

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

**OLIV TA‘LIM TIZIMI PEDAGOG VA RAHBAR KADRLARINI QAYTA  
TAYYORLASH VA ULARNING MALAKASINI OSHIRISHNI TASHKIL  
ETISH BOSH ILMIY - METODIK MARKAZI**

**O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI HUZURIDAGI PEDAGOG  
KADRLARNI QAYTA TAYYORLASH VA ULARNING MALAKASINI  
OSHIRISH TARMOQ (MINTAKAVIY) MARKAZI**



**“KOSMOGONIYA MUAMMOLARI”  
moduli bo‘yicha**

**O‘QUV–USLUBIY MAJMU‘A**

Toshkent – 2022

**Modulning ishchi o‘quv dasturi O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligining 2020 yil 7-dekabrda 648-sonli buyrug‘i bilan tasdiqlangan namunaviy o‘quv reja va dasturlar asosida ishlab chiqilgan.**

**Tuzuvchi:**

O‘zMU professori, Astrofizik  
tadqiqotlar laboratoriyasi  
mudiri **S. N. Nuritdinov**

**Taqrizchi:**

**S.P. Ilyasov** (f.-m.f.d., O‘zR FA  
Astronomiya instituti)  
**Katsuxiro Nakamuro,**  
O‘zMUning fizika fakulteti  
hamda Osaka shaxar  
universitetining nafaqadagi  
professori (**Yaponiya**)

**O‘quv - uslubiy majmua Bosh ilmiy-metodik markaz Ilmiy metodik  
Kengashining qarori bilan nashrga tavsiya qilingan  
(2021 yil “30” dekabrda 5/4-sonli bayonnoma)**

## MUNDARIJA

<b>I. ISHCHI DASTUR .....</b>	<b>4</b>
<b>II. MODULNI O‘QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTERFAOL TA‘LIM METODLARI.....</b>	<b>10</b>
<b>III. NAZARIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI .....</b>	<b>14</b>
<b>IV. AMALIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI.....</b>	<b>84</b>
<b>V. KEYSLAR BANKI .....</b>	<b>85</b>
<b>VI. MUSTAQIL TA‘LIM MAVZULARI.....</b>	<b>87</b>
<b>VII. GLOSSARIY .....</b>	<b>88</b>
<b>VIII. ADABIYOTLAR RO‘YXATI .....</b>	<b>100</b>

## I. ISHCHI DASTUR

Mazkur dastur rivojlangan xorijiy davlatlarning oliy ta'lim sohasida erishgan yutuqlari hamda orttirgan tajribalari asosida "Astronomiya" qayta tayyorlash va malaka oshirish yo'nalishi uchun tayyorlangan namunaviy o'quv reja hamda dastur mazmunidan kelib chiqqan holda tuzilgan bo'lib, u zamonaviy talablar asosida qayta tayyorlash va malaka oshirish jarayonlarining mazmunini takomillashtirish hamda oliy ta'lim muassasalari pedagog kadrlarining kasbiy kompetentligini muntazam oshirib borishni maqsad qiladi.

Jamiyat taraqqiyoti nafaqat mamlakat iqtisodiy salohiyatining yuksakligi bilan, balki bu salohiyat har bir insonning kamol topishi va uyg'un rivojlanishiga qanchalik yo'naltirilganligi, innovatsiyalarning tadbiiq etilganligi bilan ham o'lchanadi. Demak, ta'lim tizimi samaradorligini oshirish, pedagoglarni zamonaviy bilim hamda amaliy ko'nikma va malakalar bilan qurollantirish, chet el ilg'or tajribalarini o'rganish va ta'lim amaliyotiga tadbiiq etish bugungi kunning dolzarb vazifasidir. "Kosmogoniya muammolari" moduli aynan mana shu yo'nalishdagi masalalarni hal etishga qaratilgan.

« Kosmogoniya muammolari » kursining maqsadi tinglovchilarni hozirda mavjud bo'lgan zamonaviy yangiliklar, so'nggi xorijiy adabiyotlar bilan tanishtirish va ana shu yangiliklardan mahorat bilan foydalanish malakasini shakllantirishdir.

### **Modulning maqsadi va vazifalari**

"Kosmogoniya muammolari" **modulining maqsadi:** pedagog kadrlarni qayta tayyorlash va malakasini oshirish kursi tinglovchilarini Kosmogoniya muammolari xamda astrofizika sohasidagi so'nggi yangiliklar, zamonaviy eksperimental texnologiyalar va xorijiy adabiyotlar haqidagi bilimlarini takomillashtirish, bu boradagi muammolarni aniqlash, tahlil etish va baholash. Shuningdek ularda ilg'or tajribalarni o'rganish va amalda qo'llash ko'nikma va malakalarini shakllantirish.

#### **"Kosmogoniya muammolari" modulining vazifalari:**

- Tinglovchilarga ta'lim-tarbiya masalalari bo'yicha ilg'or ta'lim texnologiyalarining konseptual asoslari, kelib chiqish tarixi to'g'risida ma'lumotlar berish, zamonaviy modulli texnologiyalardan foydalanib tinglovchilarni mazkur yo'nalishda malakasini oshirishga ko'maklashish;

- Ta'lim-tarbiya jarayonida modulli yangiliklarni qo'llashning afzalliklarini yoritish va tinglovchilarda ulardan foydalanish mahoratini shakllantirish;

- Yuksak malakali mutaxassis kadrlar tayyorlash borasidagi islohotlarni amalga oshirish jarayonida ilg'or tajribasini o'rganish va ulardan samarali foydalanish mahoratini oshirish.

### **Modul bo'yicha tinglovchilarning bilimi, ko'nikmasi, malakasi va kompetensiyalariga qo'yiladigan talablar**

"Kosmogoniya muammolari" modulini o'zlashtirish jarayonida amalga

oshiriladigan masalalar doirasida:

**Tinglovchi:**

- Kosmogoniya muammolari xamda astrofizikadagi asosiy yangiliklar va zamonaviy adabiyotlar;

- so‘nggi yillardagi aniqlangan qonuniyatlar, kashfiyotlar va tamoyillar;

- xozirgi zamon eksperiment va kuzatuvlardan samarali foydalanish *haqida bilimlarga ega bo‘lishi;*

**Tinglovchi:**

- pedagogik faoliyat jarayonini modullashtirish;

- nazorat jarayonini tez va samarali o‘tkaza olish;

- nazoratning turli shakllaridan samarali foydalanish;

- interaktiv metodlarni maqsadli ravishda to‘g‘ri tanlash va foydalanish *ko‘nikmalarini egallashi;*

**Tinglovchi:**

- o‘quv kursining modulini tuzish;

- kosmogoniya muammolari modulini strukturalashtirish;

- talabalarning mustaqil amaliy faoliyatini tashkil etish;

- talabalar bilimining nazoratini tashkil etish va erishilgan natijalarini tahlil etish;

- interaktiv metodlardan foydalanish

*malakalarini egallashi;*

**Tinglovchi:**

- o‘z sohasiga oid axborotni mantiqiy bloklarga ajratish va aniq, ravon xamda tushunarli ravishda bayon etish;

- modulli yondashuv asosida o‘quv jarayonini tashkil etish;

- tajriba texnologiyalariga yondashuv asosida ta‘lim va tarbiya jarayonini boshqarish;

- kommunikativlikni va mustaqil faoliyatni tashkil etish yuzasidan

*kompetensiyalarni egallashi lozim.*

**Modulni tashkil etish va o‘tkazish bo‘yicha tavsiyalar**

“Kosmogoniya muammolari” moduli ma‘ruza, amaliy va ko‘chma mashg‘ulotlar shaklida olib boriladi.

Kursni o‘qitish jarayonida ta‘limning zamonaviy metodlari, axborot-kommunikatsiya texnologiyalari qo‘llanilishi nazarda tutilgan:

- ma‘ruza darslarida zamonaviy kompyuter texnologiyalari yordamida prezentatsion va elektron-didaktik texnologiyalardan foydalanish;

- o‘tkaziladigan amaliy mashg‘ulotlarda texnik vositalardan, ekspress-so‘rovlar, test so‘rovlari, aqliy hujum, guruhli fikrlash, kichik guruhlar bilan ishlash, va boshqa interaktiv ta‘lim usullarini qo‘llash;

- ko‘chma mashg‘ulotlarda zamonaviy ilmiy tajriba qurilmalari va kuzatuv asboblari bilan bevosita tanishish

*nazarda tutiladi.*

## Modulning o‘quv rejadagi boshqa modullar bilan bog‘liqligi va uzviyligi

“Kosmogoniya muammolari” moduli o‘quv rejadagi birinchi blok va mutaxassislik fanlarining barcha sohalari bilan o‘zviy bog‘langan holda pedagog xodimlarning umumiy tayyorgarlik darajasini oshirishga xizmat qiladi.

### Modulning oliy ta‘limdagi o‘rni

Modulni o‘zlashtirish orqali tinglovchilarning ta‘lim jarayonini tashkil etishda texnologik yondashuv asoslarini va bu boradagi ilg‘or tajribani o‘rganadilar, ularni tahlil etish, amalda qo‘llash va baholashga doir kasbiy kompetentlikka ega bo‘ladilar.

### Modul bo‘yicha soatlar taqsimoti

№	Modul mavzulari	Tinglovchining o‘quv yuklamasi, soat					
		Umumiy soat	Jami auditoriya soati	Auditoriya o‘quv yuklamasi			Mustaqil ta‘lim
				Jumladan			
				Nazariy	Amaliy	Ko‘chma mashg‘ulot	
1.	Kosmogoniya muammolari fanining maqsad – vazifalari va yutuqlari	4	4	2	2	-	-
2.	Gravitatsion beqarorlik fizikasi	4	4	2	2	-	-
3.	Quyosh sistemasining 0,5 parsekgacha ichki tuzilishi va kosmogoniyasi.	6	6	2	2	2	-
4.	Yulduzlarning tug‘ilish sohalari va ular indikatorlari.	6	4	2	2		2
5.	Galaktikalar kosmogoniyasi.	10	8	2	4	2	2
	<b>Jami: 30 soat</b>	<b>30</b>	<b>26</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

## **NAZARIY MASHG‘ULOTLAR MAZMUNI**

### **1-Mavzu: *Kosmogoniya muammolari fanining maqsad – vazifalari va yutuqlari.***

Kosmogoniya muammolari fanining maqsad-vazifalari, asosiy mazmunini yoritish, ushbu fanning astronomiya yunalishining boshqa fanlari bilan bog‘liqligini tushuntirish. Kosmogoniya muammolari fanining yutuqlarini yoritib berish. Kosmogoniya obyektlari.

### **2-Mavzu: *Gravitatsion beqarorlik va uning fizikasi***

Beqarorlik turlari. Beqarorlik tadqiqot usullari. Gravitatsion beqarorlik fizikasidagi ilk qadamlar. Sistemaning turli zarralari orasidagi gravitatsion ta’sir, o‘zgravitatsiya, sistema bo‘ylab massa taqsimoti, gravitatsion beqarorlikni yuzaga keltiruvchi hamda unga qarshilik ko‘rsatuvchi faktorlar, uning fizik xossalari, turlari, tadqiqot usullari o‘rganiladi.

### **3-Mavzu: *Quyosh sistemasining 0,5 parsekgacha ichki tuzilishi va kosmogoniyasi***

Quyosh sistemi tarkibiga kiruvchi obyektlar, ularning kelib chiqishi, shakllanish bosqichlari, evolyusiyasini ifodalovchi nazariyalarning kuzatuv ma’lumotlari bilan qanchalik mos kelishi. Ekzosayyoralar. Kuzatilayotgan boshqa yulduzlar atrofidagi sayyoralar sistemi, ularning fizikasi, Quyosh sistemi bilan mos jihatlari va farqlari hamda ulardagi hayot muammosi.

### **4-Mavzu: *Yulduzlarning tug‘ilish sohalari va ular indikatorlari***

Yulduzlar tug‘ilishi. Yulduzlararo muhit tashkil etuvchilari, ularning kelib chiqishi, fizik holati va ularda kechayotgan jarayonlar o‘rganilib, molekulyar bulutlar hamda gaz – chang tumanliklarida davom etayotgan yulduzlar tug‘ilish sohalari va ushbu yo‘nalishda olib borilayotgan kuzatuv ma’lumotlari bilan tanishiladi. Yulduzlar tug‘ilishi davomida sodir bo‘ladigan jarayonlarning kechishi, molekulyar bulutdan protoyulduz holatiga o‘tish va termayadro reaksiyasining boshlanishi ko‘rib chiqiladi.

### **5-Mavzu: *Galaktikalar kosmogoniyasi***

Galaktikamiz kosmogoniyasi. Galaktikalar sinflari. Elliptik galaktikalar kosmogoniyasi. Spiral galaktikalar kosmogoniyasi. Kvazarlar tuzilishi va kosmogoniyasi.

## **AMALIY MASHG‘ULOTLAR MAZMUNI**

## **1-Amaliy mashg'ulot: Kosmogoniya muammolari fanining maqsad – vazifalari va yutuqlari**

Koinotni katta portlash natijasida yaratilishi, inflyatsiya jarayoni, Xabbl doimiysini xisoblash bo'yicha masalalar yechish.

## **2-Amaliy mashg'ulot: Gravitatsion beqarorlik va uning fizikasi**

Koinotda yulduzlarning paydo bo'lishi va evolyusiyasi. Yulduzlarning aylanish burchak momenti, inersiya momenti, massasi, ulargacha bo'lgan masofa va boshqa turli fizik kattaliklarini baxolash.

## **3-Amaliy mashg'ulot: Quyosh sistemasining 0,5 parsekgacha ichki tuzilishi va kosmogoniyasi**

Eksperiment va kuzatishlarga mo'ljallangan uskunalar. Teleskoplar, Xabbl va Chandra teleskopi. Maydanak teleskopi va uning yordamida yechiladigan vazifalar.

## **4-Amaliy mashg'ulot: Yulduzlarning tug'ilish sohalari va ular indikatorlari**

Qora tuynuklar gravitatsion radiusini aniqlash bo'yicha masalalar yechish. GW150914 obyektining gravitatsion to'lqinlar orqali ilk bor qayd etilishi.

## **5-Amaliy mashg'ulot: Galaktikalar va ularning evolyusiyasi.**

Galaktikalar massalarini va o'rtacha zichliklarini baxolash bo'yicha masalalarni yechish.

### **KO'CHMA MASHG'ULOT**

Ko'chma mashg'ulotlar modullarning xususiyatlarini inobatga olgan xolda quyidagi shakllarda tashkil etiladi:

- O'zbekiston Milliy universitetining qoshidagi Amaliy fizika instituti ilmiy-laboratoriya xonalarida;

- O'zRFA Astronomiya instituti va boshqa markazlar bilan tuzilgan shartnomalari asosida tashkil etiladi hamda o'rnatilgan tartibda rasmiylashtiriladi.

### **MUSTAQIL TA'LIM**

#### **Mustaqil ishni tashkil etishning shakli va mazmuni**

Tinglovchi mustaqil ishni muayyan modulning xususiyatlarini hisobga olgan



holda quyidagi shakllardan foydalanib tayyorlashi tavsiya etiladi:

- o'quv va ilmiy adabiyotlardan foydalanish asosida modul mavzulari bilan tanishish va o'rganish;

- tarqatma materiallar bo'yicha ma'ruzalar qismini o'zlashtirish;
- amaliy mashg'ulotlarda berilgan topshiriqlarni bajarish;
- avtomatlashtirilgan o'rgatuvchi va nazorat qiluvchi dasturlar bilan ishlash;
- maxsus adabiyotlar bo'yicha modul bo'limlari va mavzulari ustida ishlash.

### O'QITISH SHAKLLARI

Mazkur modul bo'yicha quyidagi o'qitish shakllaridan foydalaniladi:

- ma'ruzalar, amaliy mashg'ulotlar (yuqori energiyalar fizikasi va astrofizikaning zamonaviy holati asoslarini o'zlashtirish, bu sohadagi bilimlarni amaliy qo'llash malakasini egallash, yuqori energiyalar fizikasi va astrofizikaning o'rni anglash, o'zlashtirilgan bilimlarni uzluksiz ravishda sinab va mustahkamlab borish);

- amaliy tajribalar va ularni muhokamalari (yuqori energiyalar fizikasi va astrofizikaning zamonaviy holatiga oid amaliy tajribalar o'tkazish, natijalarni muhokama etish, nazariy va amaliy bilimlarni o'quv va ilmiy tadqiqotlarda qo'llay olish malakasini egallash);

- o'zlashtirilgan bilimlarni tahlil etish va mustahkamlash (ma'ruzalar va amaliy mashg'ulotlar bo'yicha o'zlashtirilgan bilimlarni yuqori energiyalar fizikasi va astrofizikaning zamonaviy holati nuqtai nazaridan tahlil qilish, zarur hollarda qo'shimcha adabiyotlar materiallari bilan boyitish, chuqurlashtirish va yanada mukamallashtirib borish ko'nikmasini egallash).

### BAHOLASH MEZONI

№	O'quv-topshiriq turlari	Maksimal ball	Baholash mezon		
		0.9	"a'lo"	"yaxshi"	"o'rta"
1.	O'quv-loyiha ishlarini bajarish	0.9	0.77-0.9	0.64-0.76	0.49-0.63

# I. MODULNI O‘QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTERFAOL TA’LIM METODLARI.

## “SWOT-tahlil” metodi.

**Metodning maqsadi:** mavjud nazariy bilimlar va amaliy tajribalarni tahlil qilish, taqqoslash orqali muammoni hal etish yo‘llarni topishga, bilimlarni mustahkamlash, takrorlash, baholashga, mustaqil, tanqidiy fikrlashni, nostandart tafakkurni shakllantirishga xizmat qiladi.

<b>S – (strength)</b>	• кучли томонлари
<b>W – (weakness)</b>	• заиф, кучсиз томонлари
<b>O – (opportunity)</b>	• имкониятлари
<b>T – (threat)</b>	• тўсиқлар

**Namuna:** Koinotni katta portlash natijasida yaratilishi, inflyatsiya jarayoni.

Fundamental o‘zaro ta’sirlar SWOT tahlilini ushbu jadvalga tushiring.

<b>S</b>	Koinotni katta portlash natijasida yaratilishi, inflyatsiya jarayoni. Fundamental o‘zaro ta’sirlar foydalanishning kuchli tomonlari	Ushbu nazariya yordamida koinotning rivojlanishini 4 ta fundamental o‘zaro ta’sir kuchlari yordamida tushuntiriladi.
<b>W</b>	Koinotni katta portlash natijasida yaratilishi, inflyatsiya jarayoni. Fundamental o‘zaro ta’sirlar foydalanishning kuchsiz tomonlari	Xozirigi paytda eksperimentda tekshirish imkoniyati yo‘q.
<b>O</b>	Koinotni katta portlash natijasida yaratilishi, inflyatsiya jarayoni. Fundamental o‘zaro ta’sirlar foydalanishning imkoniyatlari (ichki)	Fizikaning qonunlarini o‘zaro bog‘liqligini ko‘rsatadi.
<b>T</b>	To‘siqlar (tashqi)	Nazariyaning matematik apparati murakkab.

## “Assesment” metodi

**Metodning maqsadi:** mazkur metod ta’lim oluvchilarning bilim darajasini baholash, nazorat qilish, o‘zlashtirish ko‘rsatkichi va amaliy ko‘nikmalarini

tekshirishga yo'naltirilgan. Mazkur texnika orqali ta'lim oluvchilarning bilish faoliyati turli yo'nalishlar (test, amaliy ko'nikmalar, muammoli vaziyatlar mashqi, qiyosiy tahlil, simptomlarni aniqlash) bo'yicha tashhis qilinadi va baholanadi.

**Metodni amalga oshirish tartibi:**

“Assesment” lardan ma'ruza mashg'ulotlarida talabalarning yoki qatnashchilarning mavjud bilim darajasini o'rganishda, yangi ma'lumotlarni bayon qilishda, seminar, amaliy mashg'ulotlarda esa mavzu yoki ma'lumotlarni o'zlashtirish darajasini baholash, shuningdek, o'z-o'zini baholash maqsadida individual shaklda foydalanish tavsiya etiladi. Shuningdek, o'qituvchining ijodiy yondashuvi hamda o'quv maqsadlaridan kelib chiqib, assesmentga qo'shimcha topshiriqlarni kiritish mumkin.

**Namuna.** Har bir katakdagi to'g'ri javob 5 ball yoki 1-5 balgacha baholanishi mumkin.



**Tecr**

1. Kuchsiz o'zaro tasirni tashuvchi zarralarni ko'rsating.

- A. W-bozon
- B. foton
- C. glyuon



**Qiyosiy tahlil**

Fundamental o'zaro tasir kuchlarini taqqoslang



**Tshuncha tahlili**

• W –bozon tshunchasini izohlang...



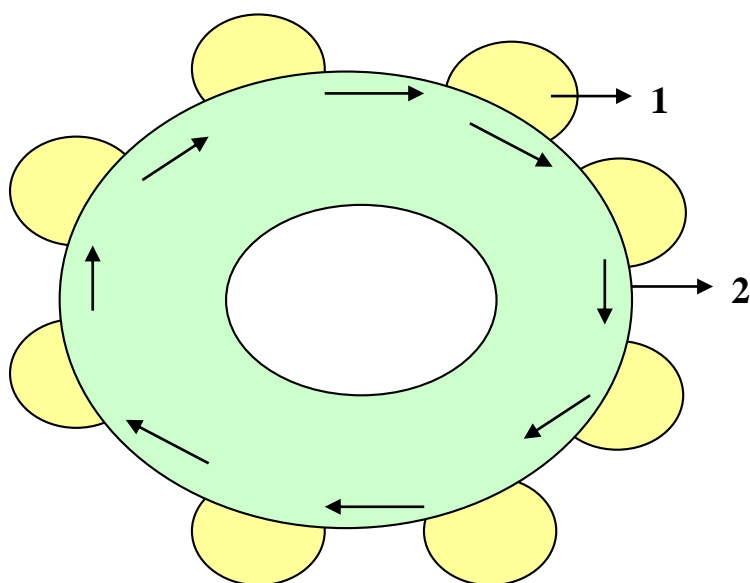
**Amaliy ko'nikma**

• Zarrachaning energiyasini xisoblang

### **“Davra suhbatı” metodi**

Aylana stol atrofida berilgan muammo yoki savollar yuzasidan ta’lim oluvchilar tomonidan o’z fikr-mulohazalarini bildirish orqali olib boriladigan o’qitish metodidir.

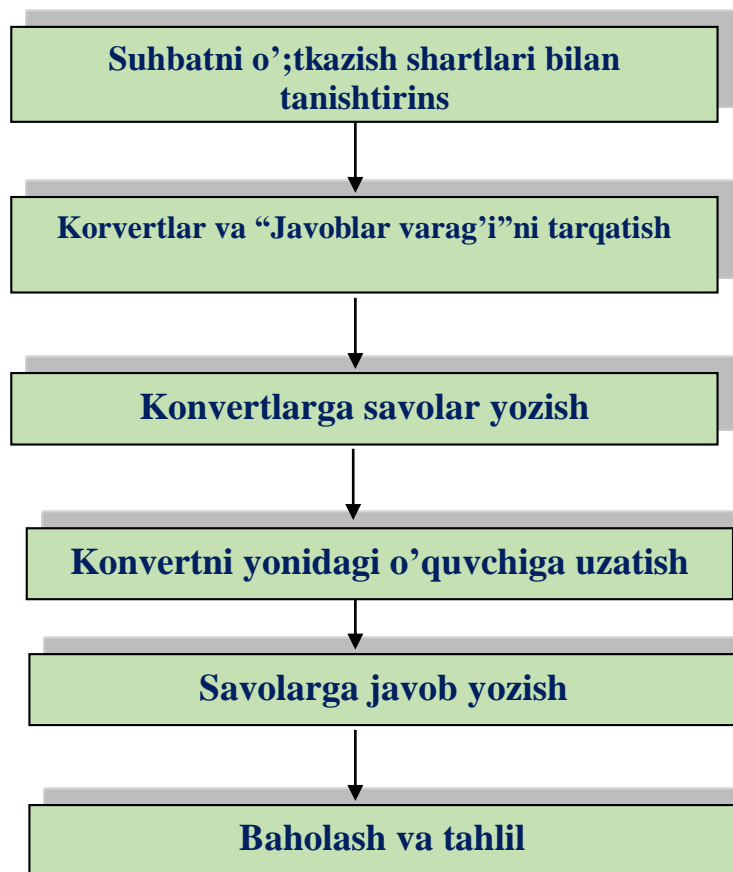
“Davra suhbatı” metodi qo’llanilganda stol-stullarni doira shaklida joylashtirish kerak. Bu har bir ta’lim oluvchining bir-biri bilan “ko’z aloqasi”ni o’rnatib turishiga yordam beradi. Davra suhbatining og’zaki va yozma shakllari mavjuddir. Og’zaki davra suhbatida ta’lim beruvchi mavzuni boshlab beradi va ta’lim oluvchilardan ushbu savol bo’yicha o’z fikr-mulohazalarini bildirishlarini so’raydi va aylana bo’ylab har bir ta’lim oluvchi o’z fikr-mulohazalarini og’zaki bayon etadilar. So’zlayotgan ta’lim oluvchini barcha diqqat bilan tinglaydi, agar muhokama qilish lozim bo’lsa, barcha fikr-mulohazalar tinglanib bo’lingandan so’ng muhokama qilinadi. Bu esa ta’lim oluvchilarning mustaqil fikrlashiga va nutq madaniyatining rivojlanishiga yordam beradi.



**Белгилар:**  
1-ta’lim oluvchilar  
2-aylana stol

### **Davra stolining tuzilmasi**

Yozma davra suhbatida stol-stullar aylana shaklida joylashtirilib, har bir ta’lim oluvchiga konvert qog’ozi beriladi. Har bir ta’lim oluvchi konvert ustiga ma’lum bir mavzu bo’yicha o’z savolini beradi va “Javob varaqasi”ning biriga o’z javobini yozib, konvert ichiga solib qo’yadi. Shundan so’ng konvertni soat yo’nalishi bo’yicha yonidagi ta’lim oluvchiga uzatadi. Konvertni olgan ta’lim oluvchi o’z javobini “Javoblar varaqasi”ning biriga yozib, konvert ichiga solib qo’yadi va yonidagi ta’lim oluvchiga uzatadi. Barcha konvertlar aylana bo’ylab harakatlanadi. Yakuniy qismda barcha konvertlar yig’ib olinib, tahlil qilinadi. Quyida “Davra suhbatı” metodining tuzilmasi keltirilgan



**“Davra suhbatlari” metodining afzalliklari:**

- o‘tilgan materialning yaxshi esda qolishiga yordam beradi;
- barcha ta’lim oluvchilar ishtirok etadilar;
- har bir ta’lim oluvchi o‘zining baholanishi mas’uliyatini his etadi;
- o‘z fikrini erkin ifoda etish uchun imkoniyat yaratiladi.

