вақти ҳам қисқа бўлади. Массаси жиҳатдан йирик бўлган юлдузлар том маънода бир неча миллион йил давомида “ёниб туради”, майда юлдузлар эса юзлаб миллиард йиллар давомида “яшайди”. Шундай экан, бу маънода бизнинг Қуёш “мустаҳкам ўрта” ликка киради.

Назарий жиҳатдан юлдузлар дастлабки массаларига боғлиқ ҳолда уч ҳил кўринишда ҳаётини якунлайди: 1. Агар юлдуз ядросининг дастлабки массаси Чандрасекар чегараси деб аталадиган (таҳминан) 1.4 Қуёш массасидан кичик бўлса қисқа вақт қизил гигант ҳолатидан кейин оқ миттига айланади. Оқ митти ҳолида бир кеча миллион йиллар яшаб совуқ қора миттига, яъни ҳақиқий космик ўлик жисм- юлдузнинг мурдасига айланади. 2. Агар юлдузнинг

² Arnab Rai Choudhuri, *Astrophysics for Physics*, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

дастлабки массаси Чандрасекар чегарасидан ошиб Волков чегараси деб аталадиган тахминан 2-3 Қуёш массасидан катта бўлса, ядро ёнилғисининг асосий қисми камайишидан кейин электрон газнинг босими қаршилик қила олмагач гравитация кучлари таъсири остида ташқи қатлами юлдузнинг марказига тушади. Бунинг натижасида юлдуз ҳажми 100000 марта камаяди, унинг ўртача зичлиги шунча марта ортади, радиуси эса атиги 10км атрофида бўлади. Деярли шу билан биргаликда юлдузнинг устки қатлами портлаш натижасида 10 000 км/с тартибидаги катта тезлик билан ҳар томонга отилиб кетади. Бу ҳодиса марказида нейтрон юлдуз ҳосил бўлиши билан якунланувчи ўта янги юлдузнинг портлашидек кузатилади³. Бу Хитой ва Япон тарихида айтиб ўтилган 1054 йилда ҳозирда марказида нейтрон юлдуз жойлашган Краборид туманлиги ўрнида ёрқин юлдуз каби ярқираб, икки ҳафта давомида ҳаттоки кундузлари ҳам кўриниб турган. 3. Коллапсга учраётган юлдузнинг массаси кандайдир критик қийматдан катта бўлса (3 Қуёш массасидан) гравитация шунчалик катта бўладики бунга ҳеч нарса тўхтата олмайди. Гравитация кучлари юлдузни ташкил қилувчи моддаларни шундай сиқиб борадики бунда юлдуз ўлчами энг кичик ўлчамгача кичраяди.

³ Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.



1-расм. Қора туйнукларнинг расмлари.

Бу учала компакт объектлар оддий юлдузлардан иккита фундаментал белги билан фарқланади. Биринчидан, ядро ёнилғисини сарфлаб улар гравитацион коллапсга термодинамик босим ҳисобидан қаршилик кўрсатади. Оқ миттилар гравитацион коллапсга электрон газ босими билан қаршилик қилади, нейтрон юлдузлар- нейтронлар босими билан. Қора туйнуклар эса ўзининг гравитация кучларига қаршилик қила олмасдан янога бир нуқтагача сиқилиб борган. Учала компакт объектлар Коинотнинг ёши тартибидаги даврда турғун объектлар ҳисобланиди. Уларни юлдузларнинг энг охириги босқичидаги объект деб ҳисоблаш мумкин. Иккинчи фарқи- оддий ўзларининг массаси тартибидаги юлдузларнинг ўлчамларига нисбатан анча кичиклигидир⁴.

Бу учала юлдузларнинг охириги босқичидаги объектлардан энг биринчи бўлиб оқ миттилар астрономик кузатишлар натижасида топилган. Оқ митти тажрибада астрономлар бундай юлдуз қандай қилиб нур сочиб туришини тушинидан олдин топилган. 1914 йили америкалик астроном Адамс осмонимиздаги энг ёрқин юлдуз бўлган Сириуснинг йўлдоши Сириус В нинг спектрини анализ қилаётиб юқори ҳароратга - Сириус юлдузининг ҳароратига яқин ҳароратга эга ва массаси Қуёш массаси тартибида бўлса ҳам радиуси Ер радиусидан кичик деган хулосага келади⁵.

Нейтрон юлдузлари тарихи эса аксинча, 1934 йил Бааде ва Цвикки нейтрон юлдузлар —юқори зичликка, кичик радиусга ва бошқа оддий юлдузларга нисбатан кучли гравитацияга эга бўлган юлдузлар ғоясини таклиф қилади. Нейтрон юлдузлар аслида астрономлар томонидан кашф этилгунга қадар назарайётчилар томонидан бир аср олдин қалам учида кашф қилинган. Уларнинг астрономик кузатувларда топилиши бунчалик кечикишининг сабаби тез оради тўлиқ тушинарли бўлди. Агар космик жисмнинг радиуси 10км бўлса

⁴ L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.

⁵ T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.

хаттоки унгача масофа энг яқин юлдузгача (Қуёшдан ташқари) масофага (10 ёруғлик йили) тенг бўлса ҳам уни энг қудратли телескоп ёрдамида ҳам кузатиш мумкин эмас. Ва хаттоки нейтрон юлдузгача масофа мумкин қадар кичик бўлса ҳам! Бундан келиб чиқадики нейтрон юлдузларни оптик усуллар билан кузатишлар мувофақиятга учрайди.