### III. NAZARIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI

#### 1-MAVZU: KOSMOGONIYA MUAMMOLARI FANINING MAQSAD – VAZIFALARI VA YUTUQLARI.

##### **REJA**

- 1.1. *Kosmogoniya muammolari fanining maqsad va vazifalari.*
- 1.2. *Kosmogoniya fanining yutuqlari.*
- 1.3. *Kosmogoniya obyektlari.*

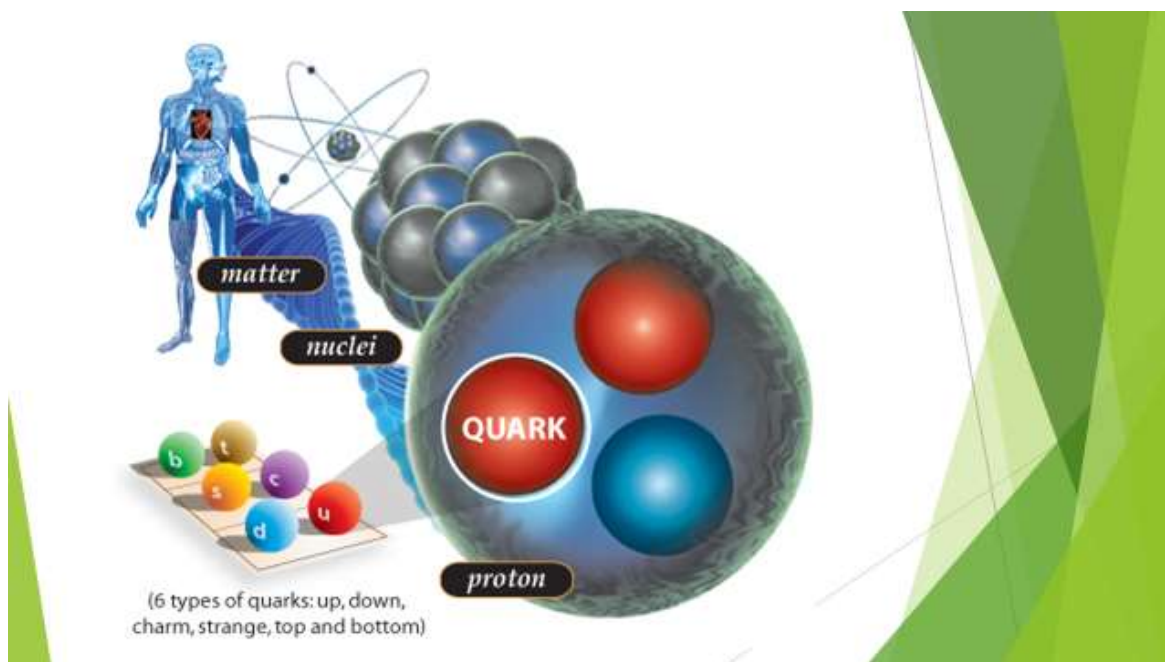
**Tayanch iboralar:** *Kosmogoniya muammolari, asteroid, sayyora, Quyosh, yulduz, galaktika, kosmik obyektlar kelib chiqishi*

#### **1.1. Kosmogoniya muammolari fanining maqsad va vazifalari.**

Kosmogoniya – kuzatilayotgan koinotning barcha jismlarining paydo bo‘lishi va evolyusiyasi masalalarini Nyuton mexanikasi doirasida o‘rganuvchi astronomiya bo‘limi hisoblanadi. Bunda kosmogoniya astrofizika, yulduzlar astronomiyasi, galaktikadan tashqari astronomiya va radioastronomiya kuzatuv ma’lumotlariga tayanadi. Kosmogoniya muammolarining hal etilishi ilmiy dunyoqarashimizni bir butun rivojlantirish uchun juda muxim bo‘lib, u nafaqat astronomlarni, balki boshqa fan olimlari uchun xam qiziqarlidir. Shu bilan birga, kosmogoniya muammolari astronomiyaning ancha murakkab masalalari qatoridadir. Darhaqiqat, biz xozir ko‘rib kuzatayotganlarimiz - bu shu ondagi Koinot tasvirlaridir. Bu kuzatuv natijalari orqali biz obyektlar va ular sistemalarining shu vaqtdagi xolati haqidagina xulosa qila olamiz, lekin ular avval qanday xolatda bo‘lgan va kelajakda nima bo‘ladi? - mana bu masalalarni hal qilish esa albatda ancha og‘ir masala xisoblanadi. Shunga qaramasdan, oxirgi vaqtlarda biz osmon jismlarining paydo bo‘lishi va rivojlanishi haqida ko‘pgina xulosalarga ega bo‘ldik.

Kosmogoniya muammolarini hal qilishda asosan ikki xil yondoshishdan foydalaniladi. Birinchi yondoshish bu - nazariy yo‘l bo‘lib, bunda fizikaning umumiy qonunlaridan kelib chiqqan holda osmon jismining shu kunda ega bo‘lgan xususiyati uchun boshlang‘ich holat aynan qanday bo‘lganligi va qanday rivojlanish bosqichini o‘taganligi haqida xulosa qilinadi. Ikkinchisi bu - kuzatuv bo‘lib, bunda turli rivojlanish bosqichida bo‘lgan osmon jismlari xususiyatlari solishtirilib, bu rivojlanish qanday bosqichlar ketma-ketligidan iborat ekanligi aniqlanadi. Bu usul bilan biz albatta, ko‘p sonli obyektlarga, jumladan, yulduzlar va ularning to‘dalari, gaz tumanliklari, galaktikalarga qo‘llashimiz mumkin. Lekin sayyoralar sistemasi masalasida esa bu ancha murakkab, chunki biz faqat bitta

shunday sistemani, ya'ni Quyosh sistemasini bilamiz. Shuning uchun, sayyoralar sistemasini nazariy usulda o'rganiladi.



1- Rasm. Insoniyat quyi yo'nalishda xarakatlanib (molekula – atom – yadro – protonlar, neytronlar - kvarklar) inson kichik masofalardagi jarayonlarni tushunishga xarakat qildi

Tadqiqotlar natijasida shu narsa ma'lum bo'ldiki, Koinotning o'zi bundan 13 mlrd. yil avval «Katta portlash» natijasida paydo bo'lgan va dastlabki davrda mikroskopik o'lchamlarga ega bo'lgan. Shu nuqtai nazarda elementar zarralar xaqidagi hozirgi zamon tajriba qurilmalari yordamida olingan ma'lumotlar Koinot rivojlanishining dastlabki etapidagi fizik jarayonlarni tushunishga yordam beradi<sup>1</sup>. Xususan, tezlatgichlardagi to'qnashuvchi zarrachalarning energiyasi qanchali katta bo'lsa, materiyani tadqiq etilayotgan qismining o'lchamlari shuncha kichik bo'ladi, shuningdek Koinotning evolyusiyasining ko'rilayotgan davri shunchalik oldinroq bo'ladi. Shunday qilib, mikro- va makro-olamlarning uyg'unlashuvi sodir bo'ldi.

---

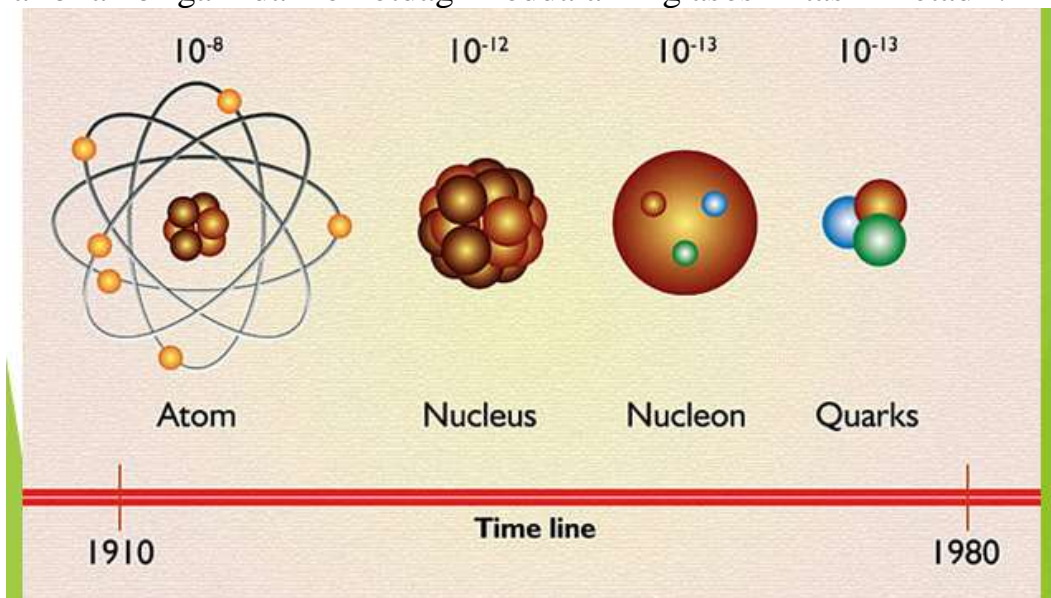
<sup>1</sup> A.R. Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University, 2010, 471 p.



2- Rasm. Insoniyat tafakkurda yuqori yoʻnalishda xarakatlanib (planeta – quyosh sistemasi – galaktika), koinotning umumiy tuzilishi va tarkibi xaqida tasavvurlarga ega boʻldi.

Bundan 50 yil avval barcha moddalar atomlardan, ular esa oʻz navbatida 3 ta fundamental zarralardan tashkil topganligi maʼlum boʻldi (musbat zaryadlangan protonlar va elektr jixatdan neytral boʻlgan neytronlar – markaziy yadroni tashkil etadi, manfiy zaryadlangan elektronlar yadro atrofida orbitalar boʻylab harakatlanadi).

Soʻnggi paytlarda proton va neytronlar ham oʻz navbatida fundamental obyektlar – kvarklardan tashkil topganligi maʼlum boʻldi. Oltita kvarklar, oltita leptonlar (elektron, myuon, tau va uchta mos neytrinolar) va toʻrtta oʻtish vektor bozonlar bilan birgalikda Koinotdagi moddalarning asosini tashkil etadi<sup>2</sup>.



3-rasm. Tabiatdagi elementar zarralar.

<sup>2</sup> Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.



Yuqori energiyalar fizikasi va astrofizika ushbu moddalarni tashkil etuvchi fundamental obyektning xossalari va xususiyatlarini o'rganadi. Ularning xususiyatlari to'rtta ma'lum fundamental o'zaro ta'sir kuchlari – gravitatsion, kuchli yadro, elektromagnit va kuchsiz yadro – yordamida tavsiflanadi. Shuni ta'kidlashki lozimki, hozirgi zamon tasavvurlariga ko'ra kuchsiz yadro va elektromagnit o'zaro ta'sirlar bitta ta'sirning ikki hil namoyonlanishidir. Yaqin kelajakda ushbu ta'sir kuchli yadro ta'siri bilan birgalikda “Katta birlashgan nazariya”ni tashkil qilishi va ular gravitatsion o'zaro ta'sir bilan birgalikda “Yagona o'zaro ta'sir nazariyasi”ga birlashishi fiziklar tomonidan kutilmoqda<sup>3</sup>.

Fundamental zarralarni va ularning o'zaro ta'sirini tadqiqot qilish uchun gigant tezlatgichlarni (elementar zarrachalarni yorug'lik tezligiga yaqin tezliklarga tezlatish va ularni bir-biri bilan to'qnashish imkonini beruvchi qurilmalar) qurish zarur. Ushbu qurilmalar ulkan o'lchamlarga ega bo'lganligi tufayli (bir necha o'n kilometrlar), ular yer osti tunnellarida joylashtiriladi. Eng quvvatli tezlatgichlar quyidagilardir: [CERN \(Jeneva, Shveysariya\)](#), [Fermilab \(Chikago, SSHA\)](#), [DESY \(Gamburg, Germaniya\)](#), [SLAC \(Kaliforniya, SSHA\)](#).

Hozirgi paytda Jenevadagi Yevropa yadro tadqiqotlar markazida (CERN) Katta adron kollayderida tadqiqotlar olib borilmoqda va quyidagi bir qator natijalar olingan.

- Xiggs bozoni qayd etilgan va uning massasi  $125,09 \pm 0,21$  GeV ga teng
- 8 TeV energiyada proton to'qnashuvlarining asosiy statistik xarakteristikalari o'rganilgan – paydo bo'lgan adronlarning soni, ularning tezliklari bo'yicha taqsimoti, mezonlarning boze-eynshteyn korrelyatsiyalari va x.k.
- proton va antiprotonlar orasida asimmetriyaning mavjud emasligi ko'rsatilgan.

Ushbu tadqiqotlar natijasida moddaning xosil bo'lgan xolati “Katta portlash”dan 10 mikrosekunddan keyin paydo bo'lgani aniqlandi<sup>4</sup>.

Yuqori energiyalar fizikasi va astrofizika fanni insoniyatga faqatgina olam tuzilishi xaqida tasavvurlarnigini emas, balki zamonaviy texnologiyalarni rivojlantirish va amaliyotga qo'llash imkoniyatini xam beradi. Yuqori energiyalar bo'yicha tajribalarni qo'yilishi va ishlatishda odatda yuzlab olimlar, elektronika, materialshunoslik va informatsion texnologiyalar bo'yicha mutaxassislar jalb etiladi.

Hozirgi zamon astrofizikasining asosiy muammolari bu Yerdagi laboratoriyalarda yaratib bo'lmaydigan sharoitlardagi: o'ta yuqori energiyalar, yuqori zichliklar, yuqori temperaturalar, kuchli magnit va gravitatsion maydonlar mavjud ekstremal xolatlarda moddaning xossalari o'rganishdan iboratdir<sup>5</sup>.

---

<sup>3</sup> T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I, Cambridge University Press, 2010.

<sup>4</sup> L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.

<sup>5</sup> Фильченков М.Л., Гравитация, астрофизика, космология: дополнительные главы, «ЛИБРОКОМ», 2010.

Koinotdagi fizik jarayonlarni o'rganish astrofizikaning asosiy predmeti hisoblanadi. Oy, planetalar va Quyosh sistemasining kichik jismlarini bevosita kosmonavtika uslublari orqali tadqiq etishlarni xisobga olmasak, kosmik obyektlar xaqida ma'lumotlar asosan elektromagnit nurlanishlar orqali yetib keladi. Shuning uchun astrofizikaning asosiy masalasi bu kosmik obyektlardan keluvchi elektromagnit nurlarning intensivlik, spektr, polyarizatsiya va x.k. kuzatuv xarakteristikalarini bilan bog'liqligini modellashtirishdan iboratdir.

### **1.2. Kosmogoniya muammolari fanining yutuqlari.**

Xozirgi zamon astrofizikasi XX asrning o'rtalaridan boshlab rivojlandi. Kuzatuv nuqtai nazardan bu qayd etiluvchi elektromagnit nurlanishning spektral diapazonining kengayishi bilan bog'liq. Ilgari astrofizika nisbatan tor diapazondagi – optik diapazondagi astronomik kuzatuvlarga asoslangan edi. Shuning uchun olimlarning diqqat markazida asosan Koinotdagi ko'rinuvchi yorug'lik nurini tarqatuvchi obyektlar – yulduzlar, tumanliklar, galaktikalar – bo'lgan. Ularning nurlanish mexanizmlari Yer sharoitida olingan ilmiy natijalarga asoslangan edi. Xozirgi paytda astrofizikada radioto'lqinlardan tortib gamma-nurlargacha bo'lgan keng diapazondagi kuzatuv natijalariga asoslangan xolda tadqiqotlar olib boriladi. Astronomiyaning keng diapazondagi kuzatuvlarga o'tishi bilan ma'lum obyektlar to'g'risida batafsilroq ma'lumotlar olish bilan bir qatorda yangi obyektlarni, xususan, ekstremal xolatda joylashgan obyektlarni kashf etish imkoniyatlari paydo bo'ldi<sup>6</sup>. Ushbu ta'kidlangan sharoitlarda modda yangi fizik xossalarga ega bo'lib qoladi. Koinot rivojlanishining dastlabki davrlaridagi moddaning yuqori zichliklarga ega bo'lishi; neytron yulduzlar ichki qismidagi va qora tuynuklar atrofidagi fizik jarayonlar; oq mittilar va neytron yulduzlardagi kuchli gravitatsion xamda magnit maydonlar bularga misol bo'ladi. Aynan shunday ekstremal xolatdagi obyektlarni tadqiqot soxalari hozirgi zamon yuqori energiyalar fizikasi va astrofizikaning asosiy va dolzarb muammolari hisoblanadi.

Ta'kidlash joizki, mavjud zamonaviy texnologiyalar ekstremal xolatdagi moddaning makroskopik xossalarini faqatgina astrofizik obyektlarni kuzatuv orqali tadqiq etish imkonini beradi. Shu jixatdan zamonaviy astrofizika ilg'or fan soxasi hisoblanadi va u “Yerdagi fizika”ning kuchi yetmaydigan fundamental xodisa va jarayonlarning tadqiqoti bilan shug'ullanadi. Masalan, Yerdagi laboratoriya sharoitida olingan magnit maydonlarning kuchlanganligi oq mittilar magnit maydonlari kuchlanganliklaridan ( $10^7$ - $10^9$  Gs) bir necha o'n marta, neytron yulduzlarning magnit maydonlaridan ( $10^{12}$  Gs) esa bir necha yuz ming marta kichikdir.

### **1.3. Kosmogoniya obyektlari.**

Quyida biz ekstremal astrofizik sharoitlari vujudga keluvchi uchta obyektни misol tariqasida keltiramiz: boshlang'ich davrdagi koinotning rivojlanishi, kosmik

---

<sup>6</sup> T. Padmanabhan, *Theoretical Astrophysics, Volume I*, Cambridge University Press, 2010.

gamma-chaqnashlar (gamma-vspleski), va yaqinda galaktikamizda ochilgan “mikrokvazarlar”<sup>7</sup>.

Kosmologiyada asosiy muammo Koinotning rivojlanish modelini tanlash bilan bog‘liq (ochiq – cheksiz kosmologik kengayish; yopiq – dastlabki o‘ta zich moddaning kengayishi keyingi davrlardagi siqilish bilan almashishi) va “Katta portlash”dan keyin koinotning dastlabki kengayish ssenariysini aniqlashdan iborat.

Koinotning hozirgi zamondagi kengayish sur‘ati Xabbl doimiysi bilan aniqlanadi  $H = 50 - 100 \text{ (km/c)/Mpk}$  (ya’ni kuzatuvchidan xar Megaparsekka uzoqlashganda obyektlar 50-100 km/s tezlik bilan uzoqlashadi. Obyekt qancha uzoqda joylashgan bo‘lsa, u shunchalik katta tezlik bilan bizdan uzoqlashadi).

$$v=Hr$$

bu yerda  $v$  – obyektning kuzatuvchidan uzoqlashish chiziqli tezligi,  $r$  – kuzatuvchidan obyektgacha bo‘lgan masofa.

Koinotning ochiq yoki yopiqligi uzoqdagi obyektlar tezligining kritik tezlikdan katta (ochiq,  $v > v_{cr}$ ) yoki kichik (yopiq,  $v < v_{cr}$ ) ligi bilan aniqlanadi.

Koinot evolyusiyasining konkret sxemasining qanday bo‘lishidan qat’iy nazar hozirgi paytda “Koinotning issiq modeli” to‘g‘ri deb hisoblanadi. Bunda koinot rivojlanishining dastlabki davrida xarorat va zichlik ancha katta qiymatlarga ega bo‘lgan. Dastlabki paytdagi modda to‘la ionlashgan xolda bo‘lgan va nurlanishning erkin yugurish yo‘li koinotning o‘lchamlariga nisbatan kichik bo‘lgan<sup>8</sup>. Natijada modda va nurlanish termodinamik muvozanat xolatida bo‘lgan va uning nurlanish spektri Plank formulasi bilan tavsiflangan va quyidagi chastota  $\omega \approx 2.8 kT/\hbar$ ,  $\hbar$  – Plank doimiysi. Kengayish jarayonida modda va temperatura kamayib borgan va “Katta portlash”dan so‘ng taxminan million yildan  $T \approx 5 \cdot 10^3 \text{ K}$  bo‘lgan va ionlarning elektronlar bilan rekombinatsiya jarayoni boshlanib, neytral atomlar paydo bo‘la boshlagan. Neytral moddalar nurlanish bilan o‘zaro ta’siri nisbatan kuchsiz bo‘lganligi sababli “relikt” (qoldiq) nurlar kvantlarining erkin yugurish yo‘li koinotning o‘lchamlaridan katta bo‘lib qolgan. Ana shu “rekombinatsiya davri”dan boshlab modda va “relikt nurlari” mustaqil ravishda rivojlanib kelgan. Kengayuvchi koinotda Doppler effekti kuzatiluvchi relikt nurlanishi chastotasining kamayishiga va nurlanish spektrini aniqlovchi temperaturaning kamayishiga olib keladi<sup>9</sup>. Hozirgi davrda relikt nurlanish temperaturasi 2,7 K ga teng va u santimetr xamda millimetr radioto‘lqinlar diapazonida kuzatiladi. Shuni ta’kidlash joizki, relikt nurlanish 10-12 milliard yil ilgari rekombinatsiya davridagi koinot strukturasi to‘g‘risidagi ma’lumotlarni o‘zida saqlovchi yagona manba bo‘lib hisoblanadi.

### **Nazorat savollari:**

#### **1. Yuqori energiyalar fizikasi fani.**

---

<sup>7</sup> Сивухин Д.В, Курс общей физики, учебное пособие для вузов, т. 5 – Атомная и ядерная физика, 3-е издание, ФИЗМАТИЗ, 2011.

<sup>8</sup> L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.

<sup>9</sup> Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.

2. Koinot qachon paydo bo'lgan?
3. Elementar zarralar nima?
4. Proton va neytronlar tarkibi.
5. Xiggs bozoni nima?
6. Xabbl doimiysi nimani ifodalaydi?
7. Koinotning issiqlik modeli.
8. Termodinamik muvozanat nima?
9. Nurlanishning Plank formulasi.
10. Relikt nurlanish nima?

### **Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.
2. M. Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.
3. Sivuxin D.V, Kurs obshey fiziki, uchebnoye posobiye dlya vuzov, t. 5 – Atomnaya i yadernaya fizika, 3-ye izdaniye, FIZMATIZ, 2011.
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. Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.
7. Filchenkov M.L., Gravitatsiya, astrofizika, kosmologiya: dopolnitelniye glavi, «LIBROKOM», 2010.

### **Internet ma'lumotlari**

1. [http://hea.iki.rssi.ru/HEAD\\_RUS/links\\_k.htm](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/)

### REJA

- 2.1. Gravitatsion beqarorlik asoslari.
- 2.2. Gravitatsion sistemalarning muvozanat holatlari va ularning beqarorlik masalalari.
- 2.3. Galaktikalarning uzoqlashishi
- 2.4. Inflyatsiya erasi
- 2.5. Moddaning paydo bo'lishi.

**Tayanch iboralar:** *to'rtta fundamental o'zaro ta'sir kuchlari, katta portlash, galaktikalar tezlanish bilan uzoqlashishi, inflyatsiya erasi, nukleosintez, Xabbl doimiysi, moddaning paydo bo'lishi*

### 2.1. Gravitatsion beqarorlik asoslari.

Gravitatsion beqarorlik materiyaning tortishish tabiati bilan bog'liq. Birinchi bor Jeyms Jins 1905-yili «Astronomy and cosmogony» jurnalida gravitatsion beqarorlik ma'nosini ishlab chiqqan. Bu kitobda Jins I.Nyuton g'oyasini rivojlantirgan.

1692 – yilda Nyuton Kembridj kolleji rektori Richardga xat yozgan. Xatda “materiya fazoda bir jinsli zichlikka ega bo'lsa, ya'ni cheksiz bo'lmasa natijada bitta obyektga aylanadi. Agarda hozirgi materiya butun fazoga taqsimlanib, cheksiz bo'lsa, unda u yagona bir jinsli bo'la olmaydi” deb yozadi.

Nyuton Koinotdagi barcha jismlarni ikkiga – qora materiya va yorug' obyektlarga ajratgan. Qora materiya fizikasini tushuntira olgan, lekin yorug' obyektlarni bilmagan. Chunki yadro fizikasi rivojlanmagan edi. Termoyadro reaksiyalar haqida bilmagan. Oradan 200 yil o'tgach Nyuton fikrlari asosida Jins tomonidan nazariya tuzildi. Jinsdan so'ng ko'pchilik kosmogoniya bilan shug'ullanib butun ittifoq konferensiyalar o'tkazilib har yilgi ma'ruzalar kitob shaklida chiqarilgan.

1946 – yil Landau va Lifshits fizika sohasiga asos solgan olimlardan va shu bo'yicha birinchi bor asosiy kitob yaratgan.

#### Xabbl qonuni:

$$V=H \cdot r.$$

Hozirda Xabbl doimiysi 20% xatolikda aniqlangan. Bu yerda V- tezlik, r - masofa (Mpk),  $H = 71 \cdot \frac{\text{KM}}{\text{c} \cdot \text{Mpk}}$ . Xabbl qonuni galaktikalarning to'dalariga, galaktikalarning to'dalarining to'dalariga nisbatan qo'llanilishi lozim.

Kosmogoniya va kosmologiya bo'yicha gravitatsion beqarorlik natijalari har xil bo'ladi. Kosmogoniya modelida beqarorlik amplitudasi odatda eksponensial ravishda o'sib boradi va bu modelni **dinamik beqarorlik** deyiladi. Kosmologiya modelida esa beqarorlik amplitudasi vaqtga bog'liq darajali funksiya sifatida o'sadi.

Kosmogoniya uchun:  
 $A \sim e^{\omega t}$

$\omega$ - g'alayoni chastotasi  
 $\omega = \text{const}$

Kosmologiya uchun:  
 $A \sim t^k$

$k = \text{const}$

Har bir model zichligi va bosimi bilan xarakterlanadi.

Har qanday muhitni 2 xil usul bilan aniqlash mumkin:

- 1: Hidrodinamik usul
- 2: Kenetik usul

Gidrodinamik usul kinetikga usulga nisbatan ancha taqribiy hisoblanadi. Chunki gidrodinamik tenglamalar kinetik tenglamalardan keltirib chiqariladi.

$$P \sim \rho^* e^{i\omega t}, P \sim P^* e^{i\omega t}, f(\vartheta, r) = f^* e^{i\omega t}$$

Har bir muhitning parametrlari  $i\omega t$  ga proporsional bo'ladi.  $\Omega$  – g'alayonlanish chastotasi bo'lib kompleks son hisoblanadi.

$$\omega = \text{Re} \omega + i \text{Im} \omega$$

$\text{Re} \omega$ - real qism.

$i \text{Im} \omega$ - mavhum qism.

$$e^{i\omega t} = e^{i(\text{Re} \omega)t} \cdot e^{-(\text{Im} \omega)t} = [\cos(\text{Re} \omega t) + i \sin(\text{Re} \omega t)] e^{-(\text{Im} \omega)t}$$

$$\left. \begin{array}{l} \cos t \leq 1 \\ \sin t \leq 1 \end{array} \right\} \text{Im} \omega \begin{cases} > 0 - \text{beqarorlik b\u00fcladi. Gala\u00e9n vaqti} \\ < 0 - \text{beqarorlik b\u00fcladi. Eksponen} \\ = 0 - \text{kritik holat} \end{cases}$$

Demak, har qanday g'alayonda chastotadan tashqari, to'liq uzunlikka ham ega. Kritik holat  $\text{Im} \omega = 0$  ga maxsus kritik to'liq uzunlikka to'g'ri keladi. Bu to'liq uzunlik beqaror jismning o'lchamini bildiradi va **Jins to'liq uzunligi** deyiladi.

$$R_{\text{dj}} = \frac{U}{\sqrt{G\rho}}$$

Jinsning kritik o'lchami- $R_{\text{dj}}$ ,  $U$  – tovush tezligi,  $G$  – gravitatsion doimiy,  $\rho$  – muhitning zichligi.

Muhitdagi tovush tezligi undagi bosimga bog'liq. Gravitatsion beqarorlik

qarshi faqatgina shu mihitni bosimigina qarshilik qilishi mumkin. Har qandan zichligi bir jinsli bo'lgan jismdan bosimning nolga teng bo'lishini bildiradi.

Bir jinsli, cheksiz bo'lgan muhitda bosim yo'q, lekin bu yerda juda kichik g'alayon vujudga kelsa, tortishishni xususiyatiga ko'ra beqarorlik boshlanib, bulutlarga bo'linadi va bulutlararo muhitda bosim kuchi paydo bo'ladi. Gravitatsion beqarorlikni aniq hisob – kitobi, aniq o'rganish uchun dastlab o'rganilayotgan muhit uchun dispersion tenglamani keltirib chiqarish kerak.

**Tarif:** G'alyonning chastotasi bilan uning to'lqin uzunligi (to'lqin soni) orasidagi bog'lanishga **dispersion munosabat** yoki **dispersion tenglama** deyiladi.

$$F(\omega, k) = 0$$

$k$  – to'lqin soni.

Dispersion tenglama ko'rinishi algebraik bo'lib, darajali funksiyalardan iborat. Misol uchun: A.Toomre yupqa, sovuq diskning gravitatsion beqarorligini o'rganib, unda temperatura  $T=0$  ga teng yoki disk zarrachalar yig'indisidan iborat bo'lsa, bu zarrachalarning tezlik dispersiyasi nolga teng bo'ladi.

$$(\omega - m\Omega)^2 = \alpha^2 - 2\pi G\sigma_o k, \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}, \quad \lambda = \frac{2\pi}{k}$$

$m$  – azimutal to'lqin soni.

$\Omega$  – diskning aylanish tezligi

$$\omega=0 \quad \alpha^2 = \frac{4\pi^2 G\sigma_o}{\lambda_{\partial\omega\epsilon}}$$

$$\lambda_{\partial\omega\epsilon} = \frac{4\pi^2 G\sigma_o}{\alpha^2}$$

Bu eng sodda misol. Agarda, diskning qalinligi hisobga olinsa tenglama murakkablashadi, kritik holatda  $\lambda=0$  bo'ladi. Yuqoridagi tenglama ko'rinishi hamma modellar uchun har xil. Diskda spiral struktura bo'lishi uchun u aylanish o'qiga ega bo'lishi kerak va aylanma harakat qilishi kerak.

$M=2$  deb olsak 2 tarmoqli spiral struktura vujudga keladi.  $M=3$  bo'lsa uch tarmoqli spiral struktura vujudga keladi.

Bu – gravitatsion beqarorlik tufayli sodir bo'ladi.

$M=0$  da teng holatda halqasimon struktura gravitatsion beqarorlik tufayli vujudga keladi. 2 ta garmonika uchun C.Hunter disksimon bog'lanish tenglamasini o'rgangan:

$$1 + \frac{4 \cdot P_{m+n}^n}{(\omega - m\Omega_o)^2 - 4\Omega_o^2} \left( n^2 + 2mn + n + m - \frac{2m}{\omega - m\Omega_o} \right) = 0.$$

## 2.2. Gravitatsion sistemalarning muvozanat holatlari va ularning beqarorlik masalalari

Koinotda hech qanday obyekt muvozanat holatda bo'lmaydi. Barcha fizik

obyektlarning holati muvozanatdan ancha uzoqda. Misol uchun: Quyoshda pulsatsiya, sayyoralarda vulqonlar bo'lishi mumkin.

O'rganilayotgan jismni modellashtirish ishi muvozanat holatdan boshlanadi:  $\rho, T^0, \sigma, R, \Omega$ .

$$F_0 = F_0(r, \rho, T^0, R, \Omega, \dots^*)$$

Asosiy fizik parametrlarni g'alayonlashtirish etapi:

Real fizik parametrni  $F_{\text{real}} = F_0 + \varepsilon F_1$  tuzgan boshlang'ich modelimizni g'alayonlantirib, bir vektor belgilasak:

$$F_{\text{real}} = F_0 + \varepsilon F_1(\vec{p}, t), F_1 \sim e^{i\omega t}$$

$F_1$  – vaqtga bog'liq

$\varepsilon$  – bu cheksiz kichik miqdor.  $\varepsilon \ll 1$

a) Agar ixtiyoriy  $\vec{p}$  uchun  $F_0$  beqaror bo'lsa, bunday holat va model tabiatda bo'lishi mumkin emas.

B) Mavjud  $\vec{p}$ ,  $F_0$  muvozanatda bo'lsa

c) Ixtiyoriy  $\vec{p}$ ,  $F_0$  muvozanatda bo'lsa, bunda model to'la beqaror bo'lishi mumkin.

$F_0$  bo'lgan holatdagi model evolyusiyani ko'rsatuvchi model bo'lib,  $F_0$  ga nisbatan ancha aniq hisoblanadi.

$$F_{\text{real}} = F_0 + \varepsilon F_1$$

3 – etapdagi ishlarimizni umumlashtirib, bu modelni nochiziqlik modelini topamiz.

$$F_{\text{НОЧИЗИК}} = (\vec{p}, t)$$

Topilgan nochiziqlik nomuvozanat holatdagi modelni beqarorligi o'rganiladi.

$$F_{\text{НОЧИЗИК}} = (\vec{p}, t) + \varepsilon \cdot f_{\text{МАЛ}}$$

Bu holatda fizik parametrlarni vaqt davomida qanday o'zgarishini aniqlaymiz. Topilgan natijalar kuzatuvda olingan natijalar bilan ustma-ust tushadi. Demak, koinotni obe'ktlari turli tuman bo'lib, ularni qay darajada rivojlanganligini yuqoridagi 5 etapdan qaysi biri tadqiqot olib borilayotganligiga bog'liq. Yulduzlar evolyusiyasi bo'yicha 3- va 4- etapda o'rganilayotganligi haqidagi maqolalar mavjud.

Tug'ilayotganda yulduzlar nostatsionar bo'ladi. Vaqt o'tishi bilan amplitudasi kichiklasha boradi. Gravitatsiya yulduzni siqadi, bosimni kichraytiradi va yulduz pulsatsiyalanadi.

Yuqorida gravitatsion beqarorliklar gidrodinamik va kinitek usullar bilan o'rganiladi.



$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \mathbf{V}) = 0 \quad \text{гидродинамиканинг бош тенгламаси} \\ \\ \text{ёки узлуксизлик тенгламаси} \\ \\ \left. \begin{array}{l} \frac{\partial(\rho \mathcal{G}_x)}{\partial t} + \dots = 0 \\ \frac{\partial(\rho \mathcal{G}_y)}{\partial t} + \dots = 0 \end{array} \right\} \text{физик параметрларни моменти}$$

$$\rho \mathcal{G}_x = \frac{\iiint \rho \mathcal{G}_x f}{\int f dV} - \text{физик параметрнинг моменти}$$

Kinetik usulda plazmadan iborat obyekt kosmogoniyasi o'rganilayotgan bo'lsa, Vlasovning kinetik tenglamasi, gazsimon obyekt kinetikasi bo'lsa Bolsman tenglamasi, agar gravitatsion sistema bo'lsa, Jinsnig kinetik tenglamasi ko'riladi. Bularning har biri albatta Puasson tenglamasini hisobga olgan holda yechiladi.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial F}{\partial t} + V \frac{\partial F}{\partial F} - \frac{\partial \Phi}{\partial F} \frac{\partial F}{\partial V} = 0 \quad - \text{Власов тенгламаси} \\ \\ \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} = 4\pi n_e \int_{-\infty}^{+\infty} F dV \quad - \text{Пуассон тенгламаси} \end{array} \right.$$

$F$  – vaqt bog'liq bo'lgan funksiya.  $F$  – o'lchovli fazoda zichlik.  $F$ -koordinata.  $V$  – tezlik.  $\Phi$  – astrofizik obyekt bo'lsa, gravitatsion potensial. Plazma bo'lsa, elektr potensial.  $\Phi(F, t)$  - potensial.

$$\begin{aligned} F(F, V, t) &= F_0(V) + f(F, V, t) \\ \Phi(F, t) &= \Phi_0(F) + \varphi(F, t) \end{aligned}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V \frac{\partial F_0}{\partial F} + \frac{\partial \Phi_0}{\partial F} \frac{\partial F_0}{\partial V} = 0 \\ \\ \Delta \Phi_0 = 4\pi n_e \int F_0 dV \end{array} \right.$$

$\Delta$  - Laplas operatori.

Modelni tuzayotganda  $F_0$  bilan  $F_0$  modelni yechimi bo'lishi kerak.  $\frac{\partial \Phi}{\partial F} \frac{\partial F}{\partial V}$  - 2 ta noaniq funksiya noaniq bo'ladi.

$$\frac{\partial(F_0 + F_1)}{\partial t} + V \frac{\partial(F_0 + F_1)}{\partial F} - \frac{\partial \Phi_0}{\partial F} \frac{\partial(F_0 + F_1)}{\partial V} + \frac{\partial \Phi_1}{\partial F} \frac{\partial(F_0 + F_1)}{\partial V} = 0$$

$F_0$  – vaqtga bog'liq emas, shuning uchun hosilasi nolga teng. 1 – tenglamaga ko'ra:

$$\frac{\partial \Phi_o}{\partial F} \cdot \frac{\partial F}{\partial V} + V \frac{\partial F_1}{\partial F} - \frac{\partial \Phi_o}{\partial F} \cdot \frac{\partial F}{\partial V} + \frac{\partial \Phi_1}{\partial F} \cdot \frac{\partial F}{\partial V} = 0$$

Bu tenglama chiziqli differensial tenglamadir.

G'alayon to'liqinsimondir.

$$\begin{cases} \frac{\partial F_1}{\partial t} + \vartheta_x \frac{\partial F_1}{\partial x} - \frac{\partial \Phi_o}{\partial x} \frac{\partial F_1}{\partial \vartheta_x} + \frac{\partial \Phi_1}{\partial x} \frac{\partial F_o}{\partial \vartheta_x} = 0 \\ \frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial x^2} = 4\pi n_e \int_{-\infty}^{+\infty} F_1 \cdot d\vartheta_x \end{cases}$$

Landau bu tenglamaga  $x$  bo'yicha Furrye almashinuvini qo'llagan.

$$f_x = \int F_1(x, \vartheta_x, t) e^{-ikx} dx$$

$$F_1 = \int f_k e^{ikx} dx, F_1 = f_k \cdot e^{ikx}$$

$$e^{ikx} \left( \frac{\partial F_1}{\partial t} - \vartheta_x f_1 - \frac{\partial \Phi_o}{\partial x} \frac{\partial F_o}{\partial \vartheta_x} - \frac{\partial \Phi_1}{\partial x} \frac{\partial F_1}{\partial x \cdot \partial \vartheta_x} - \frac{\partial \Phi_1}{\partial x} \frac{\partial F_o}{\partial \vartheta_x} \right) = 0$$

$$\varphi(F, t) = \varphi_o(t) + \varphi_1(F, t), \varphi_1(F, t) = \varphi(t) \cdot e^{ikx} \cdot \Phi_1 \approx \varepsilon, \varepsilon \sim 0,0001 = 10^{-4}, \varepsilon^2 = 10^{-8}.$$

Keyingi qadam Laplas almashinuvi

$$f_p = \int_0^{\infty} e^{-pt} f(V, t) dt, f = \int_0^{\infty} f_p e^{+pt} dt$$

Vaqt bo'yicha integral almashuv **Laplas almashuvi** deyiladi.

$$\int_0^{\infty} e^{-pt} \frac{\partial F_1}{\partial t} dt = e^{-pt} F_1 \Big|_0^{\infty} + p \int_0^{\infty} F_1 e^{-pt} dt = 0 - 1F_1(0) + pF_p$$

$$\int U d\vartheta = U\vartheta - \int \vartheta dU, dU = -pe^{-pt} dt$$

$$-F_{1o} + pF_p + ik\vartheta_x F_p - ik\varphi_p \frac{\partial F_o}{\partial \vartheta_x} = 0$$

$$(F_{1o} + ik\vartheta_x) F_p = F_{1o} + ik\varphi_p \frac{\partial F}{\partial \vartheta_x}$$

Puasson tenglamasidan foydalanib:

$$\Delta\varphi = 4\pi e \iiint F dV, \begin{cases} \varphi = \varphi_o + \varphi_1 \\ F = F_o + F_1 \end{cases}$$

$$\frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial x^2} = 4\pi e \int F_1 d\vartheta_x$$

$$1) e^{-pt} (-k^2 \varphi_k) = 4\pi e \int F_k d\vartheta_x$$

$$2) -k^2 \varphi_{kp} = 4\pi e \int_{-\infty}^{+\infty} F_{kp} d\vartheta_x = 4\pi e \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{F_{1o} + ik\varphi_{kp} \frac{\partial F_p}{\partial \vartheta_x}}{p + ikx} d\vartheta_x$$

$$-k^2 \varphi_{kp} \left[ 1 - ix \frac{4\pi}{k^2} \frac{\int \frac{\partial F_o}{\partial \vartheta_x} d\vartheta_x}{p + ik\vartheta_x} \right] = 4\pi e \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{F_{1o}}{p + ikx} d\vartheta_x$$

$$\varphi_{kp} = -\frac{4\pi e}{k^2} \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{F_{1o}}{p + ikx} d\vartheta_x}{1 - \frac{4\pi e i}{k} \int_0^{+\infty} \frac{\partial \vartheta_x}{p + ik\vartheta_x} d\vartheta_x}$$

Ushbu ifodani Landau 1946 yilda JETP jurnalida keltirib chiqargan.

$$p = -ik\vartheta_x, \vartheta_x = i\frac{p}{k}$$

Mavhum funksiyalarni hisoblaganda natijadan integral qiymatini olib tashlash kerak bo'ladi.

Surat va maxrajlarini fizik jihatdan tahlil qilinganda yagona fizik ma'noga ega bo'ladigan hol, maxrajni nolga teng bo'lgan hol ya'ni:

$$1 - \frac{4\pi i}{k} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\partial F_o}{p + ik\vartheta_x} d\vartheta_x = 0$$

Ushbu ifoda elektron plazmaning tebranishi bo'yicha **dispersion tenglama** deyiladi.

Elektron plazmaning Landau usulidan foydalanishimizga sabab ikkita elektron orasidagi kuch  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ . Kulon va Nyuton qonunlarining tabiati har xil bo'lib, birinchisida tortishishsa, ikkinchisida itariladi.

Yuqoridagi tenglamalarning potensial oldida "+" qo'yilsa, bu gravitatsiya uchun to'g'ri bo'ladi. Bu metod gravitatsion sistemalarga qo'llangan.

1. Agar  $\lambda < (\lambda_k)$  to'lqin uzunlik kritik to'lqin uzunlikdan kichik bo'lsa, g'alayon asta so'nib boradi.

2. Agar  $\lambda > (\lambda_k)$  to'lqin uzunlik kritik to'lqin uzunlikdan katta bo'lsa beqarorlik boshlanadi.

Elektrondan iborat plazma bo'lsa, undan  $\lambda$  uzunlik tarqalayotgan  $\lambda > \lambda_k$  bo'lsa, to'lqindagi elektronlarni yutib, amplitudasini oshiradi, energiya olib va natijada beqarorlik vujudga keladi. Bu so'nish **Landau so'nishi** deyiladi. To'lqinning so'nishi yoki beqarorlik vujudga kelishi boshlang'ich taqsimot funksiyasi  $F_o$  ga ham bog'liq. Boshqa mualliflar ham turli  $F_o$  lar uchun beqarorliklarni o'rganishgan.  $F_o$  – tezlikning taqsimot funksiyasi bo'lib, bu g'alayon yoki to'lqin boshlangunga qadar bo'lgan holatdan dalolat beradi. Shuning uchun real holat uchun  $F_o, F_1$  modellarini tuzish asosiy rol o'ynaydi.

### 2.3. Galaktikalarning uzoqlashishi

Yuqoridagi differensial tenglamalar sistemasi bir necha harakat integrallariga ega:

$$\frac{\partial F}{\partial t} + V \frac{\partial F}{\partial r} + \frac{\partial \varphi}{\partial F} \frac{\partial F}{\partial V} = 0$$

$$\frac{dt}{1} = \frac{dx}{\vartheta_x} = \frac{dy}{\vartheta_y} = \frac{dz}{\vartheta_z} = \frac{\partial \vartheta_x}{\partial \varphi / \partial x} = \frac{\partial \vartheta_y}{\partial \varphi / \partial y} = \frac{\partial \vartheta_z}{\partial \varphi / \partial z}$$

Yuqoridagi differensial tenglamadan 6 ta harakat tenglamasiga ega ekanligi ko'rinib turibdi.

$YE$  – energiya integrali

$L$  – yuza integrali

Fizik jihatdan ma'noga ega bo'lgan 5 ta integral mavjud bo'lib, 6-chisi esa noaniq qiymatlar qabul qilib, fizik ma'noga ega emas. Natijada ixtiyoriy  $F$  funksiyasi  $F_o = F_o(E, J_1, J_2, J_3, L)$  funksiya yuqoridagi tenglamaning yechimi hisoblanadi. Bu masalalarni bir qator mualliflar yechgan. Bularning ichida:

Yevropalik olim Satt:

$$F_o = c \cdot L^B [F_o - E]^k \begin{cases} \beta > -2 \\ k > -1 \end{cases}$$

Bu funksiya sferik strukturaga ega bo'lgan gravitatsion sistemalarni yechimi bo'ladi.

2) Prendergast, Tomer:

$$F_o = \alpha \cdot \exp \left[ -\frac{F}{\sigma^2} + \beta J \right]$$

3) Edding Ton: zichlik funksiyasini hisoblab topgan:

$$\rho_o(r) = \frac{\rho_o}{1 + \alpha r^2} \exp \left[ \frac{\Phi_o - \Phi}{h^2} \right].$$

4) Eynshteyn:

$$F_o = \rho_o(r) \delta(\vartheta_2) \delta(\vartheta_1 - \Omega_2).$$

Orbitalari aylanasimon bo'lgan zarrachalarni o'z ichiga olgan sferik gravitatsion sistemaning modeli bo'lib,

$\delta$  – Dirak funksiyasi

$\Omega_2$  – har bir zarrachaning burchak tezligi

$\vartheta_2$  – nuriy tezlik

$\vartheta_{\perp}$  – ko'ndalang tezlik.

5) K. Freeman:

$$F_o = \frac{\rho_o}{\pi \gamma} \delta(\vartheta_x) \delta(\vartheta_y) \cdot \left( 1 - \frac{x^2 + y^2}{a^2} - \frac{z^2}{c^2} - \frac{\vartheta_z^2}{\gamma^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Ellipsoidal model,  $\vartheta_x, \vartheta_y - x$  va  $y$  o'qlari bo'yicha tezlik. Yuqoridagi modellar vaqtga bog'liq emas.

Bugun ushbu muvozanat holatda 100 dan ortiq turli sferik, ellipsoidal, silindrik yoki disksimon geometriyaga ega bo'lgan obyektlarning va gravitatsion sistemalarning aniq modellari topilgan. Bularning ichida qator modellar

gravitatsion beqarorliklari o'rganilgan. Buning uchun kichik amplitudali g'alayon funksiyasi Furiye qatoriga yoyilib, uning har bir hadi aniq fizik ma'noga ega va tebranish garmonikalari yoki **modalari** deyiladi. Obyektning geometriyasiga qarab bu garmonikalar bir nechta bo'lishi mumkin. Azimutal garmonika va radial garmonikalarga bo'linadi. Bu garmonikalar xalqasimon va tuxumsimon yadro, barlardan tashkil topgan.

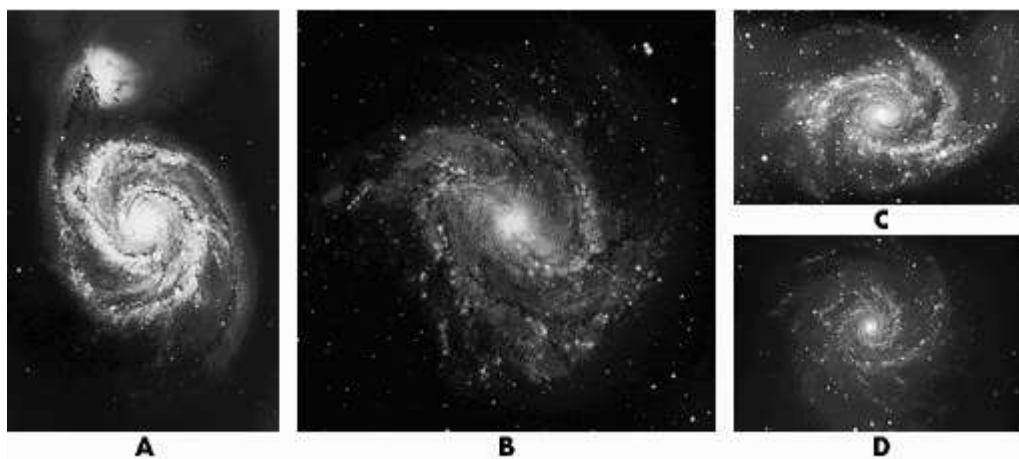
### Gravitatsion diskka ega bo'lgan astrofizik obyektlar

60% galaktikalar spiral galaktikalar spiralsimon galaktikaning asosiy massasi diskda joylashgan.

#### Disksimon obyektlar:

- 1) Galaktikalarning eng massiv qismi hisoblanadi (S – spiral galaktikalar, SO – galaktikalar, E – galaktikalarning markaziy qismi)
- 2) Akkratsion disklar (Qora o'ralar, zich qo'shaloq yulduzlar va yosh yulduzlar).
- 3) Protosayyoralar diski: bu disk vodoroddan tashkil topgan.
- 4) Boshqa massiv emas disklar.

Masofa ortgan sari spiral galaktikalar nisbiy soni ortib boradi. Spiral galaktikalarning to'qnashishidan elliptik galaktikalar hosil bo'ladi degan fikr bor, lekin 100% to'g'ri emas. Disklar gravitatsion beqaror obyektlar hisoblanadi. Gravitatsion disklar sferik tuzilgan obyektlarga nisbatan beqaror bo'ladi. Disklar tezda shaklini o'zgartiradi.



**2-rasm.** Tipik spiral galaktikalar [5]: NGC 5194 (A), NGC 5236 (B), NGC 2997 (C) va NGC 628 (D).

Bizning Galaktikamizda ikki tomonlama bukilish mavjud bo'lib, buni sefidlar orqali topilgan.

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

Pulsatsiyadan  $M$  absolyut yulduz kattaligi topilsa, ungacha bo'lgan masofa –  $r$  topilgan. Disklar gravitatsion beqarorlik tufayli bukilgan.

Har bitta yulduz yoki gaz buluti galaktikamizning disk qismida 3 xil tebranadi:

- 1) vertikal tebranish
- 2) azimutal tebranish
- 3) radial yo'nalishdagi tebranish

Spiral galaktikalarning diskida ravshanlik taqsimot funksiyasi:

$$B(r) = B(0) \exp\left(-\frac{r}{L}\right) \quad (1)$$

Diskning sirtidagi sirt zichligi yoki zichlik funksiyasi yulduz va gazlar uchun boshqacha

$$\sigma_*(r) = \sigma(0) \exp\left(-\frac{r}{L}\right) \quad (2)$$

bu yerda  $r, L$  – masshtabni belgilovchi parametr.  $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ ,  $L=2 \div 5$  kpk.

Spiral galaktikalar uchun disk radiusi:

$$R=12 \div 15 \text{ kpk}$$

Optik ko'rinadigan disk massasi:

$$m=[10^9 \div 10^{12}]m_{\text{quyosh}}$$

Disk zichligi  $Z$  o'qiga bog'liq bo'lib, buni hisobga olsak, fazoviy zichlik aniq bo'ladi:

$$\rho_*(r, z) = \sigma_*(r) \cdot ch^{-2} \left( \frac{z}{\Delta} \right)$$

bu yerda  $ch$  – giperbolik kosmos.  $\Delta$  –  $z$  bo'yicha masshtab parametri.  $\Sigma_*(r)$  – (2) formulaga tegishli. Quyosh yaqinidagi  $\Delta=0,28$  ga teng. Umuman spiral galaktikalar uchun

$$\Delta_{\text{sp}}=0,2 \text{ kpk} < \Delta < 1 \text{ kpk}$$

$Z$  bo'yicha barcha galaktikalarni ikki guruhga bo'lsak bo'ladi:

A) Yupqa qatlam (0,5 kpk gacha)

B) Qalin qatlam (1,5 kpk gacha)

Bu ikki qatlam zichligi, tarkibi jihatidan bir – biridan farqlanadi. Yupqa qatlamda gaz, molekulyar bulutlar, yosh yulduzlar, gaz bulutlari mavjud. Qalin qatlamda nisbatan qari yulduzlar joylashgan.

Diskning kinematikasini uning yadro atrofida aylanishini biz asosan spiralning aylanish funksiyasi yordamida o'rganamiz. Bugungi kunda bir necha ming spiral galaktikalar uchun aylanish funksiyasi kuzatuvdan aniqlangan.

Aylanishning egri chiziq funksiyasi odatda 2 xil bo'ladi: a) ikkita maksimum, ya'ni tuyasimon va B) 1 ta maksimumlik.

Spiral galaktikaning aylanish funksiyalari ko'pincha tuyasimon bo'ladi, yuqoridagi grafikda bor. M31 – Andromeda tumanligi spiral galaktika hisoblanadi.

Kuzatuv yordamida diskdagi yulduzlarning tezligini uning dispersiyasidan bilish mumkin. **Tezliklar dispersiyasi bu**  $\rightarrow$  o'rtacha tezlikdan real tezlik orasidagi farqning kvadati orqali topiladi. Masalan,

$$\overline{V^2} - \overline{V}_{\text{kp}}^2 = \text{некуляр}(\mathcal{G}_r, \mathcal{G}_\varphi, \mathcal{G}_z)$$

kvadratga oshirib, natijaning summasini qarashimiz mumkin. Haqiqiy tezlik -  $v$  dan aylanish tezligini ayirib tashlasak, bu **tezliklar farqi pekulyar tezlik** deyiladi.

$$F \approx const \cdot \exp\left(-\frac{g_r^2}{2g_r^2} - \frac{g_\phi^2}{2g_\phi^2} - \frac{g_z^2}{2g_z^2}\right)$$

Bundan ko‘rinib turibdiki, disklardagi yulduzlarning tezlik taqsimoti anizotrop xarakteriga ega bo‘ladi. Har bitta yo‘nalishda tezliklar har xil. Kuzatuvdan  $(\sigma_r, \sigma_\phi, \sigma_z) = (38, 24, 20) \frac{KM}{c}$  topilgan. Dispersiyalarning qiymati yulduzlarning yoshiga bog‘liq  $\sigma_r, \sigma_\phi, \sigma_z$  - dispersiY.

$$\frac{\sigma_z}{\sigma_r} = \begin{cases} 0,4 & \text{кари юлдуз} \\ 0,8 & \text{ёш юлдуз} \end{cases}$$

Yosh yulduzning qari yulduzdan tebranish amplitudasi 2 marta katta bo‘ladi  $0,8 > 0,4$ .

Bizning galaktikada yulduzlar tug‘ilmagan vaqtda moddalar sovuq bulutlardan iborat bo‘lgan. Bu molekulyar bulutlarning klassifikatsiyasi ishlab chiqilmoqda. Mayda bulutlar o‘rtacha Quyosh massasiga ega bulutlar, gigant bulutlar massasi esa  $3 \cdot 10^6$  Quyosh massasiga teng. Gigant molekulyar bulutlar 4000 gacha boradi. O‘lchamlari  $D=30 \div 40$ pk. 160 pk bo‘lgan gigant molekulyar bulutlar ham mavjud.

$$\sum m = 4 \cdot 10^9 m_{\text{күёш}}$$

O‘rta hisobdagi o‘lchami:  $m=5 \cdot 10^5 m_{\text{Quyosh}}$ . Afsuski molekulyar bulutlarning bir nechta parametrlari aniqlanmagan. Yulduzlar tug‘ilishi uchun magnit maydon kuchli bo‘lmagan va Jins kriteriysi o‘rinli bo‘lishi kerak. Molekulyar bulutlarning atigi 3 – 5% gina yulduzlarga aylanar ekan. Yulduzlarning tug‘ilishi effektivligi parametri mavjud bo‘lib, bu yulduzning qancha massasi yulduzga aylanishini bildiradi. Yulduzlar tug‘ilish effektiv parametri – bu yulduzlar necha % yulduzlarga aylanishini bildirib, bu 3 – 5% ga teng ekan. Maksimum 9 gacha bo‘lib 10 dan oshmaydi. Bugungi kunda yulduzlarning tug‘ilishini sonli eksperiment orqali kuzatish mumkin.

### Nazorat savollari:

1. Tabiatdagi fundamental o‘zaro ta’sirlar.
2. Gravitatsion kuchlar.
3. Elektromagnit kuchlar.
4. Kuchli o‘zaro ta’sir.
5. Kuchsiz o‘zaro ta’sir.
6. Kengayuvchi koinot.
7. Katta portlash qachon yuz bergan.
8. Galaktikalarning uzoqlashishi
9. Galaktikalarning uzoqlashish tezligi.