Ва бирдан кутилмаган нарса содир бўлди: нейтрон юлдузлари топилди. Улар тамоман қидирилмаган жойдан, изламаган одамлар томонидан топилди. 1968 йил феввалида машҳур Nature илмий журнали саҳифаларида таниқли инглиз астрономи Хьюш ва унинг ҳамкасблари томонидан пулсардарнинг кашф этилишига бағишланган мақола пайдо бўлади. Астрономиянинг XX асрдаги энг буюк кашфиёти 1967 йил Кембридже Университети Маллард радиоастрономик обсерваториясида Джоселин Белл томонидан очилган тез айланувчи нейтрон юлдузлар-пульсарларнинг кашф этилиши бўлган. Бу пульсарлар радио диапазонда урганилган⁶. Уларнинг очилиши шарафига Белл, Энтони Хьюшларга 1974 йил Нобел мукофоти берилди. Ҳозиргача 2000 га яқин пульсарлар маълум, кейинчалик пульсарлар рентген диапазонидида ва кейинроқ фақат шу диапазонда кўринадиган гамма-пульсарлар ҳам аниқланди.

Юлдузни шундай радиусгача сиқиб борамизки, бунда ундан фазога ёруғлик тарқилмайди. Бу радиус Шварцшильд радиуси дейилади. Қуёш учун бу 3 км атрофида. Агар Қуёш ҳам 3 км ва ундан кичик ўлчамгача сиқилса ёруғлик нурлари Қуёш ташқарисига чиқа олмайди. Қора туйнукга айланган осмон жисмлари Коинотда йўқолиб кетмайди. У ўзи ҳақида ташқи оламга ўзининг гравитацияси ҳисобидангина маълумот бералди. Қора туйнук яқинидан ўтган ёруғликни ютади (у Шварцшильд радиусидан кичик масофаларгача яқинлашса) ва ёнидан ўтаётган нурларни сезиларли масофаларгача оғдиради.

⁶ Бочкарев Н.Г.Б Магнитные поля в космосе, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 216 с.

Ўта оғир юлдузлар оқ митти ҳам нейтрон юлдуз ҳам бўла олмайди, чунки уларнинг ички босимлари гравитацияни компенсация қилишга етарли эмас. Ҳаттоки бошқача кўринишдаги босимлар кучга кирган тақдирда ҳам гравитацион коллапс барибир қайтмас бўлиб қолаверади. Гравитация ҳал қилувчи куч бўлади, натижада юлдузнинг якуний ҳолати (ҳодисалар горизонти билан ўралган сингуляр нукта) фактгина Эйнштейннинг гравитация назарияси ёрдамида ёритилади. Шундай қилиб, қора туйнуклар Коинотдаги жумбоқли хусусиятга эга бўлган сирли объектлардан бири. Маълумки, қора туйнук фазо-вақт соҳаси дейилади, гравитация майдони шунчалик кучлики, ҳаттоки ёруғлик ҳам бу соҳани ташлаб чиқиб кета олмайди. Бу жисм ўлчами узининг гравитацион ўлчамидан кичик бўлганда содир бўлади. Гравитацион радиус Күёш учун 3км, Ер учун эса 9мм отрофида. А. Эйнштейннинг умумий нисбийлик назарияси қора туйнукларнинг ажабтовур хусусияти-қора туйнук учун муҳим бўлган ходисалар горизонти мавжудлигини кўрсатади. Қора туйнук ходисалар горизонти ичкариси ташқи кўзатувчига кўринмайди, ҳамма жараёнлар ходисалар горизонти ташқарисида содир бўлади. Шу сабабдан, ходисалар горизонтига эркин тушаётган фазогир эхтимол тамоман бошқа Коинотни ва ҳаттоки ўз келажагини ҳам кўриши мумкин. Бу шуни билдирадики, қора туйнук ичкарисида фазо ва вақт координаталари ўз ўрнини алмаштиради ва биз қора туйнук ичида (ходисалар горизонти ичкарисида) фазо бўйича эмас балки вақт бўйича саёҳат қиламиз.

Қора туйнукларнинг бундай ғайри оддий хусусияти кўпчиликка шунчвки фантастика бўлиб туйилади ва уларнинг мавжудлигига шубҳа пайдо бўлади. Аммо шуни таъкидлаш жоизки, энг янги кузатув маълумотларига кўра қора туйнуклар ҳақиқатан ҳам мавжуд. Масалан, XXI аср бўсағасида бизнинг галактикамиз марказида ўта оғир, массаси 4 миллион Күёш массасига тенг бўлган қора туйнук мавжудлиги топилди. Бу- қора туйнуклар ва уларнинг хусусиятлари изланишидаги янги босқич келди ва яқин келажакда ушбу соҳада

илмий тадқиқотлар сезиларли даражада ривожланишга эришишимизга олиб келиши керак дегани⁷.

Шу ўринда биринчи навбатда машҳур физик, астрофизика ва назарий физика соҳасида кўпгина ёрқин ишлар муаллифи, бир вақтлар Исаак Ньютон ва Поль Дираклар раҳбарлик қилган Кембридже Университети кафедраси аъзоси Стивен Хокингни таъкидлаб ўтиш жоиз. Унинг изланишларининг асосий объекти бу қора туйнуклар физикасидир. Унинг асарлари орасида “Вақтнинг қисқача тарихи” китоби энг содда тилда физиканинг қийин ва долзарб муаммоларини ҳаммага тушинарли қилиб ёзилган. Бу Хокинг ҳақида ҳаммаси эмас. У жуда оғир касал бўлиб унинг ҳозирда фақатгина иккита ўнг қўл бармоқлари ҳаракати сақлаб қолинган ва охириги 30 йил давомида гапиришдан ҳам маҳрум бўлган. У атрофидагилари билан нутқ синезатори ва компьютер ёрдамида гаплашади. Шунга қарамасдан у фоал ва доҳийона илмий изланишлар олиб бормоқда.