## Foydalanilgan adabiyotlar

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.
3. Sivuxin D.V, Kurs obshey fiziki, uchebnoye posobiye dlya vuzov, t. 5 – Atomnaya i yadernaya fizika, 3-ye izdaniye, FIZMATIZ, 2011.
4. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
5. Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.
6. Filchenkov M.L., Gravitatsiya, astrofizika, kosmologiya: dopolnitelniye glavi, «LIBROKOM», 2010.

### Internet ma'lumotlari

1. [http://hea.iki.rssi.ru/HEAD\\_RUS/links\\_k.htm](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/)



### 3-MAVZU: QUYOSH SISTEMASINING 0,5 PARSEKGACHA ICHKI TUZILISHI VA KOSMOGONIYASI

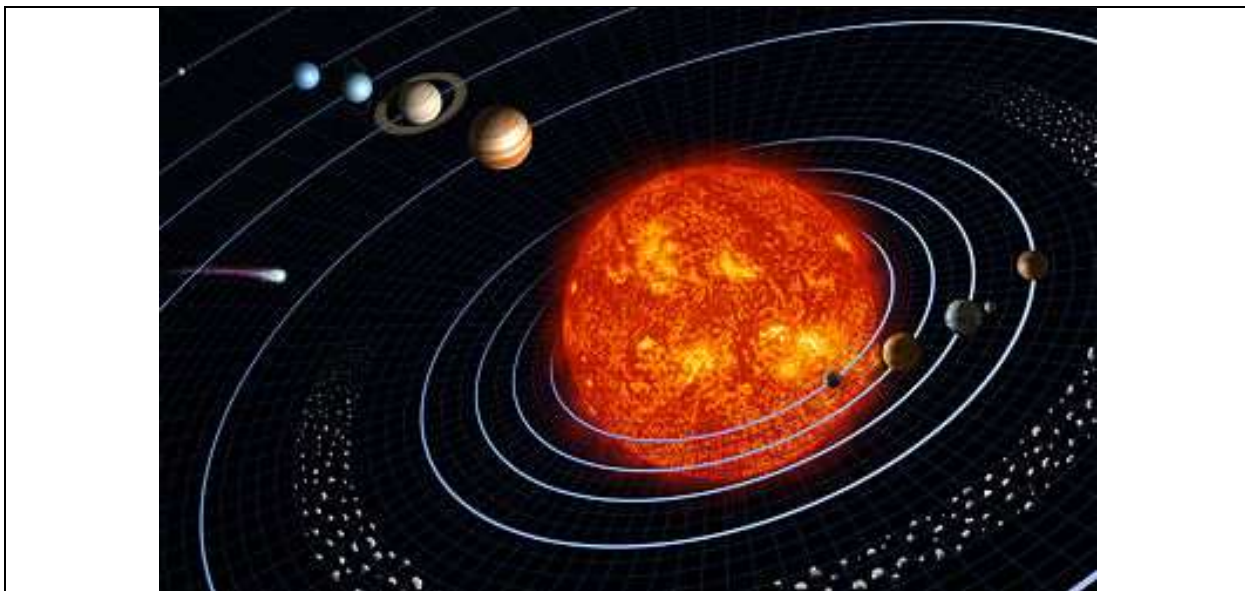
#### REJA

- 3.1. Quyosh sistemasi kelib chiqish nazariyalari.
- 3.2. Yer tipida sayyoralar.
- 3.3. Gigant sayyoralar.

**Tayanch iboralar:** *Yulduzlar temperaturasi, yulduzlar evolyusiyasi, Gersshprung-Rassel diagrammasi, yulduzlar magnit maydoni, o'ta yangi yulduzlar.*

#### 3.1. Quyosh sistemasining ichki tuzilishi

Quyosh va uning atrofida harakatlanayotgan kosmik jismlar majmuasi (to'plami) Quyosh sistemasini tashkil qiladi. Quyosh sistemasiga – shu sistemaning markazi bo'lmish Quyoshning o'zi, uning atrofida harakatlanayotgan 8 ta katta sayyora va shu sayyoraning yo'ldoshlari, 3000 dan ziyod kichik sayyora asteroidlar, 500 dan ziyod kometalar va ko'plab meteor jismlar kiradi. Agar ekliptika shimol qutbidan nazar tashlaydigan bo'lsa, unda hamma katta sayyoralar Quyosh atrofida soat yo'nalishiga teskari yo'nalishda, ya'ni to'g'ri yo'nalishda elliptik bo'ylab aylanayotganini kuzatishimiz mumkin bo'ladi. Deyarli hamma katta sayyoralar (Venera va Uran bulardan mustasno) va Quyoshning o'zi ham, Oy ham o'z o'qlari atrofida shu yo'nalishlarda aylanadilar. Sayyoralar yo'ldoshlarining ko'pchiligi ham o'z sayyorolari atrofida to'g'ri yo'nalishda harakatlanadilar. Asteroidlar ham katta sayyoralar kabi Quyosh atrofida to'g'ri yo'nalishda harakatlanadilar. Ularning orbitalari kattaroq eksentrisitetga ega bo'lib, ekliptikaga og'ish lari ham kattaroqdir. Ularning orbitalari ko'pchiligi Mars va Yupiter orbitalari oralig'ida joylashgan, lekin ayrimlarining orbitalari perigeliyda Merkuriy orbitasining ichiga yetganlari (Ikar), afeliyda Saturn orbitasigacha uzoqlashadiganlari (Idalgo) ham bor.



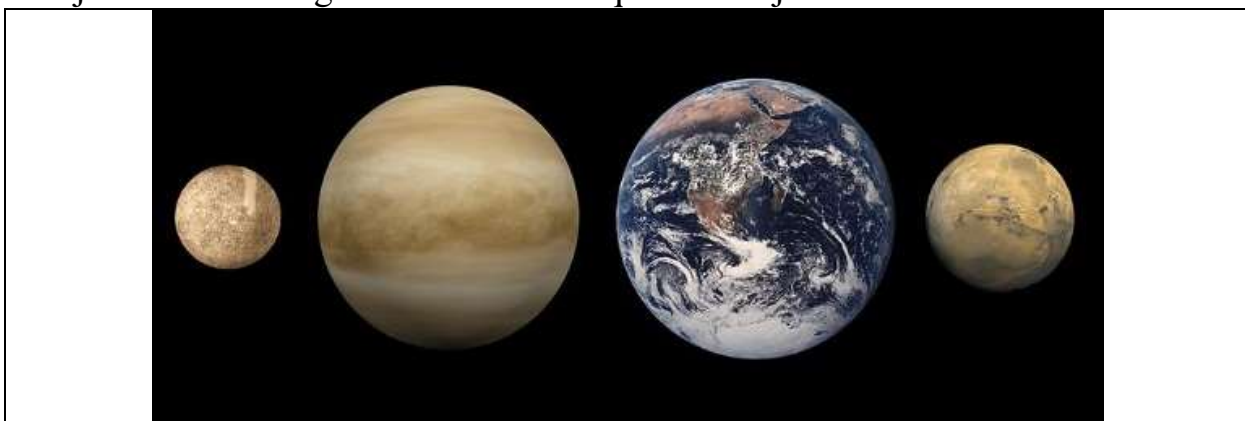
Quyosh sistemasi

Ko'pchilik kometalarning orbitalari juda cho'ziq ellips, eksentrisitetlari birga yaqin. Ayrim kometalarning afeliy masofalari 50000÷100000 a.b. ga va aylanish davrlari esa bir necha million yilga yetadi, qisqa davrli kometalarning orbitalari esa doirasimon. Kometa orbitalarining og'ishlari turlicha bo'lib, ko'p holda  $90^\circ$  dan oshadi, ya'ni kometalar Quyosh atrofida ayrimlari to'g'ri, ayrimlari teskari yo'nalishlar bo'yicha harakatlanadilar.

Meteor jismlarning harakatlari juda murakkab, ko'pchiligi meteor oqimlarni tashkil qilib, kometa orbitalari singari orbitalar bo'ylab harakatlanadilar.

### 3.2. Yer tipidagi sayyoralar

Yer tipidagi sayyoralar Merkuriy, Venera, Yer va Marsdan tashkil topgan. Ular asosan og'ir elementlardan iborat. Mantiya va qobiqda asosan silikatlar bo'lsa, yadrolari esa temir va nikeldan tashkil topgan. Bu sayyoralarning ichida Merkuriydan tashqari barchasida atmosfera mavjud. Ularning barchasida zarba natijasida hosil bo'lgan kraterlar va vulqonlar mavjud.



Yer tipidagi sayyoralar: Merkuriy, Venera, Yer, Mars (chapdan o'ngga)

**Merkuriy.** Quyoshga eng yaqin sayyora, o'lchamlari Oynikidan sal katta. Zichligi Yernikiga yaqin, erkin tushish tezlanishi Yernikidan 2,6 marta kichik.

Quyoshga yaqinligi va kichik burchak kattaligi (tahminan 7") sababli uni kuzatish juda qiyin va bu sayyora haqida Yerdan 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 yerda baland (bir necha kilometr) va cho'zilgan toq sistemalari mavjud. Bu degani sayyora evolyusiya jarayonida siqilib borgan.

Merkuriyning sathi ekvatorida 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, konsentratsiyasi 106 sm-3. Yer sharoitida bunaqa zichlik 700 kilometr tepalikda uchraydi. Atmosferaning kimyoviy tarkibi aniq emas. "Mariner-10" da o'rnatilgan spektrometr 104 sm-3 konsentratsiyada geliyni topdi. Keynchalik u yerda anchagina natriy borligi aniqlandi - 105 sm-3. Sayyoraning kunduzgi haroratida natriy faqat gaz sifatida bo'lishi mumkin.



**40-rasm.** O'ng tomonda Janubiy yarimsharda Tolstoy krateri ko'rinib turibdi. Merkuriyning Messenjerda kosmik apparatida olingan su'rati

Merkuriyning magnit maydoni bor. Ekvator enida uning kuchlanishi  $\sim 0,002$  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 tuzilishiyesa Yerga.

**Venera.** Uning massasi Yernikidan katta farq qilmaydi ( $M=0,82M_{\text{Mer}}$ ), o'lchamlari ham deyarli bir hil ( $R=0,95R_{\text{Er}}$ ). XVIII asrda Venerada atmosfera borligi isbotlandi. Shuning uchun ko'p yillar davomida Venerada va Yerdagi 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 himla-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 keyin 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  $3^\circ$ .

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.

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.

Veneraning sathiga "Venera" seriyasidagi ASS qo'ndirilgan. Ular Yerga Venera sathining suratlarini berishgan (42-rasm), atmosfera va gruntning kimyoviy tarkibini o'rganishgan (7 jadval). Atmosferaning asosiy tashkil etuvchisi -  $\text{SO}_2$  va  $\text{N}_2$ . Ulardan tashqari boshqa gazlar ham bor - suv bo'g'i, is gaz,  $\text{SO}_2$  va HKI 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 harorat sababi - parnik effekti, chunki baland harorat, katta bosim va  $\text{SO}_2$  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 kechgaydi, ularning o'rtacha tezliklari 100 km/s. Bu hodisa bulutlar harakati orqali topilgan. Keyin Venera atmosferasiga ayerostatlar 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 meridianlaridan kuchliroq.

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

**Mars.** Bu Yer tipidagi to'rtichi sayyora, radiusi yernikidan 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). Yerga o'hshab Marsda fasllar almashuvi sodir bo'ladi. Lekin janubiy yarimsharida shimoliyga qaraganda yez qisqa va issiqroq. Sababi janubiy yarimsharida yez perigelidan o'tish paytiga to'g'ri keladi. Marsning bir yili 673 yer sutkasiga teng.

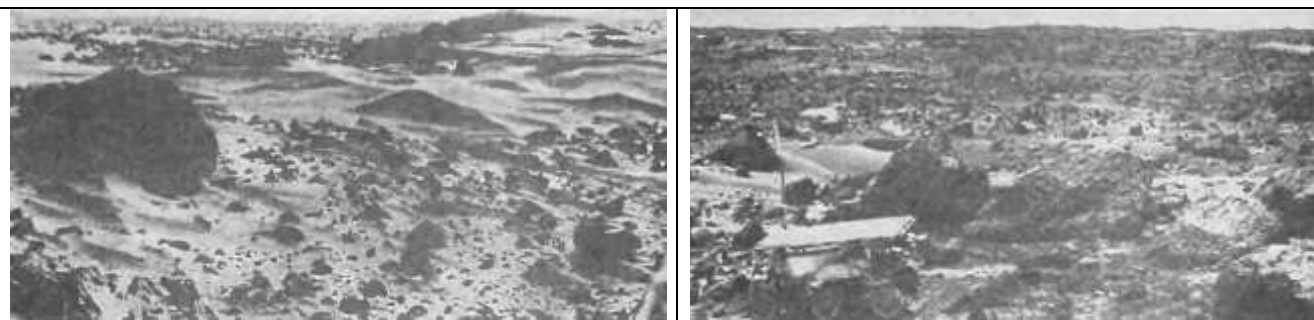
Teleskopda Mars sathini kuzatgan, u yerda ko'p sonli detallar ko'rinadi. Ularni uchta guruhlariga bo'lishimiz mumkin:

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 50o 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 Yer singari hamma geologik jarayonlar bo'lib o'tgan - zarbalar, tektonik surilishlar, vulqon otilishlari, erroziY. Lekin ularning izlari boshqacha proporsiyalarga ega. 43-rasmda "Viking-1" va "Masr-Pasfaynder" ASS lar tomonidan olingan Masr sathi suratlari ko'rsatilgan.



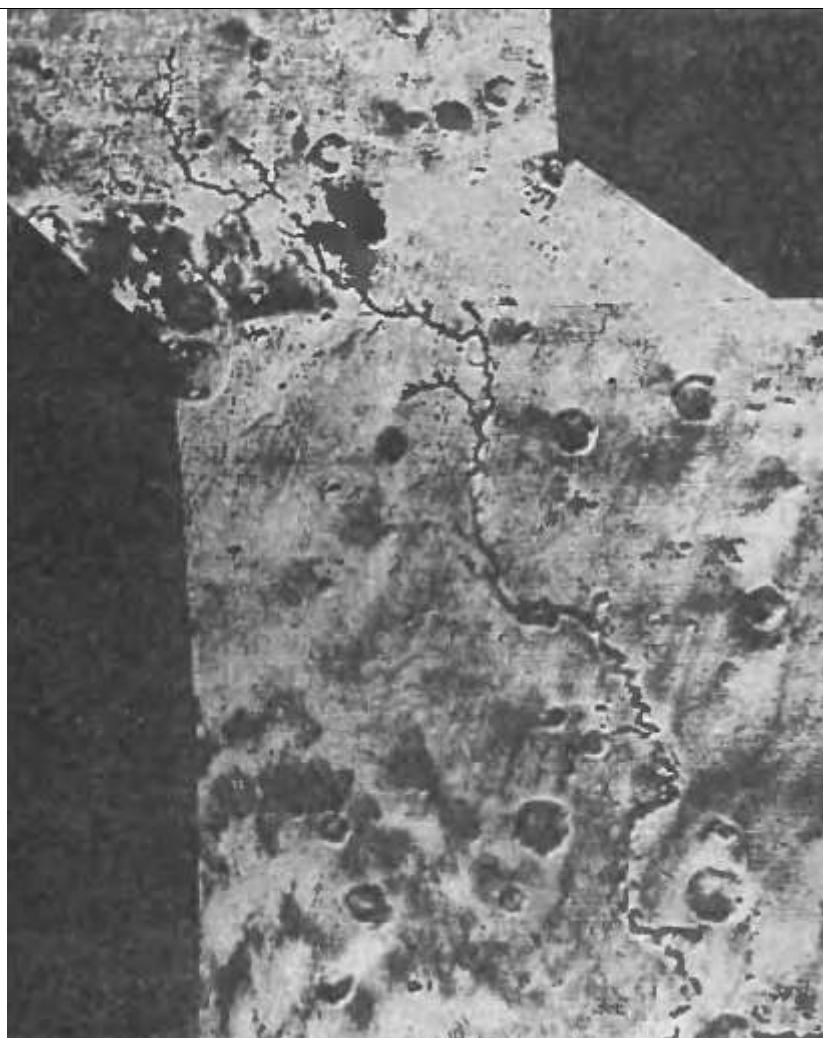
Mars sathining panoramasi: a) "Viking-1" olgan surat (1976); b) "Mars-Pasfaynder" uzatgan surat (1997), chapda "Sodjorner" nomli birinchi marsaxod.

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 hususiyatga 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 yerda juda katta, balandligi 25-28 kilometrga yetadigan 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.



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

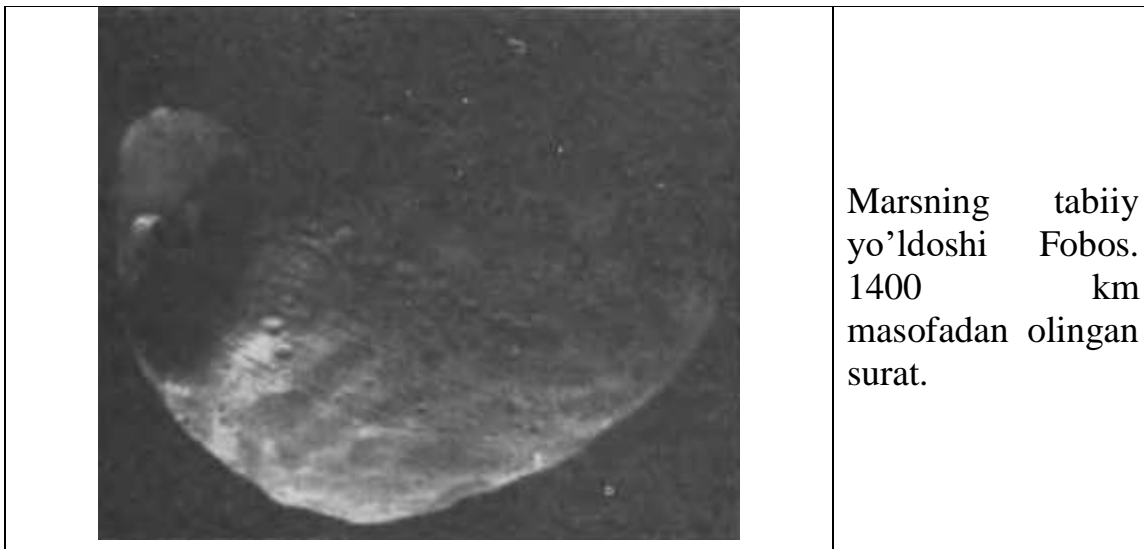
Erroziya izlari xar-xil ko'rinishda mavjud - xaotik relefli sohalar, turli ko'rinishdagi vodiylar, suv, lava, muzliklar oqimlaridan qolgan uzanlar, barhanlar va xokazo. Hozirgi paytda Marsda bevosita suv mavjud emas. Kichkina bosim va katta harorat sababli u allaqachon bo'g'lanib, yo'q bo'lib ketgan. 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).



Nigral – Marsda qurilgan suv o‘zanini eslatadigan vodiy. 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 o‘rtacha harorati 200 K, ekvatorida kunduzgi harorat 290K, kechqurun 170 K, katta sutkali harorat tebranishlari sababi atmosfera zichligi va gruntning issiqlik o‘tkazuvchanligining 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  $\text{CO}_2$  va  $\text{N}_2$ . Umuman atmosfera juda quruq. U yerdagi bo‘g‘ qiymati 1 mkm suv qatlamiga to‘g‘ri keladi (Yerda 1 sm). Atmosfera bosimi atigi 6 millibar. Marsda shamollar ham kuzatiladi, lekin ularning tezliklari nisbatan kichkina - sekundiga bir necha metr. Ammo ba’zi paytlarda tezligi sekundiga 40-50 metrli kuchli shamol ko‘tariladi. O‘sha paytda katta chang to‘zonlari 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.



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 (+11,5m va +12,5m). Shuning uchun ularni kuzatish qiyin. Fobos markazdan 2,77 radius masofada harakatlanadi, uning aylanish davri 7h39m14s, ya'ni Marsnikidan ancha kam.

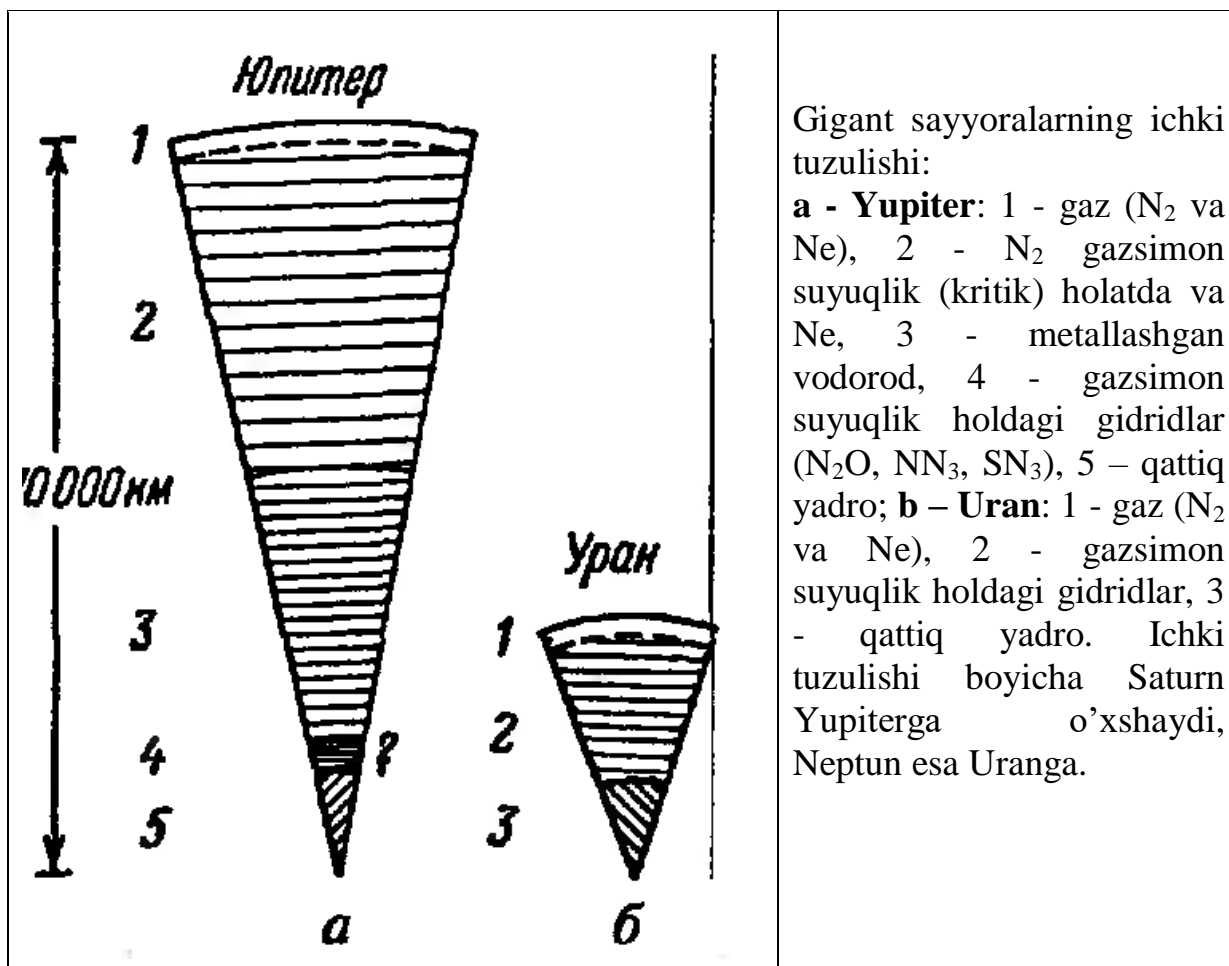
Natijada Fobos, to'g'ri harakatiga qaramay, g'arbda chiqadi. Deymos markazdan 6,96 radius masofada 30h17m5s davr bilan aylanadi. Ularning sathlarida kraterlar zichligi Marsnikidan kattaroq. Ikkala yo'ldosh noto'g'ri shaklga ega. Fobosning o'lchamlari taxminan 22-25 kilometr, Deymosniki esa taxminan 13 kilometr.

### 3.3. Gigant sayyoralar

Yuqorida aytilgandek, Yupiter, Saturn, Uran va Neptun gigant sayyoralar tipiga kirishadi. Bu sayyoralarni o'rganish nihoyatda qiyin, chunki ular juda uzoqda joylashishgan va yerdagi kuzatuvlar yetarli emas. Ularni o'rganish uchun KAlardan foydalanish kerak. KAlar sayyoralarga yillar davomida safar qilishiadi. 1972-1977 yillarda gigant sayyoralarga "Pioner-10", "Pioner-11", "Voyadjer-1" va "Voyadjer-2" KAlari uchirilgan.

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





Gigant sayyoralarning ichki tuzulishi:

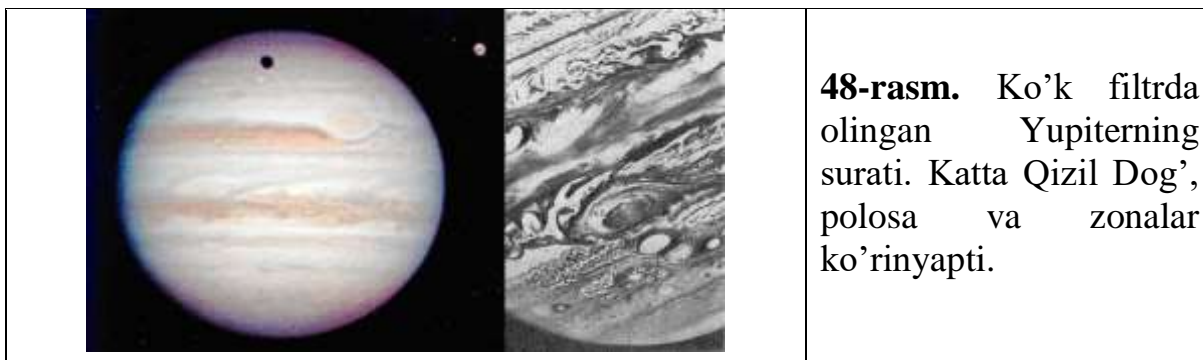
**a - Yupiter:** 1 - gaz ( $N_2$  va Ne), 2 -  $N_2$  gazsimon suyuqlik (kritik) holatda va Ne, 3 - metallashgan vodorod, 4 - gazsimon suyuqlik holdagi gidridlar ( $N_2O$ ,  $NN_3$ ,  $SN_3$ ), 5 - qattiq yadro; **b - Uran:** 1 - gaz ( $N_2$  va Ne), 2 - gazsimon suyuqlik holdagi gidridlar, 3 - qattiq yadro. Ichki tuzulishi bo'yicha Saturn Yupiterga o'xshaydi, Neptun esa Uranga.

Gigant sayyoralarning ichki tuzilishi ham Quyosh tizimidagi boshqa obyektlardan farqlanadi. 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 interpolyatsiya 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 hususiyatlari 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 uchki tuzilishi Yupiterga o'hshaydi. Uran va Neptun sezilarli farq qiladi, u yerda tohsimon 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 xarakteristikalari 4 va 5 jadvallarda berilgan, kimyoviy tarkibi 8 jadvalda.