1974 йилда Стивен Хокинг қора туйнуклар атрофида вакуумдан зарраларнинг пайдо бўлиши кўриб чиқади. Унинг ҳисоблашлари шуни таъкидлайдики айланувчи қора туйнуклар нурланади ва бу қора туйнук айланишини секинлаштиради. Бу нурланиш спектри иссиқлик нурланишига мос келиши айтиб ўтади. Бироқ натижалар ярим классик усулда олинган, аслида гравитация майдони умумий нисбийлик назарияси тенгламалари билан, қора туйнук яқинидаги вакуум кванланган майдон назарияси билан ёритилиши керак⁸. Кўпчилик олимлар Хокинг иккита назарияни бирлаштириб хатога йўл қуйди деб ҳисоблашади. Унинг қора туйнуклар учун олдин қабул қилинган барча қонунларни бузади. Кейинроқ эса Хокинг ҳақ бўлиб чиқади ва унинг натижалари эгриланган вақт-фазодасиги кванланган майдонларнинг қонунлари

⁷ James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

⁸ T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.

кўринишида расман кобул қилинди. Шу сабабдан гравитацион, электромагнит ва бошқа турдаги нурланишларни кванланган майдонлар деб қаралади. Бошқача сўз билан айтганда тўлқинлар қанчалик квант механикаси тенгламалари билан ёритилмасин, улар ўзини бир вақтнинг ўзида ҳам тўлқин ҳам заррадек тутди.

Шунингдек, Хокинг ҳисоб китоблари қора туйнукларнинг нурланишини ҳам кўрсатади. Портлашдан ҳосил бўлган янги объект жуда кичик ҳароратга эга бўлади ($3 \cdot 10^{-8}$ К дан кичик), Қора туйнукнинг сиқилиши учун эса 10^{67} йилдан кўпроқ вақт керак бўлади. Сиқилиш натижасида унинг ҳарорати ошиб боради, нурланишлар ҳам кучаяди ва “буғланиши” тезлашади. Ниҳоят массаси бир неча миллион тоннагача камайганида ва унинг ҳодисалар горизонти радиуси атом ядроси ўлчамига тенг бўлиб, у жуда катта (юзлаб миллион К) ҳароратгача қизийди.

Хокинг ҳисолашларидан яна шуни кўриш мумкин: агар қора туйнук тўлиқ нурланиб кетса, унинг ҳолати тўғрисида маълумот узоқдаги кузатувчи учун бутунлай йўқолади. Бу классик назария доирасида тўғри. Бошқа томнданқора туйнукнинг “буғланиши” ҳисобидан йўқотилган ахборот квант механикасининг ахборот мавжудлигининг тўғрисидаги унитарлик тамойилига зид ва уни аниқлаш қийин. Фараз қилайлик, бизда иккита ўнг қизил пайпоқ ва чап кўк пайпоқ бор. Агар биз чап кўк пайпоқни қора туйнукга ташласак ва кимдир ўнг қизил пайпоқни жуфтисиз топиб олса ва у ўйлайдики чап қизил пайпоқни қора туйнукга ташлаган деб тахмин қилади яъни модомики ҳеч қандай ахборот қора туйнукдан чиқиб кетолмас экан узоқдаги кузатувчи унинг ичида нима борлигини била олмайди⁹.

Шундай қилиб, қора жисмнинг нурланиши унинг ички тузилиши тўғрисида ҳеч қандай ахборот олиб чиқмайди, демак Хокингнинг кашфиёти ҳам қора туйнукга тушиб қолган жисм ҳақида бирор нарса билишимизга ёрдам бера олмайди. Бошқа сўз билан айтганда, Хокинг такидлаётган қора туйнукнинг

⁹ L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.

нурланиши унинг ички тузилиши тўғрисида бизга маълумот бермайди. Бу Хокинг томонидан киритилган ахборотни йўқолиш парадокси дейилади. У шуни таъкидлайдики, бизнинг Коинотдан ахборот йўқолар экан бошқа жойда пайдо бўлади. Лекин, квант назариясига биноан қора жисмга ютилган ахборот тўла йўқолади¹⁰.

Хулоса ўрнида шуни такидлаш жоизки, қора туйнуклар— ўзида кўплаб синоат яшириб келаётган Коинотнинг жумбоқли объектларидир. Кўпгина бахс ва мунозаларга сабаб бўлаётган кўп сонли парадокс ва муаммоларга қарамасдан ишонч билан айтиш мумкинки ҳозирда жавобсиз қолаётган саволлар келажакда ўз жавобини топади.

5.3. Материянинг янги шакллари: қоронғи модда ва қоронғи энергия.

XXI асрда космологияда революцион кашфиётлар рўй берди. Аниқланишича Коинотдаги ўзидан электромагнит нурланиш тарқатувчи (барион моддалар) коинотнинг бор йўғи 4% игина ташкил этаркан. Коинотнинг 21% ини ҳозирда қоронғи модда деб номланувчи ва ўзини фақат гравитацион ўзаро таъсирларда намоён этувчи номаълум модда ташкил этаркан. Ушбу модда галактикалардаги юлдузларнинг галактика маркази атрофида айланиш чизиқли тезлигини тадқиқ этиш натижасида аниқланган. Қоронғи модда бўлмаган моделлар юлдузлар ҳаракати Кеплер қонунига кўра галактика марказидан узоқлашган сари уларнинг чизиқли тезлиги камайиб бориши керак бўлган. Кузатувлар эса галактикадан узоқлашган сари юлдузларнинг чизиқли тезлиги камаймай балки аста секин ортиб бориши кузатилди. Бу галактикаларда кўзга кўринмайдиган (яъни ўзидан электромагнит нурланиш тарқатмайдиган) массив модданинг мвжудлигини тасдиқлайди. Ушбу кашфиёт гравитацион линза эффекти деб номланувчи электромагнит нурларнинг гравитацион майдонда

¹⁰ Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.

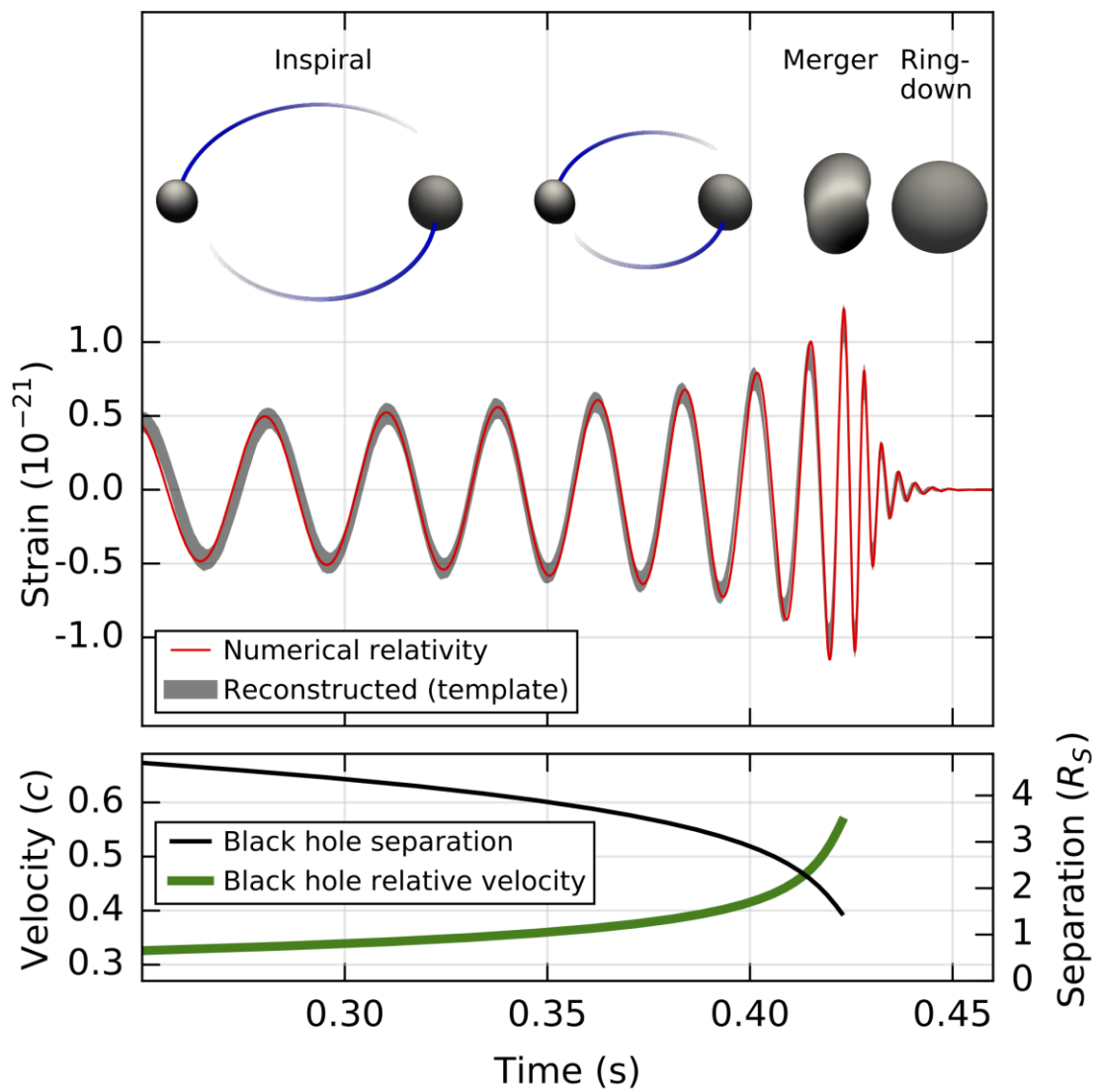
йўналишидан оғишига асосланган кузатувларда ҳам мустақил равишда ўз тасдиғини топди¹¹.

Коинотнинг асосий 75% қисми эса hozirда қоронғи энергия деб номланувчи материянинг янги шаклидан ташкил топган. Материянинг янги очилган шакли ўзининг антигравитацион таъсири билан диққатга сазовордир. Яъни ушбу қоронғи энергиянинг ҳисобига бир-биридан узоқда жойлашган галактикалар ва галактикалар тўплами ўзаро бир-биридан итаришаркан. Ушбу типдаги энергиянинг табиатда мавжудлиги узоқда жойлашган галактикаларнинг биздан узоқлашиш тезлигини аниқлаш бўйича олиб борилган кузатув ишлари натижасида аниқланди. Аниқланишича, биздан қандайдир масофада жойлашган галактикалар Хаббл қонуни бўйича аниқланадиган тезлик билан эмас балки, ундан каттароқ тезлик билан биздан узоқлашмоқда экан. Ушбу кузатувлар реликт нурларини аниқлаш бўйича ўтказилган кузатув натижалари ёрдамида ҳам тасдиқланди. Шундай қилиб, бир неча мустақил кузатув ва тажриба натижалари табиатда қоронғи энергиянинг мавжудлигини тасдиқлади.