<b>Jadval 8. Yupiter atmosferasining kimyoviy tarkibi</b>	
Tashkil etuvchi	Protsent ulushi (hajm boyicha)
Azot, N <sub>2</sub>	-
Kislorod, O <sub>2</sub>	-
Karbonad angidrid gazi, CO <sub>2</sub>	-
Argon, Ar	~10 <sup>-3</sup>
Neon, Ne	2,3·10 <sup>-3</sup>
Geliy, He	16
Kripton, Kr	-
Kseneon, Xe	Qiymati aniq emas
Vodorod, H <sub>2</sub>	84
Metan, CH <sub>4</sub>	~0,02
Oltin gugurt oksidi, SO <sub>2</sub>	-
Suv bug'i, H <sub>2</sub> O	Qiymati aniq emas
Ozon, O <sub>3</sub>	-
Is gazi, SO	-
Ammiak, NH <sub>3</sub>	~0,05
O'rtacha molekulyar massa	2,3

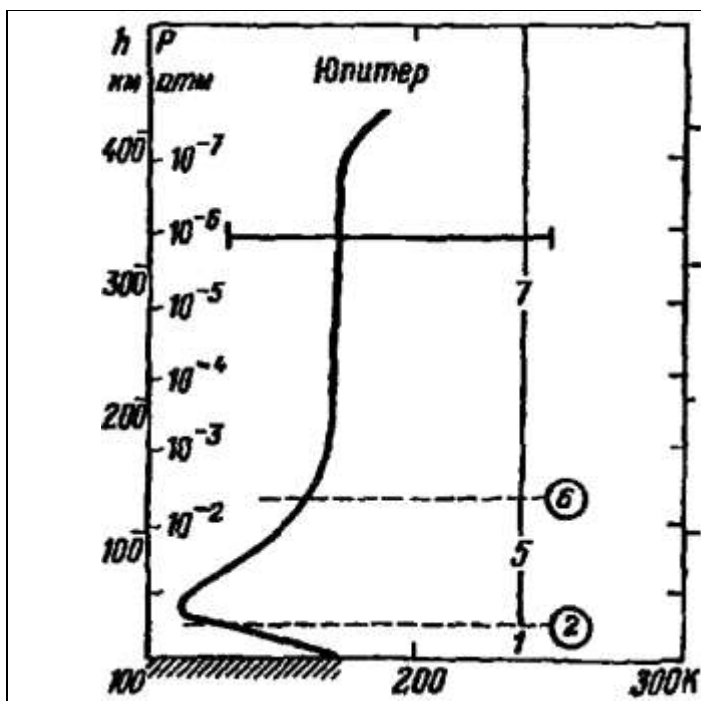
Yupiterning yoy diametri taxminan 40". Uning diskida ko'p sonli detallar ko'rinadi, lekin ularning birontasi barqaror emas. Ular orasida asrlar davomida kuzatiladiganlari ham bor, lekin vaqt sari ularning shakli va joylanishi o'zgarib turadi. Yupiterning "ko'rinma" sathi aslida bulut qatlamlari. Ulardan 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).



Quyosh singari Yupiter ham differentsial aylanishga ega. Aylanish davri kenglik kattayishi bilan oshadi. Yupiter diskidagi detallarning joylanishini ko'rsatish uchun u yerda ikkita kengliklar sistemasi qo'llaniladi: I sistema ekvatorial sohalari uchun, aylanish davri 9h50m30s va II sistema o'rta kengliklar uchun, uning davri 9h55m40s. Katta qizid Dog' II sistemada joylashgan.

Yupiter diskining yo'l-yo'l strukturasi u yerdagi zonal (kengliklarga parallel) yo'nalishda sodir bo'layotgan shamollar oqibati. Shamollar paydo bo'lish mexanizmi huddi Yerdagidek. 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 zanalar sohalari konvektiv oqimlar kuchliroq. Yer atmosferasiga o'xshab, Yupiterda ham siklonlar shakillanishadi. Ayrimlari juda barqaror bo'lishi mumkin (yashash davri ~ 105 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 yerdagi bulutlar ammiakning kristallaridan, 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.

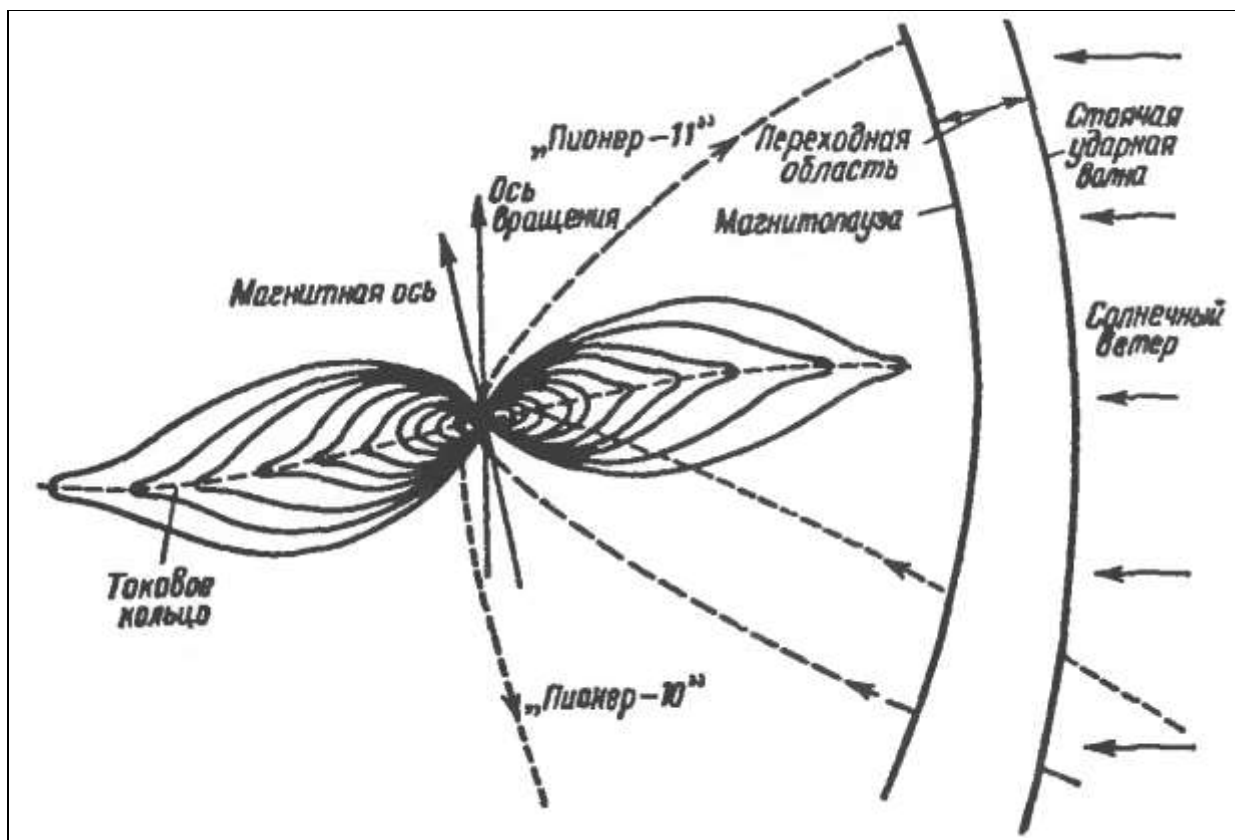


Yupiter atmosferasining verikal tuzilmasi. Absiss o`qi - harorat, ordinat o`qi - balandlik. Punktir chiziqlari - bulutlar qatlamining chegaralari. 1 - troposfera, 2 - tropopauza, 5 - stratomezosfera, 6 - mezopauza, 7 - termosfera.

Yupiterning effektiv harorati  $T_{ef} = 130$  K ga teng, sferik albedosi  $A_{sf} = 0,50$ . Sayyoraning ichki energiyasi oqimi tushayotgan yenergiya 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.

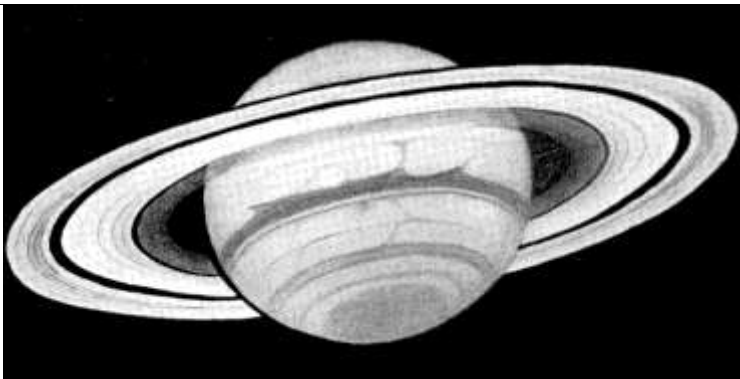
Yupiter ichidagi suyuqlik oqimlari ulkan magnit maydonni hosil qiladi - taxminan 10 E. 50-rasmda Yupiterning magnitosfera sxemasi ko`rsatilgan. Uning o`lmamlari sayyoranikidan bir necha yuzmarta oshadi.



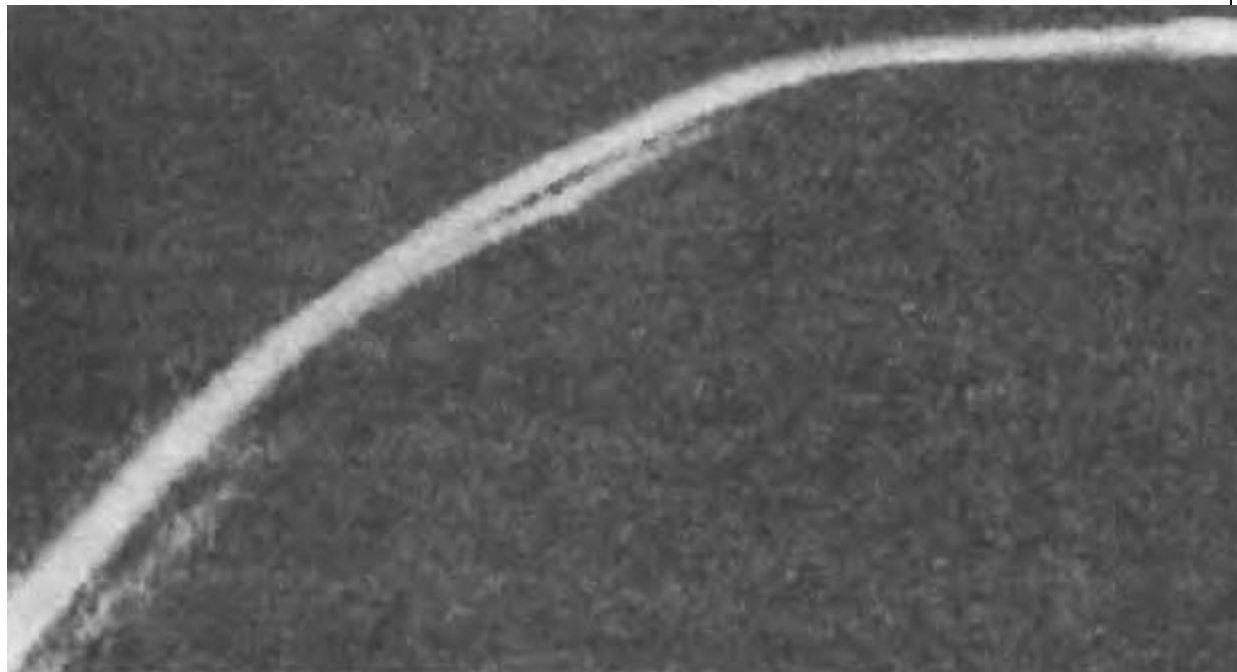
Yupiter magnitosferasining sxemasi. Yupiterdan magnitpauzagacha bo'lgan masofa sayyoraning 50-100 radiusiga teng.

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.



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

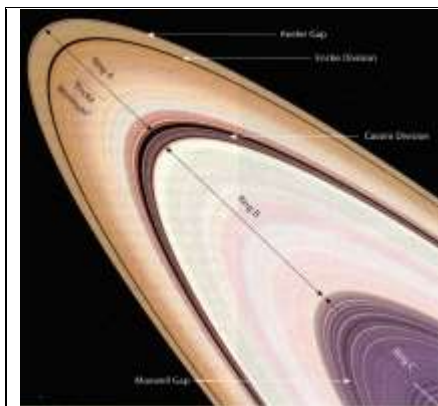


1980 y. "Voyadjer-1" tomonidan olingan Saturn xalqalarning surati. Pastda Saturn xalqalari sistemasining fragmenti: tashqi ingichka F xalqa. U yerdan ko'rinmaydi va murakkab tuzulishga ega.

**Saturn.** Bu sayyora Quyoshdan Yupiterga nisbatan ikki marta uzoqroq joylashgan va Quyoshni atrofini 29,5 yilda aylanib chiqadi. Uning orbital va fizik xarakteristikalari 4 va 5 jadvallarda berilgan. Uning massasi Yernikidan 95 marta katta, yerkin tushish tezlanishi  $11\text{m/s}^2$ . 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 rasmda berilgan.

Saturn ham Quyosh va Yupiter singari differentsial aylanishga ega. Uning

ekvatoridagi aylanish davri 10h14m va kenglik bo‘ylab oshadi. Saturnning diskida polosa, zona va boshqa ingichka birliklar ko‘rinadi. Lekin ularning kontrastligi yomonroq va umuman olganda uning diski yupiyerga qarganda detallarga kamroq. Kimyoviy tarkibi va ichki tuzilishi bo‘yicha Saturn Yupiterga o‘hshaydi. Spektroskopik tadqiqotlar Saturnning atmosferasida vodorod  $N_2$ , metan  $CH_4$ , atsetilen  $C_2H_2$ , etan  $C_2H_6$  borligini ko‘rsatdi, ya‘ni sayyoraning 99,9% vodorod va geliydan iborat.



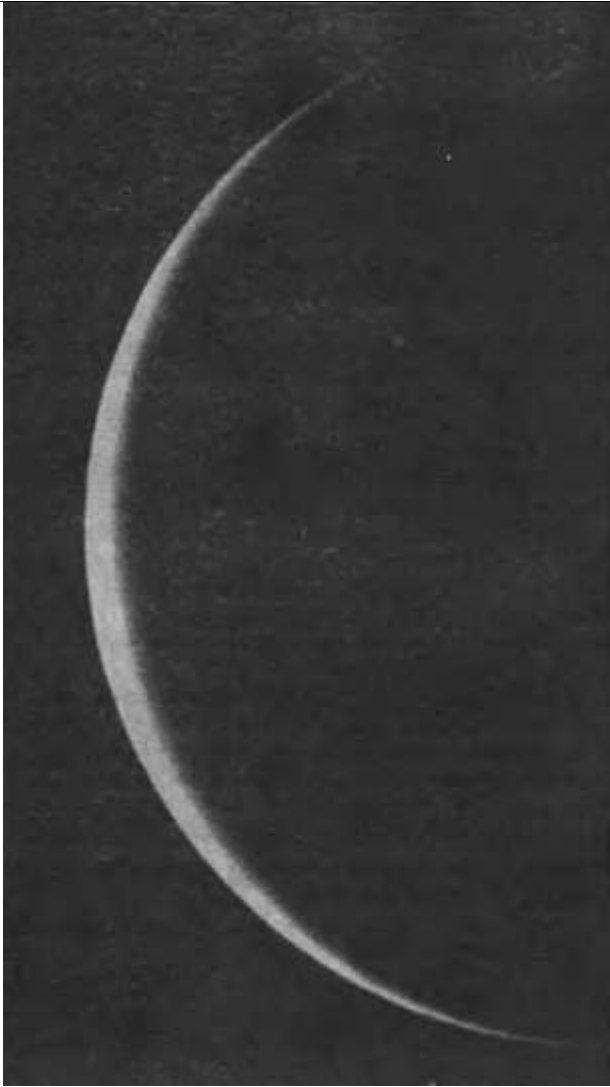
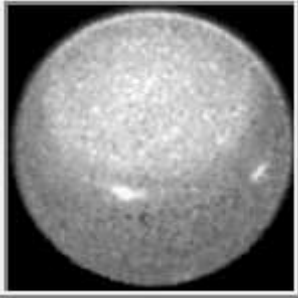
“Voyadger-1” kosmik apparat yordamida Saturn yoq olingan uning xalqalari surati. A, V, S xalqalar va Kassani oralig‘i o‘z navbatida ko‘plab ingichka xalqalarga ajralib ko‘rinmoqda.

Saturnning effekti harorati 95 K. Huddi Yupiterdak, nurlanayotgan energiyaning yarimi ichki issiqlikga to‘g‘ri keladi. Saurt magnit maydoni (bulutlar sathida  $\sim 0,5 E$ ) 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‘ obyektlar qatoriga kirishadi. Uran faqat teleskopda kuzatiladi (yulduz kattaligi 5,8m) va kichkina (diametri  $\sim 4''$ ) yashil disk bo‘lib ko‘rinadi. Uning massasi Yernikidan 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 yerda og‘ir elementlarning ulushi ko‘proq. Uranning boshqa karakteristikalar 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 - 17.24h. Ekvator tekisliginang ekliptikaga og‘masi juda katta -  $98^\circ$ , ya‘ni sayyora yotib olib harakatlanadi desa ham bo‘ladi.

Spektroskopik tadqiqotlar Uranning atmosferasida vodorod  $H_2$ , geliy Ne, metan  $CH_4$  va atsetilen 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.

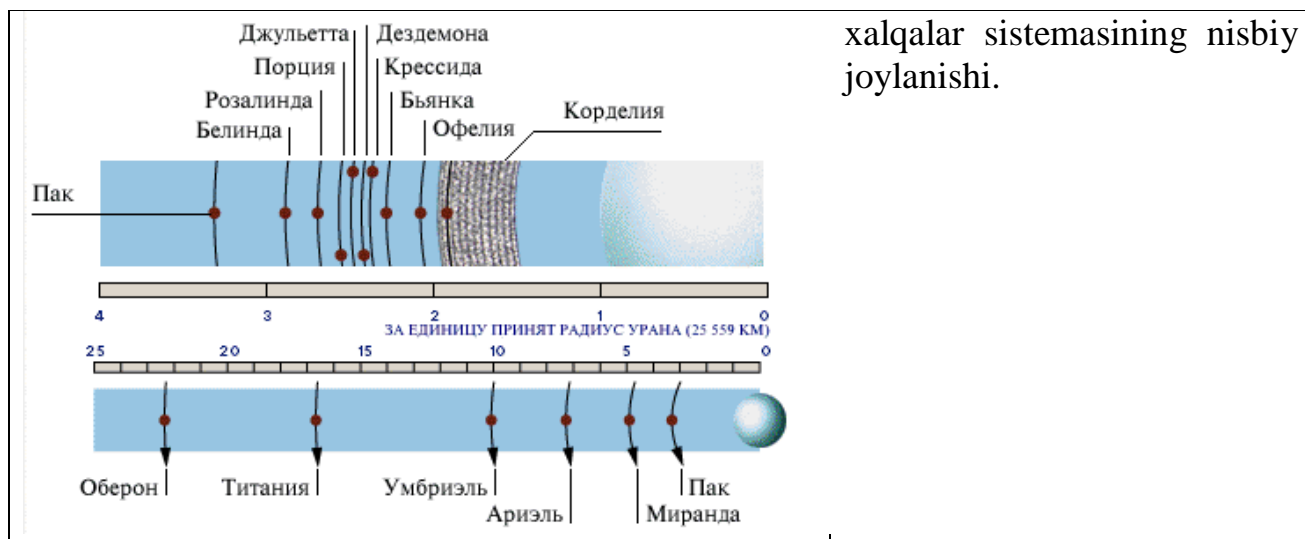
	
<p>Uranning 1 mln. kilometr masofadan olingan surati.</p>	<p>Xabli nomli telekopdan olingan surat</p>

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 og‘gan.

Uranda 21 tabiiy yo‘ldoshlari va halqalar sistemasi bor. 56-rasmda ularning nisbiy joylanishi ko‘rsatilgan.

	<p>Uranning yo‘ldoshlari va</p>
--	---------------------------------





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

### Nazorat savollari:

1. Koinotda yulduzlarning paydo bo‘lishi va evolyusiyasi.
2. Qizil gigant.
3. Yulduzlarning temperaturasi
4. Vin siljish qonuni
5. Yulduzlarning spektral klassifikatsiyasi
6. Gersshprut-Rassel diagrammasi.
7. Rang ko‘rsatkichini o‘lchash.
8. Spektral chiziqlar intensivligini o‘lchash.
9. Yulduzlar spektri.
10. Yulduzlarning evolyusiyasi.

### Foydalanilgan adabiyotlar

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.
3. Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.
4. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
5. Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.
6. Bochkarev N.G.b Magnitniye polya v kosmose, M.: Knijniy dom «LIBROKOM», 2011. – 216 s.

### Internet ma'lumotlari

1. [http://hea.iki.rssi.ru/HEAD\\_RUS/links\\_k.htm](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/)

## 4-MAVZU: YULDUZLARNING TUG‘ILISH SOHALARI VA ULAR INDIKATORLARI

### REJA

4.1. Yulduz tug‘ilish soxalarining nazariy asoslari

4.2. Yulduz tug‘ilish jarayonini jadallashtiruvchi omillar

**Tayanch iboralar:** *Somon yo‘li, gaz – chang tumanliklari, molekulyar bulutlar, ionlangan vodorod sohalari, qora tumanliklar*

#### 4.1. Yulduz tug‘ilish soxalarining nazariy asoslari

Yulduz tug‘ilish jarayoni zamonaviy astrofizikaning fundamental muammolaridan biri bo‘lib, u yulduzlar aro muhitdagi gaz – chang bulutlaridan yuzaga keladi. Galaktikada bir necha yulduz aholisining mavjudligini nazariya to‘xtovsiz yulduz tug‘ilishi va ularning xossalari vaqt davomida o‘zgarib borishi bilan tushuntiradi. Har bir yulduz aholisi shakllanishining boshlang‘ich bosqichi haqida xabar beruvchi ma‘lumotni o‘zida saqlab qoladi. Yulduzlarning yoshi ularning kimyoviy tarkibi bilan chambarchas bog‘liq.

Ilk yulduzlar tug‘ilish jarayonida protogalaktika gaz buluti vodoroddan (taxminan 75%) va geliydan (taxminan 25%) iborat bo‘lib sferik hajmga ega sohani qamragan bo‘lgan. Evolyusiyasining so‘nggi bosqichida birinchi avlod yulduzlari yulduzlar aro muhitni vodorod va geliydan og‘irroq elementlar bilan boyitgan. Shuning uchun ulardan keyingi bosqichda shakllangan yulduzlar nisbatan og‘irroq elementlarga boy. Qari yulduzlar Galaktikaning sferik podsistemasini tashkil etib, Galaktika markazi tomon ularning konsentratsiyasi oshib boradi. Yoshroq yulduzlar esa aylanish tezligi va markazga intilma kuchlar ta’siri tufayli galaktik tekislikda joylashgan hisoblanadi.

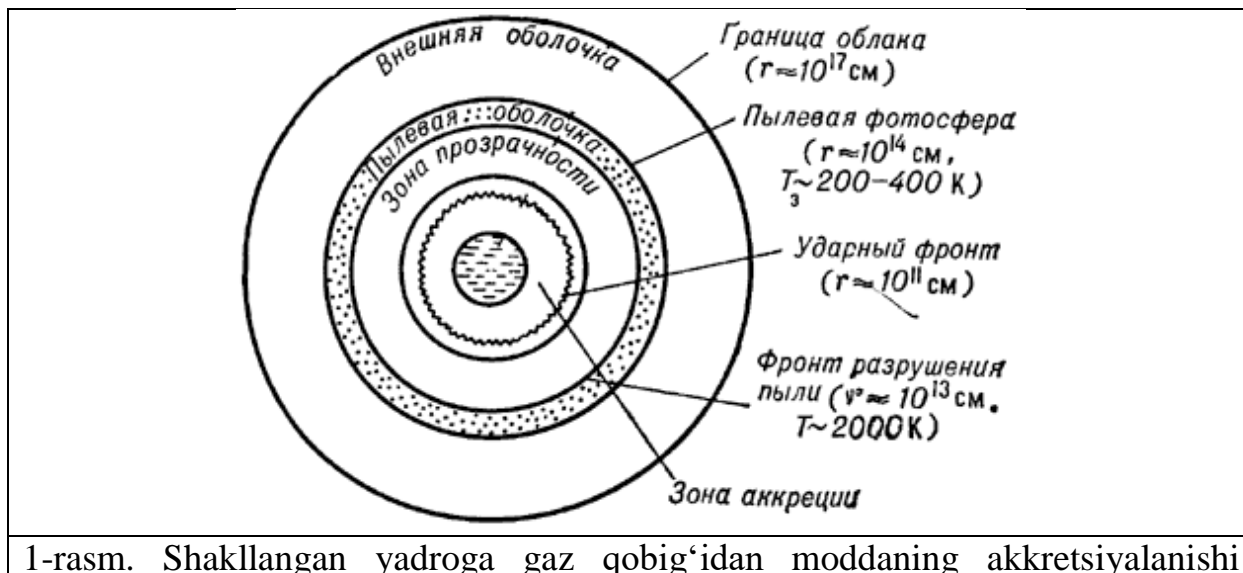
Gravitatsiya kuchlari ta’siridagi katta hajmdagi sovuq gaz bulutlarining fragmentatsiya jarayoni yulduz tug‘ilishi boshlanganligidan darak beradi. Bu hodisa ro‘y berishi uchun ajralayotgan fragmentning massasi kritik qiymatdan (Jins massasi) katta bo‘lishi shart.

$$\mathfrak{M}_{Jins} = \left(\frac{k}{Gm_H}\right)^{\frac{3}{2}} T^{\frac{3}{2}} \rho^{-\frac{1}{2}} \quad (*)$$

bu yerda  $T$  va  $\rho$  – mos ravishda gaz temperaturasi va zichligi,  $m_H$  – vodorod atomi massasi. Bunday massali fragment (gaz buluti) uchun gravitatsiya kuchlari gaz bosimi kuchidan ustun keladi va siqilish jarayoni boshlanadi. Agar gaz buluti kattaroq ( $\mathfrak{M} \gg \mathfrak{M}_{Jins}$ ) bo‘lsa, uning markazida sekin – astalik bilan zichroq soha paydo bo‘lishni boshlaydi. Bu sohadagi bulutning temperaturasi uning zichligi oshishiga qaramasdan gazning intensiv ravishda sovushidan (siqilish natijasida hosil bo‘lgan issiqlik molekulyar gazning nurlanishi hisobiga kamayadi) pastligicha qoladi. Changning submillimetr va uzun to‘lqinli infraqizil diapazondagi nurlanishi oqibatida energiyaning katta qismi sarflanadi, buning

natijasida gazning sovuq holati saqlanib qoladi. Gazning siqilishi deyarli izotermik ravishda kechadi. (\*) ifodadan ko‘rinib turibdiki, bunday holatda gaz zichligini oshib borishi bilan  $\mathfrak{M}_{Jins}$ ning qiymati kamayadi va qandaydir momentga kelib bulutning zichligi yuqori bo‘lgan qismi qiymati  $\mathfrak{M}_{Jins}$  ga yaqin bo‘lgan bir – biri bilan gravitatsion bog‘langan fragmentlarga ajralishi mumkin. Yuqorida aytilgan, gravitatsion beqarorlik bilan bir qatorda yulduz tug‘ilish jarayonida issiqlik beqarorligi oqibatidagi fragmentatsiyalanish katta rol o‘ynaydi. Bundan tashqari, magnit maydonning ta’siri ham sezilarli o‘ringa ega (Rele – Teylor beqarorligi).

Yuzaga kelgan har bir gaz bulutining fragmenti o‘zining gravitatsiyasi ta’sirida yana siqilishni boshlaydi va uning massasi Jins massasidan ancha katta qiymatga yetganida u o‘z navbatida kichik fragmentlarga bo‘linadi. Bu jarayon iyerarxik yoki kaskad fragmentatsiyasi deb ataladi. Bu hodisa navbatdagi fragmentlar nurlanishga noshaffof bo‘ladigan zichlikning yuqori darajasiga yetguniga qadar davom etadi. Noshaffof fragmentlarning siqilishi temperaturaning adiabatik ravishda oshishi bilan kuzatiladi va Jins massasini oshishiga olib keladi, bu esa navbatdagi fragmentatsiya jarayonini sodir bo‘lmasligiga olib keladi. So‘nggi fragmentatsiya seriyalari protoyulduz holatini o‘zida aks ettiradi, gazning noshaffof massasida gravitatsiya ichki bosim bilan tenglashadi. Hisob kitoblar shuni ko‘rsatmoqdagi, gazning noshaffoflik holatida fragmentlar massalari fundamental konstantalar (yorug‘lik tezligi, gravitatsiya doimiysi, Plank doimiysi, elektronning zaryadi va massasi) bilan ifodalanuvchi aniq qiymatga erishadi. Bu qiymat kuzatilayotgan yulduzlarning massalariga bilan mos tushadi. Hozircha nazariy jihatdan fragmentlarning massa bo‘yicha taqsimot funksiyasini topishning imkoni yo‘q. Lekin nazariya nima sababdan tug‘ilayotgan yulduzlarning massalari chegaralanganligini tushuntirib bera oladi. Avval protoyulduzning markaziy zichligi yuqori qismi nurlanishi noshaffof bo‘lishi tabiiy, chunki uning yadrosi nurlanishi absolyut qora jismnikiga o‘xshash bo‘ladi. Yadroga qobiqdagi gaz tushib (akkretsiyalanib), uning massasini sekin – asta oshishiga olib keladi (1-rasm).



1-rasm. Shakllangan yadroga gaz qobig‘idan moddaning akkretsiyalanishi

Massa oshishi bilan yadroning ravshanligi ham oshib boradi va qandaydir bosqichga kelganda (agar uning qobig'i massiv bo'lsa va yadroga yetarlicha modda kelib tushsa), ravshanligi shunchalik oshib ketadiki, natijada qobiqdagi gazni qizdirib yulduzlar aro muhitga sohib yuboradi (bu yerda nurlanish bosimi roli muhim). Shu sababli yadro massasining oshishi to'xtaydi va u yulduzga aylanadi.

#### **4.2. Yulduz tug'ilish jarayonini jadallashtiruvchi omillar**

Galaktika markazida diametri 1 parsek bo'lgan o'zakcha joylashgan. Unda yulduz zichligi  $10^6 \text{ }^1/\text{ps}^3$ . O'zakcha ichida kuchli radio va infraqizil nurlanish sohadigan yulduzsimon obyekt (diametri  $< 10 \text{ a.b.}$ ) joylashgan bo'lishi mumkin. U o'ta katta massaga ega bo'lgan qora o'ra bo'lishi mumkin. o'zakcha ellips shaklidagi ( $15 \times 30 \text{ ps}$ ) o'zak ichida joylashgan<sup>10</sup>. O'zakni diametri  $1600 \text{ ps}$  bo'lgan gaz disk o'rab turadi. o'zak atrofining kattaligi  $4.8 \times 3.1 \text{ Kps}$  bo'lgan markaziy quyuqma o'rab turadi. Osmonda u  $28^\circ \times 18^\circ$  kattalikda Aqrab va Qavs yulduz turkumlarida ko'rinadi. U asosan qizil gigant va karlik yulduzlardan iborat. Markaziy quyuqmada  $200 \text{ km/s}$  tezlik bilan kengayayotgan zich gaz oqimlari kuzatiladi. Spiral tarmoqlar ana shu markaziy quyuqmadan boshlanadilar.

Galaktika to'rtta spiral tarmoqqa ega: birinchi tarmoqning o'rtacha radiusi  $3 \text{ Kps}$ . U ionlangan vodoroddan tarkib topgan va bu tarmoq  $50 \text{ km/s}$  tezlik bilan kengaymoqda; ikkinchi tarmoq Galaktika markazidan  $6-7 \text{ Kps}$  masofada joylashgan va u neytral vodoroddan va ko'plab qaynoq (O va V sinf) yulduzlardan iborat. Bu tarmoq Qavs yulduz turkumidan o'tkanligi uchun Qavs yengi deb ataladi; uchinchi tarmoq (Orion yengi) neytral vodorod va havorang – oq yulduzlardan tarkib topgan. Uning kengligi  $2-3 \text{ Kps}$ , Quyosh o'z sayyoralar tizimi bilan ana shu tarmoq a'zosi hisoblanadi. Uning chetlarida Galaktika markazidan  $10 \text{ Kps}$  uzoqlikda joylashgan; nihoyat to'rtinchi tarmoq (Persey yengi) Galaktikani eng tashqi tarmog'i uning tashqi chegarasi  $15 \text{ Kps}$  masofagacha yetadi. Tarmoqlar ichidagi yulduzlar qaynoq va yosh bo'lib, tarmoqning tashqarisida nisbatan past temperaturali keksa yulduzlar kuzatiladi.

Har xil fizik xususiyatga ega yulduzlarni osmonda joylashishiga ko'ra Galaktika beshta tashkil etuvchiga bo'linadi. Ular Galaktika tekisligidan har xil balandlik ( $z$ )da joylashadilar. Birinchisi – sferik tashkil etuvchi deb ataladi va unga RR-Lir (Liraning RR i) singari yulduzlar va sharsimon yulduz to'dalari kiradi. Bular Galaktika tekisligidan eng chetlarda ham kuzatiladi. Bu yulduzlar keksa, sovuq, qizil gigant yulduzlar bo'lib, Galaktika tekisligidan chiqib fazoga sochilib ketganlar<sup>11</sup>.

<sup>10</sup> Arnab Rai Choudhuri, *Astrophysics for Physics*, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

<sup>11</sup> T. Padmanabhan, *Theoretical Astrophysics, Volume I-III*, Cambridge University Press, 2010.

Ikkinchisi-oraliq sferik tashkil etuvchi deb yuritiladi. Bunga katta fazoviy tezlikka ega A va V sinfga mansub yulduzlar, uzun davrli o'zgaruvchan yulduzlar kiradi. Uchinchisi-oraliq disksimon-deyiladi va bosh ketma-ketlik yulduzlarning asosiy qismini shular qatori Quyoshni yangi yulduzlarni va planetar tumanliklarni, qizil gigantlarni o'z ichiga oladi. To'rtinchisi-eski yassi oraliq tizim deyiladi va unga A sinfga mansub yulduzlar, uzun davrli sefeidlar, tarqoq yulduz to'dalari kiradi. Beshinchisi-yosh oraliq tizim, O va V sinfga mansub qaynoq va Savrning T-si singari yulduzlarni, gaz va chang bulutlarni (molekulyar bulutlar shular jumlasidan) o'z ichiga oladi. Bu tashkil etuvchilar bir-birlaridan og'ir atomlar miqdori bilan farq qiladilar. Masalan sferik tashkil etuvchi (1) yulduzlarida metallar miqdori yosh yassiga (5) kiradigan yulduzlardan 100 martagacha kam. Sferik tashkil etuvchi yulduzlari yosh yassi yulduzlaridan 100 marta keksa.

Galaktika tashkil etuvchilarini ayrim fizik ko'rsatqichlari jadvalda keltirilgan

**3-jadval**

Oraliq tizim	Balanlik shkalasi $\beta$ , ps.	Og'ir elementlar nisbiy massasi, %	Baholangan yoshi, mlrd. yil
Sferik	2 000	0.1÷0.5	13
Oraliq sferik	700	1	7-12
Oraliq, disk	350	2	2-7
Yassi, eski	160	3	0.1-1.5
Yosh, yassi	100	4	0.1

Yuqoridagilarga asoslanib xulosa qilish mumkin. Yulduzlar Galaktika tekisligidagi gaz+chang bulutdan hosil bo'ladilar va asta-sekin uni tark etadilar. Keksaygan sari ularning kimyoviy tarkibi ham o'zgarib boradi. Galaktika tekisligini tark etgan yulduzlarni fazoviy tezliklari ham o'zgaradi. Dastlabki tekshiruvchilar sferik tashkil etuvchi yulduzlarni fazoviy Quyoshga nisbatan tezliklari katta (70 km/s) bo'lgani uchun choqirlar deb atashgan. Hatto buyuk olim Y. Oort (Gollandiya) bu yulduzlar Galaktikaga tashqaridan kirganlar deb aytgan. Keyinchalik bu «choqir»lar aslida Galaktikada eng sekin yuradigan yulduzlar ekanligi aniqlandi.

Gap shundaki, Galaktika o'z markazidan o'tuvchi tekisligiga tik joylashgan o'q atrofida aylanadi. Galaktika massasining asosiy qismi uning o'zagida joylashgan. O'zakdan tashqaridagi yulduzlar uning atrofida Kepler qonunlariga bo'yso'ngan holda aylanishlari kerak, bunday aylanma harakati burchak tezligi

$$\omega = \frac{1}{r^{3/2}} \text{ va orbital tezligi}$$

$$v = \omega r = \frac{1}{\sqrt{r}}. \text{ Biroq tekshirishlarni ko'rsatishicha tezlikni masofa bo'yicha}$$

kamayishi bu bog'lanishga qaraganda sekinroq ro'y beradi. Aylanma harakatning chiziqiy tezligi  $v$  markazdan uzoqlashgan sari orta boradi va Quyosh yaqinida maksimal qiymatga 250 km/s ga, yetadi va undan keyin sekin kamayaboradi.

Demak Galaktikada massani taqsimlanishi gravitatsion maydondagidan farq qiladi. Galaktika o'zagida massaning 80 % joylashgan, qolgan qismi esa butun Galaktika hajmi bo'ylab bir tekis taqsimlangan. Chunki Galaktika o'zagidan tashqariga yo'nalgan zich gaz oqimi oqib turadi<sup>12</sup>.

«Chopqir»lar Galaktika markazi atrofida sochilganlar. Ularni aylanma tezligi kichik. Quyosh Galaktika markazi atrofida tez (250 km/s) aylangani uchun ular unga nisbatan tez harakat qilayotganga o'xshab ko'rinadilar.

#### **Nazorat savollari:**

1. Statsionar yulduzlar
  2. Somon yo'li galaktikasi
  3. Galaktik ekvator nima?
  4. Chang tumanliklar
  5. Planetar tumanliklar
  6. Diffuz tumanliklar
  7. Ionlangan vodorod sohalari
  8. Tumanliklarni ichki tuzilishi xususiyatlari
  9. Galaktikani tuzulishi va tarkibi
- Kepler qonunlari

#### **Foydalanilgan adabiyotlar**

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.
3. Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.
4. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
5. Bochkarev N.G.b Magnitniye polya v kosmose, M.: Knizniy dom «LIBROKOM», 2011. – 216 s.

#### **Internet ma'lumotlari**

1. [http://hea.iki.rssi.ru/HEAD\\_RUS/links\\_k.htm](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/)

---

<sup>12</sup> T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.

### REJA

- 5.1. Galaktikalarning vujudga kelishi va evolyusiyasi.
- 5.2. Elliptik galaktikalarning kuzatuv ma'lumotlari va kelib chiqish nazariyalari.
- 5.3. Spiral galaktikalarning kuzatuv ma'lumotlari
- 5.4. Spiral tarmoqlarning vujudga kelishi va to'lqin nazariyasi
- 5.5. Kvazarlar tuzilishi va kosmogoniyasi

**Tayanch iboralar:** katta portlash, galaktikalar kosmogoniyasi, protogalaktika.

### 5.1. Galaktikalarning vujudga kelishi va evolyusiyasi

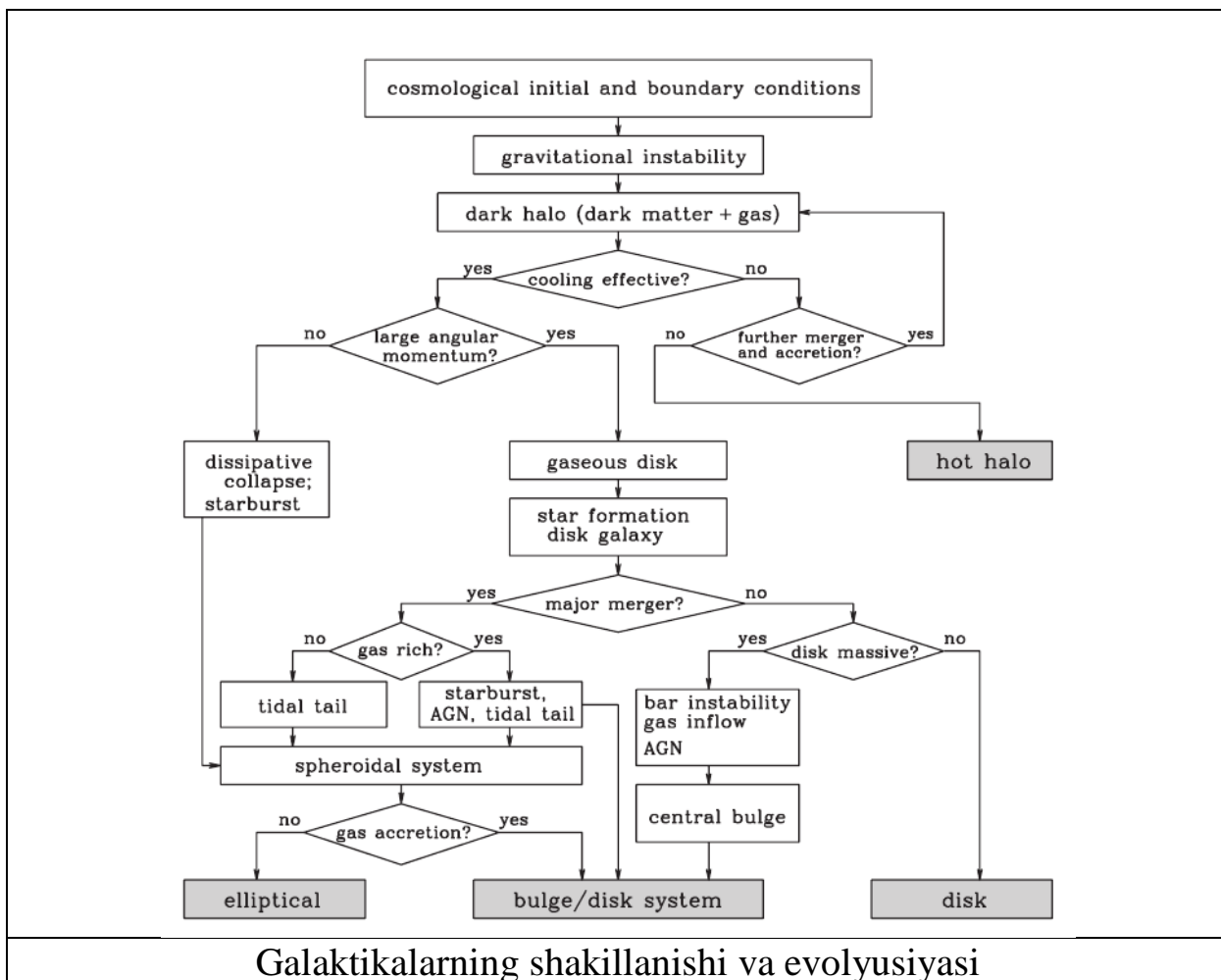
Galaktikalar Koinotning «g'ishtlari» hisoblanadi, shu sababli ularning qanday yuzaga kelgani va rivojlanish bosqichlari masalasi astrofizikaning hozirgi kundagi dolzarb muammolaridan biridir. Galaktikalar fizikasiga kirishdan oldin ularning zamonaviy qarashlarga asoslangan holda qurilgan nazariy asoslari bilan tanishib chiqish foydali deb hisoblaymiz. Quyida galaktikalar shakllanishidagi jarayonlarning bir – biri bilan bog'liqligi ko'rsatilgan.

Galaktikalarning vujudga kelish nazariyasida ikkita bir-biriga qarama-qarshi bo'lgan ssenariyalar mavjud: 1) Koinot evolyusiyasining boshlang'ich bosqichida avval galaktikalar protoo'tato'dalari 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'tkazilini, yuqoridagi siqilish jarayoni natijasida elliptik galaktikalar vujudga kelishi mumkinligini nazariy tasdiqlangan. Bu usul bilan u YE1 - YE5 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



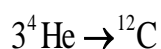
natijalardan ancha uzoq ekani ma'lum bo'lib chikdi. Keyinchalik kuzatuvchi-astrofiziklar elliptik galaktikalarning yanada murakkab modellarini tuzish maksadida ularning aylanish chizig'i, zichlik va ravshanlik taksimotlari kabi funksiyalarni kuzatuvlardan topa boshlab, modellashtirish muammolarini ancha chuqur hal qilishdi.



Bu davrda parallel ravishda qator nazariy ishlar ham bajarildi. Xususan, D.Linden-Bell elliptik galaktikalarning regulyar yorqinligini ular evolyusiyasining boshlang'ich davridagi nostatsionar va o'ta aktiv kollektiv relaksatsiya jarayoni bilan tushuntirib berdi.

Galaktikamizda yulduzlararo muhit va yulduzlar moddasining umumiy miqdorlari nisbati vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadi, chunki yulduzlararo diffuz muhitda yulduzlar paydo bo'ladi va ular o'zlarining evolyusiyalari 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  $S^{12}$  proton, neytron va  $\alpha$ -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 evolyusiyasining 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 ishlanishdan o‘tgani natijasida nisbatan og‘ir elementlarni o‘zida mujassamlagan. Shu sababli tekislik

tashkil etuvchi qismidagi 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 bir jinsli 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.

## **5.2. Elliptik galaktikalarning kuzatuv ma'lumotlari va kelib chiqish nazariyalari**

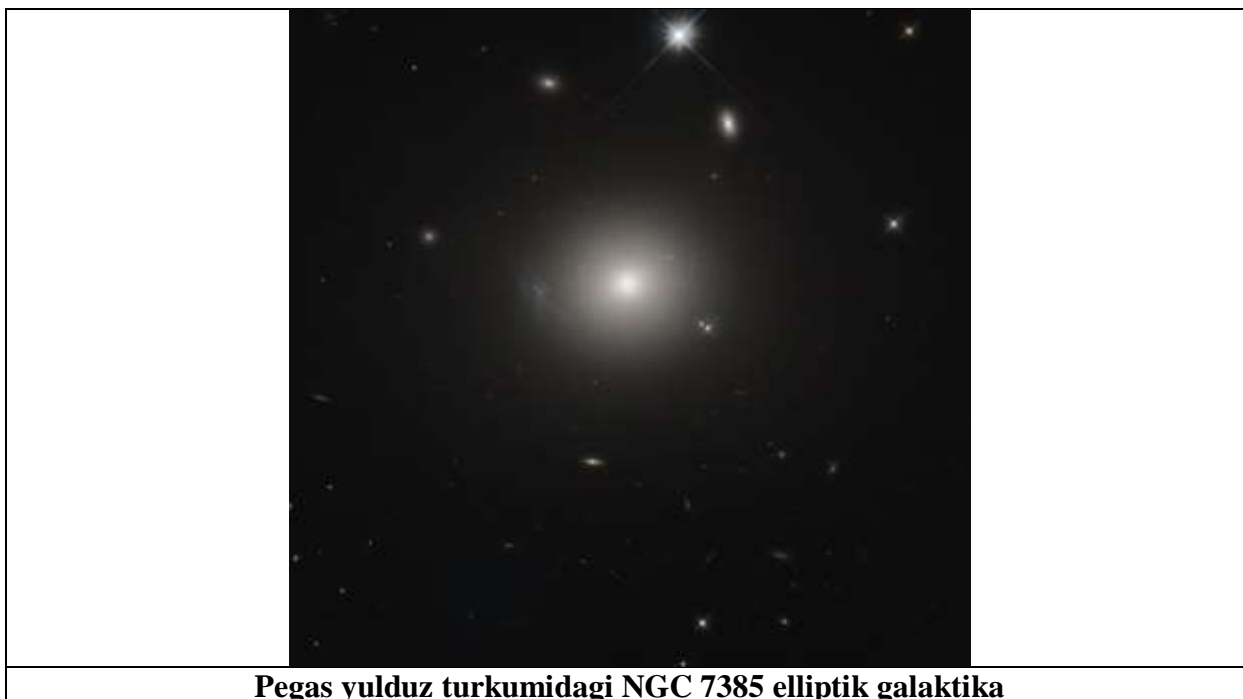
Tashqi ko'rinishlari bo'yicha elliptik galaktikalar nisbatan oddiy obyektlarga o'xshaydi (3 va 15-rasm). Ular to'g'ri, elliptik shaklga va birinchi qarashda xech qanday ichki tuzilishga ega bo'lmay, ravshanlik deyarli bir tekisda regulyar taqsimotda ekanliklarini ko'ramiz. Kuzatuvlarga

ko'ra, ular boshqa galaktikalarga nisbatan ancha qari obyektlar hisoblanadi. Turlari bo'yicha YE0 dan to YE7 gacha asosan bosiqqligi sferik galaktikadan to bosiqqligi bo'yicha sinflarga ajratilishini biz yuqorida ko'rdik. Tadqiqotlarga ko'ra, YE8 sinfi yo'qligining asosiy sababi gravitatsion beqarorlik bilan tushuntiriladi. 1996 yili J.Kormendi va R.Bender elliptik galaktikalarni quyidagi 2 turga ajratganlar:

- 1) Gigant elliptik galaktikalar bo'lib, ularning o'z o'q atrofida aylanishi juda sekin, shakllari uch o'qli ellipsoid ko'rinishida (ayrimlari ko'rinma teksislikda to'rtburchaksimon), markazida maksimal ravshanlik bilinar-bilinmas tarzda, tezliklar diagrammasida – anizotropik;
- 2) Hira elliptik galaktikalar bo'lib, ularning o'z o'qlari atrofidagi aylanishlari sezilarli darajada mavjud, biroz ajralib turadigan disk qismi kuzatiladi, markazida katta ravshanlikdagi nuqta mavjud, tezliklar diagrammasi izotropik holatga yaqin va nihoyat shakllari ikki o'qli sferoiddir.



ESO 325-G004 NASA, ESA, and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA); J. Blakeslee (Washington State University)



**Pegas yulduz turkumidagi NGC 7385 elliptik galaktika**

Elliptik galaktikalarning spektri F-G sinflar orasida bo‘ladi. Ularning kimyoviy tarkibi galaktikaning massasining katta-kichikligiga bog‘liq, aniqrog‘i og‘ir elementlar miqdori quyidagicha proporsional:

$$[Fe/H] \sim M^{+0,4} \quad (42)$$

Ko‘rinma ravshanlik funksiyasi  $B(r)$  esa markazdan uzoqlashganimiz sari juda sekin va bir tekisda kamayib boradi. Bu funksiya, eng qizig‘i, faqat radiusga bog‘liq, azimut  $\theta$  burchakka bog‘liq emas. Birinchi bo‘lib, qator elliptik galaktikalar misolida ushbu funksiyaning empirik ifodasi Vokulyor tomonidan topilgan:

$$\lg \frac{B(r)}{B_0} = -3,33 \left( \left( \frac{r}{r_e} \right)^{\frac{1}{4}} - 1 \right) \quad (43)$$

Bu yerda  $r = r_e$  masofada  $B(r) = B_0$  bo‘ladi. Ushbu ifoda Vokulyor qonuni ham deyiladi va barcha elliptik galaktikalarni juda aniq qoniqtiradi. 1992 yillarga qadar elliptik galaktikalar yadrosi to‘g‘risida ma‘lumot deyarli bo‘lmagan. Keyingi yillarda ularning qator modellari tuzilib, kuzatuvlar asosida ma‘lum markaziy soha mavjudligi ham



**15-rasm.** NGC 1201-ko‘rinishi elliptik, tuzilishi S0 galaktika.

aniqlangan. Birinchi bo‘lib, empirik modellardan birini Kuzmin va de Zeeuw tuzgan. Zichlik funksiyasini ular quyidagi empirik formula sifatida tavsiya qiladilar:

$$\rho(x, y, z) = \frac{\rho_0}{\left(1 + \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2}\right)^2}. \quad (44)$$

Keyinchalik boshqa galaktikalar kuzatilib, bu formula umumlashtirilgan

$$\rho_{ym} = \frac{\rho_0 m_0^2}{(1 + m^2)(m_0^2 + m^2)}, \quad m^2 = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2}. \quad (45)$$

Bunda noma‘lum  $a$ ,  $b$ ,  $c$  lar kuzatuvdan olinadi. Konstanta  $m_0$  uchun  $0 < m_0 < 1$  bo‘lib, uning qiymati ham kuzatuvdan topiladi. Ayrim hollarda Xenon modeli

$$\Phi(r) = \frac{GM}{r_0 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{r}{r_0}}\right)} \quad (46)$$

qo‘llaniladi. Xuddi shunday, quyidagi Denxon modeli

$$\rho(x, y, z) = \frac{(3 - \gamma) M m^{-\gamma} (1 + m)^{-4+\gamma}}{4 \pi abc}, \quad (0 \leq \gamma < 3). \quad (47)$$

ham alohida diqqatga sazovordir.

10-jadvalda elliptik galaktikalar o‘zak qismi uchun massani yorqinlikka va yorqinlik qiymatlari ayrim elliptik galaktikalar uchun berilgan. Umumiy holda  $0,1 < r/r_e < 1$ .

10-jadval

NGC	3379	4374	4406	4472	4636	4486
M/L	7,6	8,5	9,2	7,9	25,0	13,7
$L_B/10^{10} \times L_{\text{qesh}}$	2,5	3,2	3,5	8,0	3,3	5,7

Tadqiqotlarga ko‘ra, massaning yorqinlikka nisbati qiymati o‘zakdan tashqarida kamdan-kam holda o‘zgaras ekan. O‘zak markazida esa ayrim hollarda bir yoki ikki qorao‘ra joylashgan bo‘lishi mumkin.

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. Xususan Gott – III elektron hisoblash mashinasida qator sonli tajribalar o‘tkazib, bu jarayon sababli elliptik galaktikalar tug‘ilishi mumkinligini nazariy tasdiqlagan. Bu usul bilan u YE1 – YE5 elliptik galaktikalarning vujudga kelishini ko‘rsatib bergan. Biroq, 80-yillari elliptik galaktikalarning o‘z o‘qlari atrofida aylanish qiymatlari kuzatuvlarga ko‘ra haddan tashqari kichik ekani aniqlandi. Bu qiymatlar nazariyadagi natijalardan ancha uzoq ekani ma‘lum bo‘lib chiqdi. Keyinchalik kuzatuvchi astrofiziklar elliptik galaktikalarning yanada murakkab modellarini tuzish maqsadida ularning aylanish chizig‘i, zichlik va ravshanlik taqsimotlari kabi funksiyalarni kuzatuvlardan topa boshlab, modellashtirish muammolarini ancha chuqur hal qilishdi.