Табиатда қоронғи модда ва қоронғи энергиянинг мавжудлигининг аниқланиши фундаментал – революцион кашфиётлар бўлиб, уларнинг табиатини ва хусусиятларини ўрганиш – замонавий астрофизиканинг hozirги пайтдаги долзарб муаммоларидан бири ҳисобланади.

5.4. Гравитацион тўлқинлар.

2016 йилнинг 11 февралида АҚШ Миллий илмий фонди (National Science Foundation – NSF) томонидан гравитацион тўлқинларнинг илк бора тажрибада қайд этилгани эълон қилинди. Ушбу кашфиёт оламшумул кашфиёт бўлиб, замонавий астрофизикада янги илмий йўналишларни очади¹².



2-расм. Иккита қора туйнукларнинг қўшилиши натижасида тарқалган гравитацион тўлқинларнинг қайд этилиши.

Гравитацион тўлқинлар мавжуд бўлиши назарий жихатдан Эйнштейн томонидан умумий нисбийлик назариясини яратганидан сўнг 1916 йилдаёқ айтилган эди. Орадан 100 йил ўтиб, гравитацион тўлқинлар кашф этилди. АҚШ даги гравитацион тўлқинларни қайд этувчи LIGO – обсерваторияси томонидан 2015 йилнинг 14 сентябрида иккита қора туйнуклар (массалари 29 ва 34 Қуёш массасига тенг бўлган) нинг бирлашиши натижасида янги битта Қора

туйнукнинг (массаси 60 Қуёш массасига тенг) пайдо бўлиши натижасида ажралиб чиққа гравитацион тўлқинларни қайд этди¹³. Гравитацион тўлқинлар табиатан кичик интенсивликка эга бўлиб, уларнинг интенсивлиги гравитацион тўлқин манбасининг массасига тўғри пропорционалдир. Қора туйнуклар массалари етарлича катта бўлганлиги туфайли улардан келаётган гравитацион тўлқиннинг интенсивлиги тажриба қурилмалари аниқлиги интервалида бўлди.

Назорат саволлари

1. Юлдузларнинг сўниши қандай юз беради?
2. Компакт объектларга қайси объектлар киради?
3. Оқ митти, нейтрон юлдуз ва қора туйнуклар бир-биридан қандай характеристикалари орқали фарқланади?
4. Қора туйнукни характерловчи асосий параметрлар.
5. Нейтрон юлдуз магнитосфераси
6. Пульсарлар – нейтрон юлдузларнинг бир кўриниши сифатида.
7. Коинотнинг тезлашиб кенгайиши ва қоронғи энергия.
8. Галактикадаги юлдузларнинг орбитал чизиқли тезликлари тақсимооти ва қоронғи модда.
9. Гравитацион тўлқинларнинг кашф этилиши.
10. Гравитацион тўлқин обсерваториялари.

Фойдаланилган адабиётлар

1. James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.
2. Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

¹³ T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.

3. Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.
4. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
5. L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.
6. Бочкарев Н.Г.б Магнитные поля в космосе, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 216 с.

Интернет маълумотлари

1. http://hea.iki.rssi.ru/HEAD_RUS/links_k.htm
2. <https://books.google.com/books?isbn=0226069710>
3. <https://books.google.com/books?isbn=0226724573>
4. [https:// nuclphys.sinp.msu.ru/](https://nuclphys.sinp.msu.ru/)

VII. ГЛОССАРИЙ

Термин	Ўзбек тилидаги шарҳи	Инглиз тилидаги шарҳи
Адронлар	Кучли ўзаро таъсирда иштирок этувчи элементар зарралар	In particle physics, a hadron is a composite particle made of quarks held together by the strong force in a similar way as the electromagnetic force holds molecules together.
Адронларнинг кварк моделлари	адронларнинг элементар ташкил этувчилар – кваркларнинг боғланган тизимидан иборат деб қаралувчи модели.	A quark is an elementary particle and a fundamental constituent of matter. Quarks combine to form composite particles called hadrons, the most stable of which are protons and neutrons, the components of atomic nuclei. Due to a phenomenon known as color

		confinement, quarks are never directly observed or found in isolation; they can be found only within hadrons, such as baryons (of which protons and neutrons are examples), and mesons.
Бозон	бутун сонли спинга эга бўлган заррача	In <u>quantum mechanics</u> , a boson is a particle that follows <u>Bose–Einstein statistics</u> . Bosons make up one of the two classes of <u>particles</u> , the other being <u>fermions</u> . The name boson was coined by <u>Paul Dirac</u> ^[4] to commemorate the contribution of the <u>Indian</u> physicist <u>Satyendra Nath Bose</u> ^{[5][6]} in developing, with Einstein, <u>Bose–Einstein statistics</u> —which theorizes the characteristics of elementary particles. Bosons are integer spin particles.
Буюк бирлашув	кучли, кучсиз ва электромагнит ўзаро таъсирларнинг ягона табиатига эга эканлиги ҳақидаги тасаввурга асосланган фундаментал физикавий ҳодисаларнинг назарий модели	Great integration of the fundamental interactions, also known as fundamental forces, are the interactions in physical systems that do not appear to be reducible to more basic interactions. There are four conventionally accepted fundamental interactions— <u>gravitational</u> , <u>electromagnetic</u> , <u>strong nuclear</u> , and <u>weak nuclear</u> . Each one is understood as the dynamics of a <i>field</i> . The gravitational force is modelled as a continuous <u>classical field</u> . The other three are each modelled as discrete <u>quantum fields</u> , and exhibit a measurable unit or <u>elementary particle</u> .
Вайнберг-Салам назарияси	электромагнит ва кучсиз ўзаро таъсирларнинг бирлашган назарияси.	Electromagnetic and weak interactions unified theory. In <u>particle physics</u> , the electroweak interaction is the <u>unified description</u> of two of the four known <u>fundamental interactions</u> of nature: <u>electromagnetism</u> and the <u>weak interaction</u> . Although these two forces appear very different at everyday low energies, the theory models them as