Shu davrda parallel ravishda qator nazariy ishlar ham bajarildi. Xususan D.Linden-Bell elliptik galaktikalar regulyar yorqinligini ular evolyusiyasining boshlang‘ich davrida nostatsionar, o‘ta faol kollektiv relaksatsiya jarayoni bilan tushuntira oldi. 1981–85 yillari ushbu qo‘llanma muallifi elliptik galaktikalar evolyusiyasining eng boshlang‘ich bosqichida fizik holat qanday bo‘lgan ekani bilan shug‘ullangan. Aniqrog‘i, ushbu bosqichning vaqt davomida nohozizliq modellari analitik usul bilan tuzilib, ular gravitatsion beqarorligi muallif tomonidan to‘la tahlil qilingan va natijada virial parametrning kritik qiymatlari aniqlanib, uning aylanish qiymatiga bog‘liqlik diagrammalari hisoblanib chiqilgan. Bu maqsadda S.N Nuritdinov tomonidan dastlab birinchi bor Eynshteynning to‘la muvozanat holatdagi modeli pulsatsiyalanuvchi va xususan kollaps jarayonini ham

o‘z ichiga olgan nochizikli nostatsionar o‘zgravitatsiyalanuvchi sistemaning taqsimot funksiyasini quyidagi ko‘rinishda keltirib chiqargan:

$$\Psi = \frac{\rho(t)}{2\pi v_b(t)} \delta(v_r - v_a) \delta(v_{\perp} - v_b) \chi(\Pi R_0 - r) (1 + \mu v_{\perp} v_b^{-1} \sin \theta \cdot \sin \eta). \quad (48)$$

Bu yerda  $v_r$  i  $v_{\perp}$  – yulduz tezligining radial va tangensial tashkil etuvchilari, pulsatsiyalanuvchi sistema radiusi esa

$$r \text{ q } P r_0, \Pi(\psi) = (1 - \lambda^2)^{-1} (1 + \lambda \cos \psi) \quad (49)$$

qonun bilan o‘zgaradi,  $\mu$ - aylanish parametri,  $\chi$  - Xevisayda funksiyasi,

$$v_b = \frac{r \Omega_0}{\Pi^2}, \quad v_a = -\frac{\lambda r \Omega_0 \sin \psi}{q \Pi^2}, \quad (50)$$

$\Omega_0 = \sqrt{4\pi G \rho_0 / 3}$  - muvozanat xolidagi sistemada yulduzning aylanish burchak tezligi,

$$\sin \theta = \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{r}, \quad \eta = \arctg(v_{\varphi} / v_{\theta}) \quad (51)$$

bo‘lib,  $v_{\varphi}$  esa  $v_{\theta}$  - ko‘ndalang tezlik  $v_{\perp}$  ning azimutal va meridional tashkil etuvchilari. Tuzilgan nochizikli nostatsionar modelning pulsatsiya amplitudasi

$$\lambda = 1 - \left( \frac{2T}{|U|} \right)_0 \quad (52)$$

ekani aniqlangan. Bu yerda  $\left( \frac{2T}{|U|} \right)_0$  - boshlang‘ich virial nisbat. Ushbu nostatsionar sistema zichligi  $\rho(t) = \rho_0 / \Pi^3$  qonun bilan o‘zgaradi. Bu modelning aylanish burchak tezligi va momenti quyidagicha:

$$\varpi(t) = \frac{\mu \Omega_0}{2\Pi^2}, \quad K = \mu \Omega_0 M R_0^2 / 5 = const. \quad (53)$$



Biror o'quv qo'llanmada gravitatsion sistemalarning nochiqliq nomuvozanat holatdagi nazariy modeli shu vaqtgacha tuzilmagani yoki berilmagani sababli (48) modelning fizik xarakteristikalarini berilishi lozim. quyidagilar

$$T_r = \frac{M}{2} \overline{v_r^2}, \quad T_{\perp} = \frac{M}{2} \overline{v_{\perp}^2}, \quad (54)$$

- pulsatsion xarakat kinetik energiyasining komponentalari bo'lib, bu yerda  $M$  – sistemaning to'liq massasi, fazaviy fazo bo'yicha o'rtacha kvadratik tezlik komponentalari esa quyidagilarga teng:

$$\overline{v_r^2} = \frac{3}{5} \left[ \frac{R_0 q \lambda \sin \psi}{1 + \lambda \cos \psi} \right]^2, \quad \overline{v_{\perp}^2} = \frac{3}{5} \left[ \frac{R_0 q \sqrt{1 - \lambda^2}}{1 + \lambda \cos \psi} \right]^2 \quad (55)$$

Pulsatsiya davri bo'yicha esa o'rtachalashtirilgan kinetik energiya komponentalari

$$\langle T_r \rangle = \frac{3}{10} M R_0^2 q^2 [1 - \sqrt{1 - \lambda^2}], \quad \langle T_{\perp} \rangle = \frac{3}{10} M R_0^2 q^2 \sqrt{1 - \lambda^2} \quad (56)$$

bo'lgani sababli bu model quyidagi «anizotropiyaning global parametriga» ega.

$$\tilde{\Delta}(\lambda) = \frac{2 \langle T_r \rangle}{\langle T_{\perp} \rangle} = 2 \frac{1 - \sqrt{1 - \lambda^2}}{\sqrt{1 - \lambda^2}}. \quad (57)$$

Hosil qilingan (48) nostatsionar model turli beqarorliklarga ega. Ularni aniqlash va fizik tabiatini o'rganishning amaliy ahamiyati bor. Shuning uchun modelning beqarorlik masalasini tadqiq qilish maqsadida unga umumiy xolda kichik nosimmetrik g'alayonlanish beriladi. Bu berilgan g'alayonlanishni Furrye qatoriga yoyib nostatsionar dispersion tenglama (NDT) xosil qilinadi va u yordamida ixtiyoriy tebranish modasiga nisbatan modelning beqarorligi taxlil qilinadi. Xususan ellipsoidal moda (2;2) uchun quyidagi NDT hosil qilingan:

$$\Delta F_1 = \frac{6F}{5(1 + \lambda \cos \psi)^2} \cdot [\cos \psi + \lambda + i\mu \frac{m}{4} (1 - \lambda^2)^{1/2} \sin \psi] \quad (58)$$

$$\Delta F_2 = \frac{6F}{5(1 + \lambda \cos \psi)^2} \cdot [(1 - \lambda^2)^{1/2} \sin \psi - i\mu \frac{m}{4} (\cos \psi + \lambda)] \quad (59)$$

Bu yerda

$$F_1 \equiv \int_{-\infty}^{\psi} a_0 (1 + \lambda \cos \psi_1)^3 \cdot (\cos \psi_1 + \lambda + i\mu \frac{m}{4} (1 - \lambda^2)^{1/2} \sin \psi_1) S d\psi_1, \quad (60)$$

$$F_2 \equiv \int_{-\infty}^{\psi} a_0 (1 + \lambda \cos \psi_1)^3 \cdot [(1 - \lambda^2)^{1/2} \sin \psi_1 - i\mu \frac{m}{4} (\cos \psi_1 + \lambda)] S d\psi_1 \quad (61)$$

bo‘lib,  $S(\psi, \psi_1)$  – Grin funksiyasining analogi, operator

$$\Lambda = (1 + \lambda \cos \psi) \cdot d^2 / d\psi^2 + \lambda \sin \psi \cdot d / d\psi + 1. \quad (62)$$

Binobarin, (58) va (59) tenglamalardan tashkil topgan sistemada azimutal to‘lqin soni  $m$  faqat 0, 1 va 2 qiymatlarini olishi mumkin.  $m = 0$  xolida beqarorlik  $z$  o‘qi bo‘yicha siqilgan yoki cho‘zilgan ikki o‘qli aylanuvchi ellipsoidni yuzaga keltiradi.  $m = 1$  da pretsessiyalanuvchi ellipsoidga,  $m = 2$  xolida zsa uch o‘qli ellipsoidga ega bo‘lamiz. Aynan bu  $m = 2$  xoli spiral galaktikalardagi ulagichlarni vujudga kelish uchun javobgar bo‘lgan beqarorlikka mos keladi.

(58) va (59) tenglamalar sistemasi beqaror va barqaror holatlarni aniq ajratib turuvchi kritik mezonni topish maqsadida kompyuterda sonli usullar yordamida yechilgan. Olingan natijalar yordamida boshlang‘ich virial munosabat  $(2T/|U|)_0$  bilan aylanish parametri  $\mu$  va beqarorlik inkrementi orasidagi bog‘lanish grafiklari hosil qilingan (16-rasm). Rasmdan ko‘rinib turibdiki, aylanish effekti  $\mu = 0.922$  qiymatgacha gravitatsion sistemani noturg‘unlash xususiyatiga ega bo‘lib, keyinchalik esa global jarayenni turg‘unlashtiruvchi rolini o‘ynar ekan.  $((2T/|U|)_0 = 1, \mu = 0.922)$  nuqta tarmoqlanuvchi nuqta bo‘lib, u quyidagi xususiyatlarga ega: a) pulsatsiya bo‘lmaganda ( $\lambda = 0$ ) bu nuqta yuzaga kelmaydi va bunda u barqaror xolatga mos keladi, lekin juda kichik  $\lambda \neq 0$  qatnashishi bilan u beqaror bo‘lib qoladi. b) xisoblashlar bu nuqtada  $d(2T/|U|)_0 / d\mu = \pm 0.887$  bo‘lishligini ko‘rsatadi.

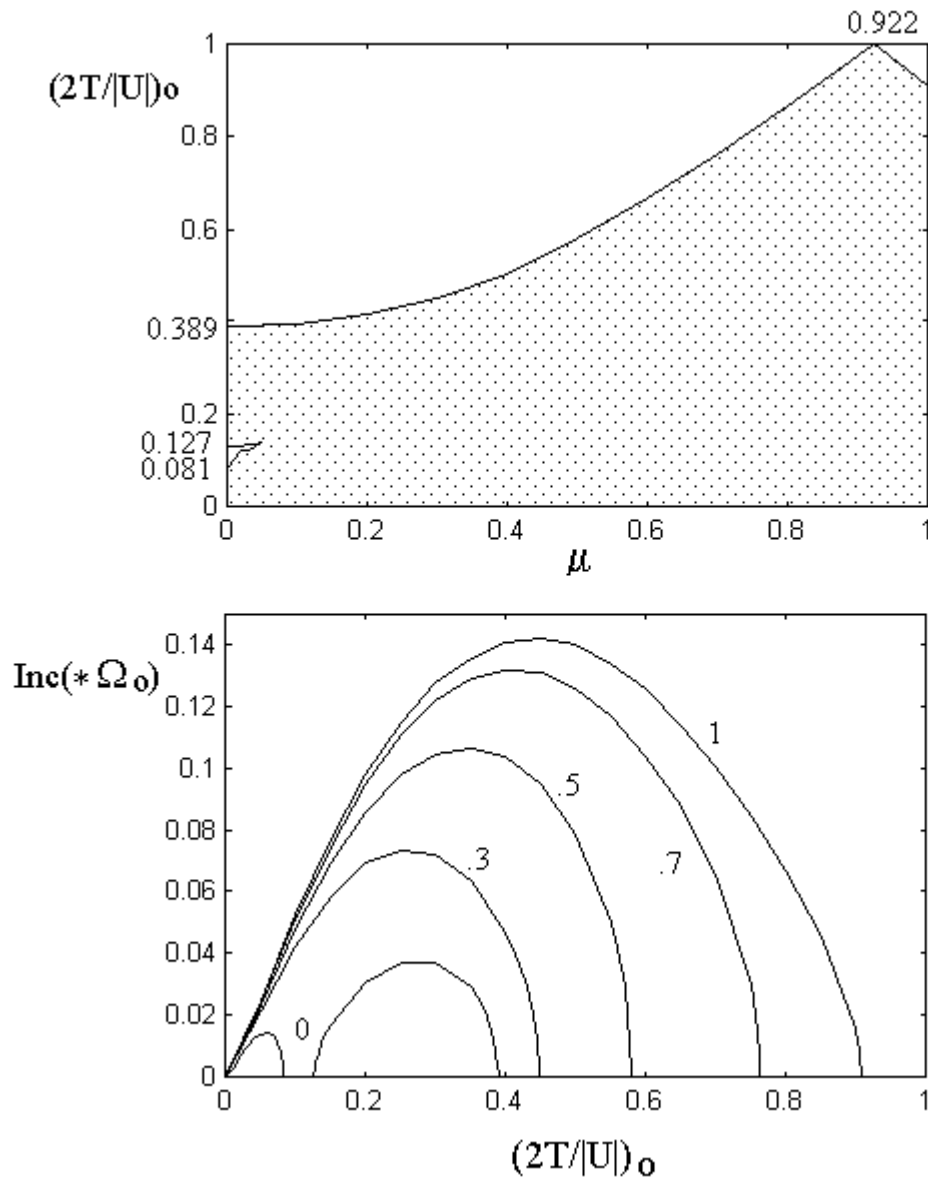
Aytish joizki,  $\mu = 0$  holida quyidagi barqarorlik oralig‘i topildi:

$$0.084 \leq (2T / |U|)_0 \leq 0.127 . \quad (63)$$

Bu oraliq  $\mu$  ning qiymati oshib borgan sari qisqarib borib,  $\mu = 0.09$  qiymatida to‘liq yo‘qoladi. Ushbu barqarorlik «orolcha»si tebranma-rezonans xususiyatiga ega bo‘lgan beqarorlik sohasini «radial xarakatlar beqarorligi» sohasidan ajratib turadi. Bu ikki beqarorlik ko‘rinishlari  $\mu$  ning kichik qiymatlarida tezda qo‘shilib ketadi. Shuning uchun  $\mu \geq 0.05$  holida «radial xarakatlar beqarorligi» sohasi tebranma xarakterga ega bo‘ladi.

Shunday qilib, ushbu hisob-kitoblarga ko‘ra, masalan  $\mu \ll 0$  holida, elliptik galaktikalar vujudga kelishi uchun boshlang‘ich holatning kinetik energiyasi uning potensial energiyasining 4,2 % qismidan kichik bo‘lishi shart. Bu natija muallif tomonidan Rossiyaning markaziy, ingliz tiliga tarjima qilinadigan ilmiy o‘yinmalarida bosib chiqarilgan. qator yillardan so‘ng, 1990 yiliga kelib ushbu yuqoridagi mezon AqSH, Koreya, Meksika astrofiziklari tomonidan kompyuterda sonli **tajribalar** yo‘li bilan tasdiqlangan.

Demak, Koinotdagi elliptik galaktikalarning barchasi bo‘lmasa ham ayrim sinflari boshlang‘ich protogalaktikaning kollapsi jarayonida aniq shart bajarilsa, evolyusiya ularni vujudga keltirib, bu natija nomuvozanat holatdagi sistemaning ichki radial xarakati gravitatsion beqarorligi oqibati bilan bog‘liqdir. Aslida protogalaktikaning kollaps jarayonida boshqa turdagi beqarorliklar ham ro‘y berishi turgan gap. Hisob-kitoblar shuni ko‘rsatadiki, bu beqarorliklarning ayrimlari elliptik beqarorlikka nisbatan ba‘zan kuchli bo‘lib, ular sistemada o‘z izlarini umrbot qoldirishlari mumkin. Xususan, asta gravitatsion



Azimutal to‘lqin soni  $m=2$  ga mos ellipsoidal modasi uchun boshlang‘ich virial munosabat bilan aylanish parametri va beqarorlik inkrementi orasidagi bog‘lanish grafiklari.

siqilayotgan protogalaktika o‘zagi beqarorlik natijasida qisqa davrda shakllana oladi. Lekin ma’lum vaqtdan so‘ng elliptik beqarorlik asosiy o‘ringa chiqishi mumkin. Bu kabi hali ohirgacha to‘la hal etilmagan masalalar elliptik galaktikalarning vujudga kelishi nazariyasida yetarlicha ko‘p. Bular ichida qanday shartlar bajarilganida yirik va massasi katta elliptik galaktikalar vujudga kelishi ham qiziq masalalardan biridir. Gap shundaki, qator boy, galaktikalarning sferik to‘dalari markaziy qismida aynan massiv hisoblanuvchi cD elliptik galaktikalari kuzatiladi. Nazariy tadqiqotlarga

ko'ra, ular ikkita galaktikaning ma'lum tezlikda yaqinlashib o'zaro qo'shib ketishi natijasida vujudga keladilar. Bunda odatda nisbiy tezlik katta bo'lmagan holda massasi katta galaktika ikkinchisini o'z qariga «yutib» yuboradi. Yutish jarayoni davrida birinchi galaktika ancha kengayib, uning atrofida keng tashqi qobiq vujudga keladi. So'ngra asosiy massa jadallik bilan siqilib elliptik galaktikani hosil qiladi.

Elliptik galaktikalar vujudga kelishi nazariyasida dissipativ va nodissipativ yo'nalishlar alohida rivojlanayotganini aytib o'tishimiz lozim. Yuqorida keltirilgan nazariya nodissipativlik yo'li bo'lib, bunda nochiziqli evolyusiya davomida nostatsionar galaktika massasi kamaymaydi yoki biror boshqa dissipativ jarayonlar sodir bo'lmaydi. Aslida evolyusiya davomida ma'lum dissipativ hodisalar ro'y berishi turgan gap, lekin ular tezligi shu darajada sekin, asriy ravishdagi, faqat bu bilan kerakli natijalarga umuman erishib bo'lmaydi. Muammo yechimi bir vaqtning o'zida shu ikki usul, ya'ni ham dissipativlik ham nodissipativlik natijalari yig'indisidan iborat bo'lishi lozim. Bu ikki yo'nalishda hali qator noziqli masalalar kelajakda nazariy jixatdan ko'rib chiqilishi kerak. Xususan, galaktikada gaz va yulduzlar komponentalarining vaqt davomidagi nisbiy evolyusiyasi qanday ro'y berishi, bunday aralash hamda nostatsionar sistemaning gravitatsion beqarorliklari turi, bularning har biri qaysi ketma-ketlikda sodir bo'lib, galaktikaning strukturasi vujudga kelishi bilan qanchalik bog'liq ekani kabi masalalar yaqin kelajakda yechilishi kutilmoqda.

### **5.3. Spiral galaktikalarning kuzatuv ma'lumotlari**

Spiral galaktikalar disksimon obyektlar hisoblanib, ularning faqat markaziy qismida ma'lum qavariqlik mavjud, lekin bosiqqligi  $(a-b)/a > 0,8$ . Ularda spiral tarmoqlarni kuzatish uchun eng yosh, qaynoq yulduzlarni, spektri O-V bo'lgan yulduzlarni, vodorodning ionlashgan HII zonalarini va neytral vodorod HI larni katta masshtabda aniqlab olish lozim. Qizig'i shundaki, ushbu har bir turdagi obyektlar bo'yicha alohida spiral tarmoqlar mavjud (12-rasm). Ular bir-birlari bilan ustma-ust tushmay, azimut burchagi bo'yicha ma'lum siljishga ega.



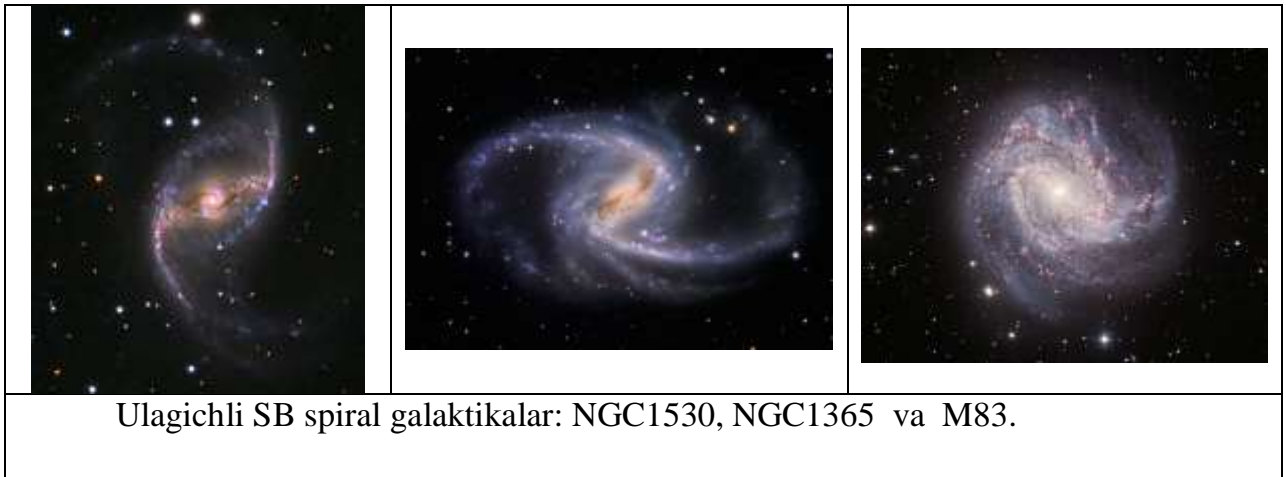
**12-rasm.** M101 spiral galaktikasi

Spiral galaktikada neytral vodoroddan iborat tarmoqni topish uchun 21 sm to'liq uzunlikdagi radio kuzatuvlar olib borish lozim. Xususan F.Kerr bizning Galaktikamizda shu yo'l bilan neytral vodoroddan iborat spiral tarmoqlarning aniq o'rmini topib, uning xaritasini tuzgan.

S galaktikalar markaz atrofida differensial tarzda aylanib, uzoq yillar davomida bu aylanish ikki xil deb kelingan:

- buralib aylanadigan spiral galaktikalar,
- ochilib aylanadigan S galaktikalar.

Zamonaviy ma'lumotlarga ko'ra, juda ko'p spiral galaktikalar tarmoqlari bilan buralib aylanishlari kuzatilib, kamdan-kam holda ochilib aylanish bo'lishi mumkin. Ushbu masalani kuzatuvlar yordamida aniqlash uchun galaktika tekisligi bilan nur yo'nalishi orasidagi burchak  $i$  quyidagi tengsizlikni qanoatlantirishi lozim:  $15^0 < i < 70^0$ . S galaktikalar ichida ulagichli turlari normal turga nisbatan sezilarli ravishda ko'proqdir.



Spiral tarmoqning ko‘ndalang kengligi uning tashkil etuvchi obyektlari turiga bog‘liq: qari obyektlar tomon tarmoq kengligi qiymati doimo oshib boradi. Obyektlarning yoshi qanchalik qari bo‘lsa, spiral tarmoqlar shunchalik ochiq va noaniq bo‘ladi. Spiral tarmoqlar bo‘ylab ham ayrim hollarda ularning yoshi uzluksiz o‘zgarib borishi mumkin. Lekin, masalan, Svikki mashhur M51 galaktikasi (14-rasm) tarmoqlari bo‘ylab ular yoshi o‘zgarimas ekanini aniqlagan, ya’ni yulduzlar tug‘ilishi bir vaqtda tarmoq bo‘ylab global tarzda ro‘y bergan. Xuddi shunday xulosaga u M101 va NGC 6946 spiral galaktikalar bo‘yicha kelgan. S galaktikalarni tekislik tashkil etuvchi qismining massasi nisbatan katta bo‘lgani uchun bu yerda potensial energiya mos ravishda kichik va shu tufayli ushbu qismiga ikki tomondan gaz-chang bulutlarning doimo oqimi mavjud. Bu oqimlar balki ma’lum darajada yangi tarmoqlarni vujudga kelishida manbaa sifatida muhim rol o‘ynar.

Umumiy holda matematik aniq spiral osongina quyidagi hollarda chizilishi mumkin:

$$r = a \cdot \theta - \text{Arximed spirali,}$$

$$r = a \cdot \exp(\alpha\theta) - \text{logarifmik spiral.}$$

Bu yerda  $r$  va  $\theta$  - qutb koordinatalari,  $\alpha$  q tg  $\mu$  bo‘lsa, unda  $\mu$  – tarmoqning buralish burchagini bildiradi.



M51 galaktikasi o'z yo'ldoshi NGC 5195 bilan.

Shuni ta'kidlab o'tish lozimki, yuqoridagi spiral galaktikalarning ulkan tojlari albatta mavjud bo'lib, ular berilgan rasmlarda sezilmay «ko'rinmas yashirin massani» tashkil qiladilar. Yashirin massa muammosi xususan tarkibi va tuzilishi bugun qator kosmologlar tomonidan faol o'rganilmoqda. Bizning hisob-kitoblarimizga ko'ra esa toj massasi spiral tarmoqlarni nisbatan barqaror ushlab turishda va turli gravitatsion beqarorliklarni S galaktikaning diskida so'nishi uchun yordam beradi.

#### **5.4. Spiral tarmoqlarning vujudga kelishi va to'lqin nazariyasi**

Spiral galaktikalar miqdor jihatidan galaktikalar olamida ko'pchilikni tashkil qiladilar. Gigant galaktikalarni spiralligi masalasi astronomlarni yarim asrdan beri mutassil qiziqtirib kelmoqda. Bu masala hayotga dadil nazariyalarni keltirib chiqarib, bahslashuvlar manbai bo'lmoqda. Ba'zida esa Koinotning fundamental fizik asoslarini rad qiluvchi keskin g'oyalar ham paydo bo'lmoqda.

Masalan, mashhur amerikalik astronom-kosmogonist J.Jins shunday gipotezalardan birini o'rta tashlagan edi. Unga ko'ra fazoning kutilmagan metrik va akslantiruvchi yangi xossalari bo'lishi mumkin. U



galaktikamizning markazi «maxsus nuqtalar» xarakteriga ega bo‘lib, unda materiya uzluksiz ravishda vujudga kelib tursa kerak, degan fikrga kelgan. Bunday g‘oyalar spiral tarmoqlar qanday kelib chiqqanligi muammosini tushuntirish qiyinligi sababli paydo bo‘lib, ularning xatoligi keyinchalik ko‘rsatilgan. Oxirgi yarim asr davrida galaktikalarda ro‘y beradigan jarayonlarni tushuntirish yo‘lida katta qadam quyildi. Bu yutuq gidrodinamika, statistik fizika, plazma fizikasi kabi fanlarning rivojlanganligi natijasidir.

Keng tarqalgan fikrga ko‘ra, yulduzlar katta massali gaz bulutining gravitatsion siqilish beqarorligi natijasi hisoblanib, ular guruh-guruh bo‘lib vujudga keladi. V.A.Ambarsumyan gipotezasi bo‘yicha esa, yulduzlar o‘ta zich gravitatsion jismlarning parchalanishi tufayli kelib chiqqan. Ammo o‘ta zich materiya fizikasi hali ishlab chiqilmaganligi sababli, bu gipoteza spirallik muammosini hal etishda hozircha yordam bermaydi. Kuzatishlar gaz materiyasi ko‘p bo‘lgan galaktikalarda yulduzlarning tug‘ilish jarayoni tezlashayotganini ko‘rsatadi. 1961-63 yillarda spiral tarmoqlar galaktika yadrosidan otilib chiqqan massa deb taxmin qilishgan. Ammo spektral analiz yordamida tarmoqlardagi gaz bulutlarining va yulduzlarning tezligini o‘lchash ular radial yo‘nalishda emas, balki aylanma orbita bo‘ylab harakat qilishlarini isbotladi.

Moskva universiteti astrofizigi S.B.Pikelner birinchi bo‘lib yulduzlararo gaz materiyasining muvozanatsiz holatida magnit maydonning rolini tekshirgan. Ma’lumki, magnit maydon to‘g‘ridan-to‘g‘ri yulduz harakatiga ta’sir ko‘rsata olmaydi. U faqat yulduzlararo gazga ta’sir qiladi, gaz esa gravitatsion tortish natijasida yulduzlar harakatini o‘zgartirishi mumkin. Shu tariqa kuchli magnit maydon gaz materiyasini spiral tarmoqlarga yiqib, ushlab tura oladi. Hisob-kitoblarga ko‘ra, spiral galaktikaning differensial aylanishiga qarshi turib, strukturani uzoq vaqt ushlab turish uchun juda katta kuchlanishli magnit maydon kerak. Xususan, bizning Galaktikamiz uchun kuzatuv yordamida o‘lchangan umumiy magnit maydon kuchlanishi nisbatan ancha kichik ekani ma’lum bo‘ldi. Lekin shunga qaramay magnit nazariya tarafdorlaridan Rossiya Fanlar akademiyasining Bosh astronomik observatoriyasi yetakchi ilmiy xodimi professor V.A.Antonov bugun ham bu nazariya ustida ishlamoqda. Unga ko‘ra, magnit kuch chiziqlari spiral tarmoqlarda zich joylashib, ular kuchli magnit dastalari tarzida yashab kelayotgan bo‘lishlari mumkin.

Yana bir imkoniyatni o‘z vaqtida P.Goldreyx va D.Linden-Bell ko‘rsatishgan. Spiral tarmoqlar muammosi hal bo‘lavermaganidan ular birinchi bo‘lib bu tarmoqlar galaktikaning differensial aylanishi tufayli haqiqatda ma’lum bir nisbatan qisqa davrda yo‘qolib, o‘rinlariga esa

qaytadan yulduzlar tugʻilishi jarayoni yana spirallarni bera oladi degan fikrni nazariy ishlab chiqqanlar. Ammo bu nazariyada qatnashuvchi baʼzi parametrlar qiymati kuzatuvlar natijasida olingan qiymat bilan keskin farq qilgan. Demak, bu yoʻl ham muammoni yecha olmasligini koʻrsatadi.

Spiral tarmoqlarning kelib chiqishi nafaqat yulduzlar tugʻilishi jarayoni bilan balki galaktikalar oʻrtasidagi oʻzaro gravitatsion taʼsir bilan ham yaqindan bogʻliqdir (14-rasm). Gravitatsion taʼsir nazariyasining spiral galaktikalar muammosidagi oʻrniga birinchi boʻlib Sankt-Peterburg universitetining taniqli olimi professor K.F. Ogorodnikov eʼtibor bergan. Uning gʻoyasi samarqandlik N. Toshpoʻlatov tomonidan amalga oshirilib, u qator chiroyli natijalarga erishgan. Bu nazariyaga koʻra, bir necha ming, xatto million yulduzdan iborat  $m_{B.F.}$  massali sistema atrofida undan maʼlum masofalarda  $m$  massali jism aylanib oʻtib ketganida, gravitatsion taʼsir tufayli  $m_{B.F.}$  massali sistemada asta spiral struktura vujudga keladi. 1969 yili amerikalik olimlar Tumrelar zarrachalar sonini koʻpaytirib, nisbatan toʻliqroq maʼlumot olishgan. Bunda chiqadigan natija massalar qiymatidan tashqari ayrim «toʻqnashuv» parametrlariga keskin bogʻliq. 1973 yili esa Moskvalik taniqli olim professor R.A. Syunyayev boshchiligidagi ilmiy guruh ushbu masalani qayta koʻrib chiqishgan. Ular Sa, Sb, Sc, SBa, ...galaktikalar aynan qanday hollarda vujudga kelish mumkinligini oʻrganib chiqishgan va qator yangi natijalar topishgan. Hozirgi kunda esa ikkita turli sinf galaktikalari taʼsirlanishi va oʻzaro toʻqnashuvi masalalari kompyuterda sonli tajriba usuli bilan faol oʻrganilmoqda. Ularda zarrachalar soni 100 mingdan ortiq, xattoki bugun xar biri bir million boʻlgan sistemalarni olish mumkin.