		two different aspects of the same force. Above the unification energy , on the order of 100 GeV , they would merge into a single electroweak force .
Галактика	юлдузлар, юлдуз туркумлари, юлдузлараро газ ва чанг, хамда қоронғи моддадан иборат гравитацион боғланган тизим	Stars, constellations, interstellar gas and dust, and dark matter to gravitationally bound system. The Milky Way is the galaxy that contains our Solar System . Its name "milky" is derived from its appearance as a dim glowing band arching across the night sky whose individual stars cannot be distinguished by the naked eye.
Гамма-Астрономия	турлича космик манбаларини уларнинг гамма диапазонидаги (тўлқин узунликлари $\lambda < 10^{-12}$ м, фотон энергияси эса $\varepsilon > 10^5$ эВ бўлган) электромагнит нурланишлари бўйича ўрганувчи астрономия бўлими.	Gamma-ray astronomy is the astronomical observation of gamma rays , ^[nb 1] the most energetic form of electromagnetic radiation , with photon energies above 100 keV . Radiation below 100 keV is classified as X-rays and is the subject of X-ray astronomy . September 02 2011 Fermi Second catalog of Gamma Ray Sources constructed over 2 years. An all sky image showing energies greater than 1 billion electron volts (1 GeV) ub. Brighter colors indicate gamma-ray sources. Gamma rays in the MeV range are generated in solar flares (and even in the Earth's atmosphere), but gamma rays in the GeV range do not originate in the Solar System and are important in the study of extrasolar, and especially extra-galactic astronomy.
Глюон	бирга тенг спинли ва нолга тенг тинчлик массали ҳамда кварклар орасидаги кучли ўзаро таъсирни ташувчи электрик нейтрал зарра.	Gluons are elementary particles that act as the exchange particles (or gauge bosons) for the strong force between quarks , analogous to the exchange of photons in the electromagnetic force between two charged particles . ^[6] In layman terms, they "glue" quarks together, forming protons and neutrons .

		In technical terms, gluons are vector gauge bosons that mediate strong interactions of quarks in quantum chromodynamics (QCD). Gluons themselves carry the color charge of the strong interaction.
Ёруғлик йили	астрономияда қўлланиладиган узунлик бирлиги; ёруғлик бир йилда босиб ўтадиган масофага тенг. (1 Ё.й. = $9,4605 \cdot 10^{15}$ м)	A light-year (or light year , abbreviation: ly) is a unit of length used informally to express astronomical distances. It is approximately 9 trillion kilometres (or about 6 trillion miles). As defined by the International Astronomical Union (IAU), a light-year is the distance that light travels in vacuum in one Julian year (365.25 days). Because it includes the word <i>year</i> , the term <i>light-year</i> is sometimes misinterpreted as a unit of time.
Кучсиз ўзаро таъсир	бир нача аттометрдан (10^{-18} м) кичик масофаларда элементар зарралар орасидаги ўзаро таъсир; бундай ўзаро таъсир хусусан атом ядроларининг бетта емирилишига олиб келади.	In particle physics , the weak interaction is the mechanism responsible for the weak force or weak nuclear force , one of the four known fundamental interactions of nature, alongside the strong interaction , electromagnetism , and gravitation . The weak interaction is responsible for the radioactive decay of subatomic particles , and it plays an essential role in nuclear fission . The theory of the weak interaction is sometimes called quantum flavordynamics (QFD), in analogy with the terms QCD and QED , but the term is rarely used because the weak force is best understood in terms of electro-weak theory (EWT).
Квазар	узоқлашган галлактиканинг фаол ўзагидан иборат бўлган қудратли космик электромагнит нурланиш манбаи.	Quasars or quasi-stellar radio sources are the most energetic and distant members of a class of objects called active galactic nuclei (AGN). Quasars are extremely luminous and were first identified as being high redshift sources

		of electromagnetic energy , including radio waves and visible light , that appeared to be similar to stars , rather than extended sources similar to galaxies . Their spectra contain very broad emission lines , unlike any known from stars, hence the name "quasi-stellar."
Кварклар	ҳозирга тасаввурга кўра барча адронларнинг таркибий қисмларини ташкил қилувчи фундаментал заррачалар.	A quark (/'kwɔ:rk/ or /'kwɑ:rk/) is an elementary particle and a fundamental constituent of matter . Quarks combine to form composite particles called hadrons , the most stable of which are protons and neutrons , the components of atomic nuclei . ^[1] Due to a phenomenon known as color confinement , quarks are never directly observed or found in isolation; they can be found only within hadrons, such as baryons (of which protons and neutrons are examples), and mesons . For this reason, much of what is known about quarks has been drawn from observations of the hadrons themselves.
Коинот	моддий дунёнинг кузатиш мумкин бўлган қисми.	part of the material world that can be observed. The Universe is all of time and space and its contents. The Universe includes planets , natural satellites , minor planets , stars , galaxies , the contents of intergalactic space , the smallest subatomic particles , and all matter and energy . The observable universe is about 28 billion parsecs (91 billion light-years) in diameter at the present time . The size of the whole Universe is not known and may be either finite or infinite.
Коллайдер	зарядланган зарраларнинг қарама – қарши дасталарининг учрашуви юз берадиган	A collider is a type of particle accelerator involving directed beams of particles . Colliders may either be ring accelerators or linear accelerators , and may collide a single beam of particles

	тезлатгич.	against a stationary target or two beams head-on. Colliders are used as a research tool in particle physics by accelerating particles to very high kinetic energy and letting them impact other particles. Analysis of the byproducts of these collisions gives scientists good evidence of the structure of the subatomic world and the laws of nature governing it. These may become apparent only at high energies and for tiny periods of time, and therefore may be hard or impossible to study in other ways.
Космик радионурланиш	космик объектларнинг радиотўлқинлар соҳасида электромагнит нурланиши.	Space objects in the field of radio electromagnetic radiation. Radio waves are a type of electromagnetic radiation with wavelengths in the electromagnetic spectrum longer than infrared light. Radio waves have frequencies from 3 THz to as low as 3 kHz , and corresponding wavelengths ranging from 100 micrometers (0.0039 in) to 100 kilometers (62 mi). Like all other electromagnetic waves, they travel at the speed of light . Naturally occurring radio waves are made by lightning , or by astronomical objects .
Кучли ўзаро таъсир	бир нечта фемтометрдан (10^{-15} м) кичик масофаларда адронлар орасидаги ўзаро таъсир. Хусусан, атом ядроларидаги нуклонларнинг ўзаро боғланишини таъминлайди.	In particle physics , the strong interaction is the mechanism responsible for the strong nuclear force (also called the strong force , nuclear strong force), one of the four known fundamental interactions of nature, the others being electromagnetism , the weak interaction and gravitation . Despite only operating at a distance of a femtometer , it is the strongest force, being approximately 100 times stronger than electromagnetism, a million times stronger than weak interaction and 10^{38}

		times stronger than gravitation at that range.
Лептонлар	кучли ўзаро таъсирда иштирок этмайдиган элементар зарраларнинг умумий номи.	A lepton is an elementary , half-integer spin (spin $\frac{1}{2}$) particle that does not undergo strong interactions . ^[1] Two main classes of leptons exist: charged leptons (also known as the electron-like leptons), and neutral leptons (better known as neutrinos). Charged leptons can combine with other particles to form various composite particles such as atoms and positronium , while neutrinos rarely interact with anything, and are consequently rarely observed. The best known of all leptons is the electron .
Майдон назарияси	ягона элементар зарралар хоссалари ва ўзаро таъсирларининг барча хилма – хиллигини унча кам сонли универсал тамойилларга келтиришга қаратилган материянинг ягона назарияси.	In physics , a unified field theory (UFT), occasionally referred to as a uniform field theory , ^[1] is a type of field theory that allows all that is usually thought of as fundamental forces and elementary particles to be written in terms of a single field . There is no accepted unified field theory, and thus it remains an open line of research. The term was coined by Einstein , who attempted to unify the general theory of relativity with electromagnetism . The " theory of everything " and Grand Unified Theory are closely related to unified field theory, but differ by not requiring the basis of nature to be fields, and often by attempting to explain physical constants of nature .
Мюонлар	массаси электрон массасидан тақрибан 207 марта катта ва электромагнит ҳамда кучсиз ўзаро таъсирларда иштирок этувчи зарядланган	The muon is an elementary particle similar to the electron , with electric charge of $-1 e$ and a spin of $\frac{1}{2}$, but with a much greater mass. It is classified as a lepton . As is the case with other leptons, the muon is not believed to have any sub-structure—that is, it is not thought to be composed of any simpler particles.

	элементар зарралар.	The muon is an unstable subatomic particle with a mean lifetime of 2.2 μ s. Among all known unstable subatomic particles , only the neutron (lasting around 15 minutes) and some atomic nuclei have a longer decay lifetime; others decay significantly faster.
Нейтрон юлдузлар	юлдузларнинг ички тузилиши назариясига кўра озгина электронлар аралашган нейтронлардан ўта оғир атом ядролари ва протонлардан ташкил топган энг зич юлдузлар.	A neutron star is a type of compact star . Neutron stars are the smallest and densest stars known to exist in the Universe . With a radius of only about 11–11.5 km (7 miles), they can, however, have a mass of about twice that of the Sun. They can result from the gravitational collapse of a massive star that produces a supernova . Neutron stars are composed almost entirely of neutrons , which are subatomic particles with no net electrical charge and with slightly larger mass than protons . They are supported against further collapse by quantum degeneracy pressure due to the phenomenon described by the Pauli exclusion principle .
Нуклеосинтез	енгилроқ ядролардан оғирроқ ядролар ҳосил бўлишига олиб келувчи ядровий реакциялар занжири.	Nucleosynthesis is the process that creates new atomic nuclei from pre-existing nucleons , primarily protons and neutrons. The first nuclei were formed about three minutes after the Big Bang , through the process called Big Bang nucleosynthesis . It was then that hydrogen and helium formed to become the content of the first stars , and this primeval process is responsible for the present hydrogen/helium ratio of the cosmos. With the formation of stars, heavier nuclei were created from hydrogen and helium by stellar nucleosynthesis , a process that continues today.
Оқ миттилар	массалари Қуёш	A white dwarf , also called a

	массаси таркибида бўлган ва радиуслари Қуёш радиусининг $\sim 0,01$ ҳиссасини ташкил қилувчи кичик юлдузлар.	degenerate dwarf, is a stellar remnant composed mostly of electron-degenerate matter. A white dwarf is very dense: its mass is comparable to that of the Sun, while its volume is comparable to that of Earth. A white dwarf's faint luminosity comes from the emission of stored thermal energy; no fusion takes place in a white dwarf wherein mass is converted to energy. The nearest known white dwarf is Sirius B, at 8.6 light years, the smaller component of the Sirius binary star. There are currently thought to be eight white dwarfs among the hundred star systems nearest the Sun.[[] The unusual faintness of white dwarfs was first recognized in 1910. The name <i>white dwarf</i> was coined by Willem Luyten in 1922. The universe has not been alive long enough to experience a white dwarf releasing all of its energy as it will take close to a trillion years.
Парсек	астрономияда ишлатиладиган узунлик бирлиги; $1\text{пк}=3,0857 \cdot 10^{16}\text{м.}$	A parsec (symbol: pc) is a unit of length used to measure large distances to objects outside the Solar System. One parsec is the distance at which one astronomical unit subtends an angle of one arcsecond.^[1] A parsec is equal to about 3.26 light-years (31 trillion kilometres or 19 trillion miles) in length. The nearest star, Proxima Centauri, is about 1.3 parsecs (4.24 light-years) from the Sun. Most of the stars visible to the unaided eye in the nighttime sky are within 500 parsecs of the Sun.
Позитрон	катталиги жиҳатдан электрон зарядига тенг мусбат зарядли, массаси электрон массасига тенг бўлган элементар зарра, электронга нисбатан антизарра.	The positron or antielectron is the antiparticle or the antimatter counterpart of the electron. The positron has an electric charge of +1 <i>e</i>, a spin of ½, and has the same mass as an electron. When a low-energy positron collides with a low-energy electron, annihilation occurs, resulting in the production of two or more gamma ray photons (see electron–positron annihilation). Positrons may be

		generated by positron emission radioactive decay (through weak interactions), or by pair production from a sufficiently energetic photon which is interacting with an atom in a material.
Фермион	ярим бутун спинга эга бўлган заррача.	In particle physics , a fermion (a name coined by Paul Dirac from the surname of Enrico Fermi) is any particle characterized by Fermi–Dirac statistics . These particles obey the Pauli exclusion principle . Fermions include all quarks and leptons , as well as any composite particle made of an odd number of these, such as all baryons and many atoms and nuclei . Fermions differ from bosons , which obey Bose–Einstein statistics . A fermion can be an elementary particle , such as the electron , or it can be a composite particle , such as the proton . According to the spin-statistics theorem in any reasonable relativistic quantum field theory , particles with integer spin are bosons , while particles with half-integer spin are fermions.
Хаббл доимийси	кўринувчи Коинотнинг космологик кенгайиши туфайли галлактикадан ташқари объектларнинг узоқлашиши тезликлари билан уларгача бўлган масофалар орасидаги боғланишлардаги мутаносиблик коэффиценти.	The value of the Hubble constant is estimated by measuring the redshift of distant galaxies and then determining the distances to the same galaxies (by some other method than Hubble's law). Uncertainties in the physical assumptions used to determine these distances have caused varying estimates of the Hubble constant. The value of the Hubble constant was the topic of a long and rather bitter controversy between Gérard de Vaucouleurs , who claimed the value was around 100, and Allan Sandage , who claimed the value was near 50. In 1996, a debate moderated by John Bahcall between Sidney van den Bergh and Gustav Tammann was held in

		similar fashion to the earlier Shapley-Curtis debate over these two competing values.
Юлдуз туркумлари	бирдай ёшдаги ва биргаликда вужудга келган гравтацион боғланган юлдузлар гуруҳлари.	Star clusters or star clouds are groups of stars . Two types of star clusters can be distinguished: globular clusters are tight groups of hundreds or thousands of very old stars which are gravitationally bound, while open clusters , more loosely clustered groups of stars, generally contain fewer than a few hundred members, and are often very young. Open clusters become disrupted over time by the gravitational influence of giant molecular clouds as they move through the galaxy , but cluster members will continue to move in broadly the same direction through space even though they are no longer gravitationally bound; they are then known as a stellar association , sometimes also referred to as a <i>moving group</i> .
Юлдузлар	гравитация кучларининг иссиқ модда (газ) нинг босими ҳамда нурланишлар билан мувозанати хисобига барқарор бўлган улкан нурланувчи плазмавий шарлар.	A star is a luminous sphere of plasma held together by its own gravity . The nearest star to Earth is the Sun . Other stars are visible to the naked eye from Earth during the night, appearing as a multitude of fixed luminous points in the sky due to their immense distance from Earth. Historically, the most prominent stars were grouped into constellations and asterisms , the brightest of which gained proper names. Extensive catalogues of stars have been assembled by astronomers, which provide standardized star designations . For at least a portion of its life, a star shines due to thermonuclear fusion of hydrogen into helium in its core, releasing energy that traverses the star's interior and then radiates into outer space .
Ядровий астрофизика	юлдузлар ва бошқа самовий объектларда содир бўлувчи барча ядровий жараёнларни	Nuclear astrophysics is an interdisciplinary branch of physics involving close collaboration among researchers in various subfields of

	тадқиқ қилувчи фан.	nuclear physics and astrophysics , with significant emphasis in areas such as stellar modeling , measurement and theoretical estimation of nuclear reaction rates, cosmology , cosmochemistry , gamma ray , optical and X-ray astronomy , and extending our knowledge about nuclear lifetimes and masses. In general terms, nuclear astrophysics aims to understand the origin of the chemical elements and the energy generation in stars .
Қора туйнук	гравитация кучлари жисмни унинг гравитациявий радиусидан кичикроқ ўлчамларгача сиқилиши натижасида юзага келувчи космик объект.	A black hole is a region of spacetime exhibiting such strong gravitational effects that nothing—including particles and electromagnetic radiation such as light—can escape from inside it. The theory of general relativity predicts that a sufficiently compact mass can deform spacetime to form a black hole. The boundary of the region from which no escape is possible is called the event horizon .