Toʻlqin nazariyasi birinchi boʻlib yevropalik olim Bertil Lindblad tomonidan qaralgan. Lindblad bu nazariya asosini faqat yakka holdagi yulduzlar orbitasini oʻrganish natijasida aniqladi. Lekin uni oʻz vaqtida boshqa mualliflar toʻla tushunmaganlar. Keyinchalik toʻlqin nazariyasi mustaqil ravishda gravitatsion sistemaga monand hisoblangan elektron plazma uchun ishlab chiqilgan. Shundan keyingina Lindblad gʻoyasini davom ettirish kerakligi oʻz-oʻzidan koʻrinib qolgan. Bunda zichlik toʻlqini qaralib, uning fizik maʼnosi quyidagicha. Faraz qilaylik, biror galaktikada gaz materiyasidan bir necha yuz ming yoki million yulduz tugʻilgan boʻlsin. Paydo boʻlgan yulduzlarning joylashishi albatta tartibsiz holda boʻladi. Bu oʻz navbatida galaktikaning bir yerida yulduzlarning katta zichligiga olib keladi. Bunday galaktikada gravitatsiya maydoni ayniqsa zichlik koʻp yerda katta boʻlib, u vaqt oʻtishi bilan asta-sekin sistema boʻylab tarqala boshlaydi. Natijada sistemaning zichligi ham oʻzgaradi. Bu hodisa toshni suvga tashlaganda suv yuzasida hosil boʻluvchi toʻlqinni eslatadi. Yulduzlar sistemasida yulduzlardan iborat toʻlqin zichligi shunga oʻxshash boʻladi.

Dastlab, 1964 yili taniqli amerikalik olimlar S.Lin va F.Shu birinchi bo‘lib yulduzlar sistemasining dinamikasi tenglamalarini yechishda jarayon kollektiv ravishda sodir bo‘ladi, deb qarashgan. Bunda asosiy funksiyalarning vaqt davomidagi evolyusiyasi va ularning strukturasi spiralsimon bo‘lishi uchun ma‘lum zarur shartlar bajarilishi aniqlangan. Xususan, ular A.Tumre modeliga asoslanib, gravitatsion potensial  $F$  koordinata-tezlik fazosidagi taqsimot funksiyasi  $\Psi$  bilan oddiy zichlik  $\rho$  orqali o‘zaro moslangan deb olishgan.

Tumre esa  $tq_0$  holida galaktikani yupqa disk tarzida qarab, Puasson-Laplas tenglamasi

$$\frac{\partial^2 \Phi_0}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi_0}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Phi_0}{\partial z^2} = \Delta^2 \Phi_0 = \begin{cases} -4\pi G \rho_0(r), & z=0 \\ 0, & z \neq 0 \end{cases} \quad (23)$$

asosida, agar  $z=0$  bo‘lsa massa bor,  $z \neq 0$  bo‘lsa massa yo‘q deb faraz qilgan. Uning bu modeli o‘zaro moslangan bo‘lishi uchun quyidagi munosabat bajarilishi zarurligini aniqlagan:

$$\sigma_r = 0,0085 \lambda_T \cdot \chi(r). \quad (24)$$

Bunda  $\sigma_r$  - radius bo‘yicha tezliklar dispersiyasi,

$$\chi(r) = 2 \Omega(r) \sqrt{1 + \frac{r}{2 \Omega} \frac{d \Omega}{d r}} \quad (25)$$

- epitsiklik chastota,

$$\lambda_T = \frac{4 \pi G \rho_0}{\chi^2} \quad (26)$$

- Tumre to‘lqin uzunligi deyiladi. Model azimutal burchak  $\theta$  bo‘yicha simmetriyaga ega.

Lin va Shu to‘lqinlangan ixtiyoriy vaqt uchun Djins-Puasson tenglamalari sistemasi

$$\begin{cases} \frac{\partial \Psi}{\partial t} + v \frac{\partial \Psi}{\partial P} + \frac{\partial \Phi}{\partial P} \frac{\partial \Psi}{\partial v} = 0 \\ \Delta^2 \Phi(P, \theta, t) = -4\pi G \rho(P, \theta, t) \delta(z) \end{cases} \quad (27)$$

ni chiziqli holga keltirishgan. Gap shundaki, birinchi tenglamaning uchinchi hadi  $\Phi$  va  $\Psi$  larning ko'paytmasi bo'lgani uchun nochiziqli bo'lib, tenglamani aniq yechish haddan tashqari qiyindir. Ushbu tenglamalarda silindrik koordinatalar sistemasiga o'tib,

$$\Psi(r, \theta, z, v_r, v_\theta, v_z, t) = \Psi_0(r, z, \dot{v}) + \Psi_1(r, \theta, z, v_r, v_\theta, v_z, t) \quad (28)$$

deb yozib olingan. Bunda  $|\Psi_1| \ll |\Psi_0|$  bo'lsa, tenglama chiziqli holga keltiriladi. Xuddi shunday

$$\Phi(r, \theta, z, t) = \Phi_0(r, z) + \Phi_1(r, \theta, z, t) \quad (29)$$

va  $|\Phi_1| \ll |\Phi_0|$  deb qaraymiz. Unda

$$\frac{\partial \Psi_0}{\partial t} + \dot{v} \frac{\partial \Psi_0}{\partial \dot{v}} + \frac{\partial \Phi_0}{\partial \dot{v}} \frac{\partial \Psi_0}{\partial \dot{v}} = 0 \quad (30)$$

va umumiy holda

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Psi_0}{\partial t} + \frac{\partial \Psi_1}{\partial t} + \dot{v} \frac{\partial \Psi_0}{\partial \dot{v}} + \dot{v} \frac{\partial \Psi_1}{\partial \dot{v}} + \frac{\partial \Phi_0}{\partial \dot{v}} \frac{\partial \Psi_0}{\partial \dot{v}} + \frac{\partial \Phi_1}{\partial \dot{v}} \frac{\partial \Psi_1}{\partial \dot{v}} + \\ + \frac{\partial \Phi_0}{\partial \dot{v}} \frac{\partial \Psi_1}{\partial \dot{v}} + \frac{\partial \Phi_1}{\partial \dot{v}} \frac{\partial \Psi_0}{\partial \dot{v}} = 0 \end{aligned} \quad (31)$$

Yuqoridagi shartlarni hisobga olib, oxirgi tenglamaning 6-nchi hadi kichik miqdor sifatida tashlab yuboriladi va so'ngra qutb koordinatalariga o'tsak, unda

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Psi_1}{\partial t} + v_r \frac{\partial \Psi_1}{\partial r} + \left( \frac{v_\theta}{r} + \Omega \right) \frac{\partial \Psi_1}{\partial \theta} + \frac{\partial \Phi_1}{\partial r} \frac{\partial \Psi_0}{\partial v_r} + \left( \frac{v_\theta}{r} + 2\Omega \right) v_\theta \frac{\partial \Psi_1}{\partial v_r} + \\ + \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi_1}{\partial \theta} \frac{\partial \Psi_0}{\partial v_\theta} + v_r \left( \frac{v_\theta}{r} - \frac{\chi^2}{2\Omega} \right) \frac{\partial \Psi_1}{\partial \theta} = 0 \end{aligned} \quad (32)$$

Bu tenglamani yechish uchun Furrye-Laplas almashtirish usulidan foydalanamiz. Aniqrog'i, unga mos qator tarzida noma'lum funksiyalar

$$A_1 = A(r) \exp(-i[\omega t - m\theta + \varphi(r)]) \quad (33)$$

ko‘rinishda olinishi ham mumkin. Bu yerda  $\omega$ - vaqt bo‘yicha chastota,  $m$ - azimutal to‘lqin son,

$$\frac{d\varphi}{dr} = k(r) \quad (34)$$

bo‘lsa, unda  $k$  - radial to‘lqin son. O‘z ma‘nosiga ko‘ra,  $k$  radius bo‘yicha nechta to‘lqin borligini,  $m$ - esa  $\theta$  bo‘yicha nechta to‘lqin borligini bildiradi ( $m=1, 2, 3, \dots$ ). Agar  $m=0$  bo‘lsa, spiral struktura yuzaga kelmaydi (to‘lqin xalqasimon bo‘ladi).  $m=1$  oddiy hol bo‘lib, faqat  $m=2$  azimut bo‘yicha ikkita spiral to‘lqinni berishi mumkin. Bu aynan ikkita spiral tarmoqqa ega bo‘lgan galaktikaga to‘g‘ri keladi. Demak,

$$\Psi_1 = \Psi^* \exp(-i[\omega t - m\theta + \varphi(r)]). \quad (35)$$

Agar  $k(r) < 0$  bo‘lsa, unda galaktika buralib aylanadi,  $k(r) > 0$  bo‘lsa u ochilib aylanadi.

$$\Phi_1 = \Phi^* \exp(-i[\omega t - m\theta + \varphi(r)]) \quad (36)$$

ham deb hisoblaymiz. Chastota  $\omega$  umumiy holda mavhum va real qismlardan iborat, ya’ni

$$\omega = \text{Re } \omega + i \text{Im } \omega, \quad e^{i\omega t} = e^{i \text{Re } \omega t} \cdot e^{-\text{Im } \omega t} \quad (37)$$

Buni tahlil qilsak, oxirgi ko‘paytmaning birinchi hadi sinus-kosinuslarga bog‘liq va demak chegaralangan. Agar chegaralanmagan bo‘lsa, sistemadagi jarayon beqaror bo‘lib, vaqt o‘tishi bilan to‘lqin amplitudasi ortib borar edi. Ikkinchi had esa  $\text{Im } \omega = 0$  bo‘lganda kritik holat bo‘lib, u barqaror va beqaror holatlarni ajratib turadi. Tumre to‘lqin uzunligi kritik holatga mos keladi. Yuqorida

$$\frac{\partial \Phi_1}{\partial t} = i\omega \Phi_1, \quad \frac{\partial \Phi_1}{\partial \theta} = -im \Phi_1, \quad \frac{\partial \Psi_1}{\partial t} = i\omega \Psi_1, \quad \frac{\partial \Psi_1}{\partial \theta} = -im \Psi_1. \quad (38)$$

Shunday qilib, biz  $\Phi_1$  va  $\Psi_1$  ga bog‘liq ikkita algebraik tenglama hosil qilamiz. Ushbu ikkita algebraik tenglamani  $\Phi_1$  va  $\Psi_1$  ga nisbatan yechib, ularni o‘zaro yo‘qotsak, unda qolgan qismi  $\omega$  va  $k$  ga bog‘liq tenglamani topamiz.

**Ta’rif:** To‘lqin soni  $k$  ning uning chastotasi  $\omega$  ga bog‘liq munosabatiga **dispersion tenglama** deyiladi.

Biror bir gravitatsion sistemaning beqarorlik holatiga to‘g‘ri keluvchi shartlarni aniqlash uchun albatta dispersion tenglama keltirib chiqarilib, bu tenglamaga  $\omega=0$  qiymat bersak, unda kritik  $k$  uchun tenglama qoladi. Bu tenglamani yechsak, biz  $k=k_{kp}$  ni va

$$\lambda_{kp} = 2\pi / k_{kp}$$

ni topamiz. Shunday qilib, sistemada rivojlanayotgan to‘lqin uzunligi  $\lambda > \lambda_{kp}$  bo‘lsa, u beqaror holatga intilib katta masshtabdagi ikkita tarmoqdan iborat spiralsimon galaktikani vujudga keltiradi,  $\lambda < \lambda_{kp}$  bo‘lsa barqaror holat yuz berib, to‘lqin albatta so‘nadi va hech qanday spiral tarmoq tug‘ilmaydi. keladi. Hisob-kitoblarga ko‘ra, ushbu masalaning dispersion tenglamasi quyidagicha:

$$\frac{4\pi G\rho_0(r)|k(r)|}{x \cdot \chi^2} \sum_{s=0}^{\infty} \frac{s^2 I_s(x)}{s^2 - v^2} = 1 \quad (39)$$

Bu Lin-Shu dispersion tenglamasi deyiladi. Bu yerda

$$x = \frac{k^2 \sigma_r^2}{\chi^2}, \quad v^2 = \frac{\omega - m\Omega}{\chi} \quad (40)$$

bo‘lib,  $I_s(x)$  - Bessel funksiyasi. Ushbu dispersion tenglama  $s^2 - v^2 > 0$  bo‘lsa yechimga ega. Shu sababli  $s=0$  ni tashlab yuboramiz.  $s=1$  - bosh had va

$$1 - v^2 > 0 \Rightarrow v^2 < 1 \Rightarrow -1 < v < 1,$$

ya’ni

$$\omega - m\Omega < \chi, \quad \omega < \chi + m\Omega, \quad \frac{\omega}{m} < \frac{\chi}{m} + \Omega \quad (41)$$

kelib chiqadi. Ma'nosiga ko'ra,  $\frac{\omega}{m} \equiv \Omega_p$  spiral to'lqinning galaktika markazi atrofida burchakli aylanish tezligini bildiradi. Ushbu to'lqin nazariyasining mohiyati shundaki, spiralsimon to'lqin markaz atrofida qattiq jism kabi aylanadi degan faraz uning asosini tashkil qilgan. Aynan shu taklif va usul spiral strukturani differensial aylanish buzmasligiga kafolat beradi. Aniq  $v^2 = 1$  soxa rezonans holatga to'g'ri kelib, diskda uning konkret joylari bor:  $v = -1$  adabiyotda Lindbladning ichki rezonansi,  $v = 1$  - Lindbladning tashqi rezonansi deyiladi. Lin va Shuning fikriga ko'ra, to'lqin manb'asi galaktika tashqarisidan joy olgan. Bu holni rostovlik L.S.Marochnik va A.A.Suchkov 1967 yilda qayta ko'rib chiqqan. Bular disk atrofida sferik sistemani qarab, ular modelida to'lqin manbasi galaktika markazida joylashgan. Bu manba galaktikaning ulchagichi (bar) tarzida olinadi. Bu yerda ham to'lqin spiralsimon va markaz atrofida qattiq jism kabi aylanadigan bo'ladi. Lin va Shu  $m, \Omega_p$  larning qiymatini oldindan berib, ularga mos  $k$  ning qiymati hisoblashgan. Shu orqali tegishli spirallarni chizish va ularni kuzatuv ma'lumoti bilan taqqoslab, parametrlarning real qiymatlarini aniqlash mumkin. Lin va Shu, bizning Galaktikamiz uchun  $\Omega_p$  q 13 km/(sek kpk) ekanini aniqlashgan.

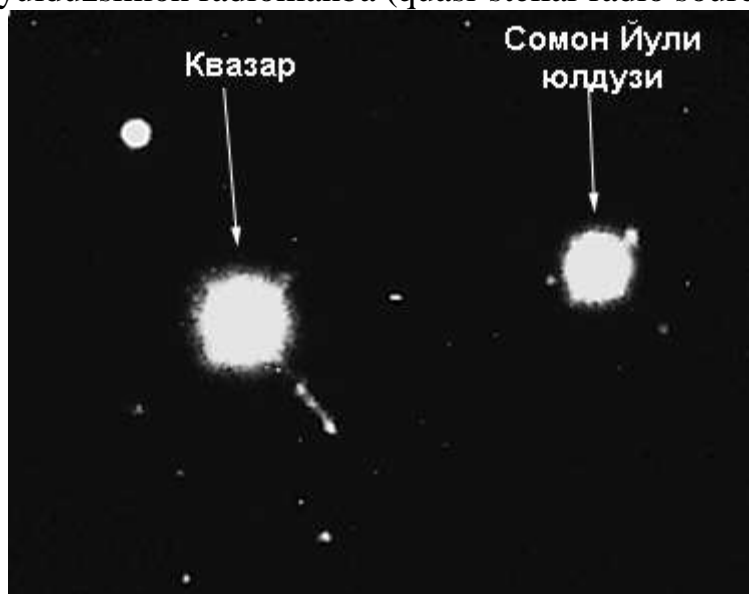
Marochnik va Suchkov modelida  $\Omega_p$  q 23 km/(sek kpk) bo'lib, to'lqin manbasi joylashgan. Ular diskdan tashqaridagi sferani (toj yoki galoni) umuman qo'zg'almas deb olishgan. Bu holda Lindbladning ichki rezonansi  $r$  q 2 kpk, tashqi rezonansi  $r$  q 14 kpk va  $\Omega_p$  q  $\Omega$  masofa (korotatsiya zonasi) esa hisob-kitoblarga ko'ra aynan quyosh joylashgan joyga to'g'ri kelgan.

Marochnik va Suchkov nazariyasida nimalar hisobga olinmagan bo'lsa, chet el olimlari ichida ayniqsa Miller va Prendergast uni kompyuterda modellashtirish yo'li bilan hisobga olib quyidagi xulosalarga kelishgan:

1. Sferik tashkil etuvchi qism spiral strukturani ushlab turishga qurbi yetar ekan va buning uchun uning massasi kuzatilayotgan massadan kamida 100 marta katta bo'lishi shartdir.
2. Gzsimon tashkil etuvchi qismidagi spiral struktura yulduzlar gravitatsion maydoni yordamida ushlab turilishi mumkin.
3. Spiral strukturaning umuman vujudga kelishi va yetarli davrda buzilmasligi uchun fazodagi taqsimot funksiyasi markazga nisbatan kuchli konsentratsiyaga ega bo'lishi shart.

### 5.5. Kvazarlar tuzilishi va kosmogoniyasi

Ma'lumki kvazarlar 1960 yil kashf qilinib, ular tabiati uzoq vaqtgacha noma'lum bo'lib kelgan. Ular spektrida biror chiziq qaysi kimyoviy element bilan bog'liq ekanini aniqlashning dastlab iloji bo'lmagan. Faqat uch yildan so'ng amerikalik astronom M.Shmidt barcha spektral chiziqlar qizil tomonga keskin siljigan bo'lishi lozim degan tahminidan keyin bu chiziqlarning to'lqin uzunliklari aniq topilgan. Natijada «Radiomanbalarning uchinchi Kembridj katalogi»dagi 3C 273 va 3C 48 deb belgilangan va optik nurlarda xira bo'lgan yulduzlarga mos kelgan obyektlar spektrining kaliti topilgan. qizilga siljish qiymati esa Dopler effekti orqali topilib, bu qiymatga mos tezlik 150 000 km/sek ekani aniqlangan. Ma'lumki bizning Galaktikamizdagi yulduzlar uchun eng katta tezlik qiymati 400 km/sek dan oshmaydi. Demak bu yulduzlar Somon Yo'li galaktikasiga umuman ta'luqli bo'lmay, bizdan juda uzoq masofada joylashgani aniq bo'ldi (17-rasm). Bu obyektlar nomi yulduzsimon radiomanba (quasi-stellar radio source) - qisqacha

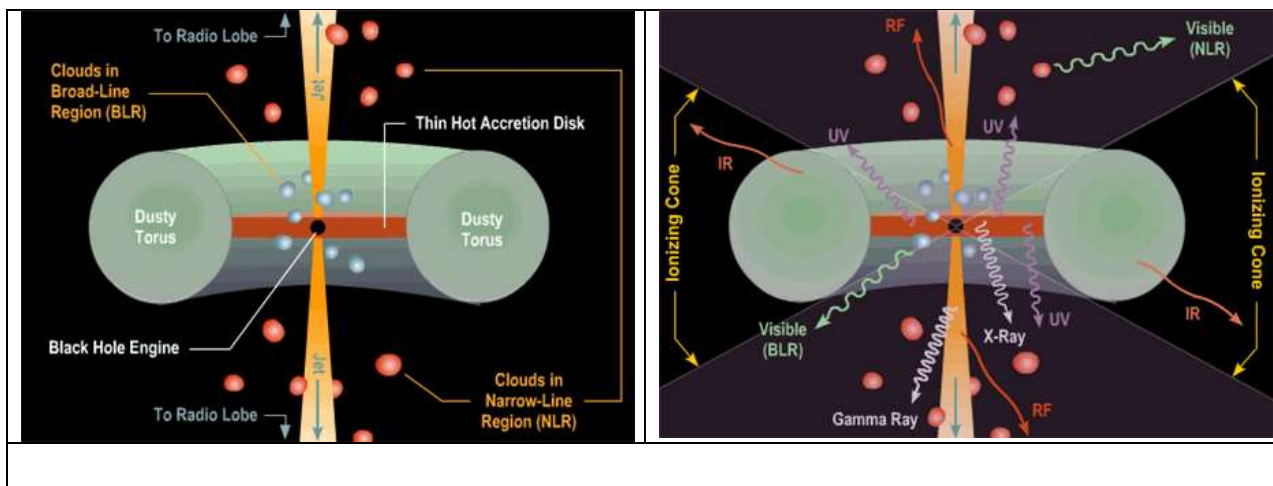


17-rasm. Mashhur 3S 273 kvazar. Uning quyi qismida bir tomonga otilib chiqqan qaynoq oqim – jetni yaqqol ko'rish mumkin.

kvazar (quasar) deb nomlandi. O'sha yillariyoq bu ekzotik nom ilmiy maqolalardan matbuot ro'znomalari sahifasiga o'tib, astronomik obyekt bo'lmagan - televizor va ayrim uy anjomlari shu nomda atala boshlandi.

Bugungi kunda 4000 ga yaqin kvazarlar ma'lum. Ular ichida eng ravshani 3S 273 hisoblanib, uning yorqinligi normal gigant galaktika yorqinligidan 100 marotaba katta (17-rasm). Uning ko'rinma yulduziy kattaligi  $12^m,7$  ga teng, qizilga siljishi esa  $z_{q0,158}$  bo'lib, bu qiymatga taxminan 630 Mpk masofa to'g'ri keladi. U radiogalaktika kabi bir tomonlama ajralib chiqqan massa oqimi – jet bilan ham mashhur. Ushbu jet optik va infraqizil to'lqin uzunliklarda yaxshi kuzatiladi.





Kvazarlarni Koinotda oʻrta hisob bilan eng kuchli nurlanish manbasi deyish mumkin. Barcha toʻlqin uzunliklar (radio, infraqizil, optik, ultrabinafsha, rentgen va b.) boʻyicha kvazarning nurlanishi umumiy quvvati  $10^{46} - 10^{47}$  erg/sek. Kvazarlar oʻz yorqinliklari boʻyicha Seyfert galaktikalari qatoridan joy olib, xuddi ular kabi nurlanishlari vaqt davomida oʻzgaruvchan. Bu oʻzgaruvchanlik davri asosan oylar va xaftalar bilan oʻlchanadi. Bunchalik kichik davrga ega boʻlgan jismning oʻlchami galaktikalar oʻlchamidan juda keskin kichik boʻlishi kerak. Masalan, samo jismining nurlanishi bir kun davr bilan oʻzgarib tursa, undan kelayotgan nur 1 sutkada atigi bir yorugʻlik kuni masofasini oʻtib, uni oʻlchami aynan 1 yorugʻlik kuniga taxminan teng boʻlishi kerak. Bir yorugʻlik kuni masofasi quyosh sistemasining oʻlchamiga yaqin. Unday boʻlsa darrov savol tugʻiladi: qanday qilib quyosh sistemasi oʻlchamiga yaqin jism milliard yulduzlardan iborat galaktika nurlanishidan 100 marotaba koʻp quvvatni oʻzidan tarqatishi mumkin? Radioastronomlar kvazarlar oʻlchamlarini qitʻalararo interferometr yordamida oʻlchab, ular juda kichik ekanliklarini tasdiqladilar va murakkab strukturaga ega boʻlishlarini koʻrsatib berdilar. Bu maʼlumotlar asosida nazariyotchilar kvazarlarning turli modellarini tuza boshlaganlar. Dastlabki modellarga koʻra, kvazarlar yulduzlarning oʻtazich sistemasi boʻlib, ularda massiv yulduzlar portlashi yordamida yorqinlikning oʻzgarishi tushuntirilgan. Lekin bu model hozircha ancha taqribiy va baʼzi maʼlumotlarni oʻz ichiga olmaydi. Yana bir nechta modellar ichida quyidagisi haqiqatga ancha yaqin. Unga koʻra, kvazarlar endi shakllanayotgan galaktikalar oʻzagi qismi boʻlib, uning markazida juda katta massali qora oʻra joylashgan va kuzatilayotgan jarayonlar atrof muhitdagi gaz moddasining bu qora oʻraga akkretsiyalanishi (katta tezlik bilan tushishi) bilan tushuntiriladi. Tuzilgan eng asosiy modellar va hisob – kitoblarga tayangan holda shunday xulosa qilish mumkin:

kvazarlar vujudga kelayotgan chaqaloq galaktikalarning o'zaklaridir.

Lekin kvazarlarni o'rganish hali ancha davom etadi. Dastlab ularga eng yaqin fazo tuzilishi o'rganilishi lozim. Darhaqiqat, nuqtaviy manba deyilishi mumkin bo'lgan kvazarlar atrofida tumanliksimon qobiqlar mavjud. Afsuski, bu qobiqlar shu darajada xiraki, ular faqat bizga yaqin bo'lgan kvazarlarda yaxshi kuzatiladi. Ular tuzilishi yumshoq patlarning parlariga o'xshaydi. Ushbu qobiq o'lchami gigant galaktikalar o'lchamiga yaqin bo'lib, ular markazida kichik va zich o'zak – kvazar joylashgan. Bu qobiq tuzilishida ko'pincha spirallar kuzatilib, ko'p hollarda ulagichli spiral galaktikaga o'xshab ketishi aniqlangan. Demak, 1982 yili amerikalik astronomlar T.Borosan, J.Ouk va K.Grinlar 3S48 qobig'ining spektrida magniy elementining yutilish chizig'i Mg Ib  $\lambda$  5175 ni topganlari bejiz emas ekan. Axir bu qator turdagi oddiy yulduzlar spektrida uchrab turadigan spektral chiziq-ku ! Demak, 3S48 kvazarning qobig'ida yulduzlardan iborat komponenta bo'lishi kelib chiqadi. Kvazarning o'zida esa agar qora o'ra bo'lsa, uning massasi 100 million quyosh massasidan iborat bo'lib, u yiliga kamida 100 quyosh massasini (aniqrog'i, gazsimon plazmani) atrof – muhitdan yutib yuborib turishi kerak bo'ladi. Lekin bu qachongacha davom etadi va qay tarzda normal galaktika tug'ilishi umuman noma'lum. Demak, **kvazar – bu akkretsiyon diskga ega bo'lgan qora o'ra** bo'la olib, uning yaqinida joylashgan va aktiv xarakterdagi gaz keng emission chiziqlarini spektrda hosil qiladi, uzoqdagi sovuq gaz moddasi esa yutilish chiziqlarini vujudga keltiradi. Yana bir natijalarga ko'ra, kvazarlarni radioaktivlik jihatidan uch sinfga ajratishimiz mumkin: radioaktiv; radionurlardagi energiyasi o'rta meyorli; radioda xira va tinch. Oxirgi turi borgan sari nisbatan ko'proq foizni tashkil etishi ayon bo'lmoqda. Lekin ular har birining Koinotdagi taqsimoti qanday va radioaktivlik xususiyati bizdan ulargacha bo'lgan masofaga bog'liqmi kabi savollar hali o'z yechimini topgani yo'q.

#### **Nazorat savollari:**

1. Yulduzlarning so'nishi qanday yuz beradi?
2. Kompakt obyektlarga qaysi obyektlar kiradi?
3. Oq mitti, neytron yulduz va qora tuynuklar bir-biridan qanday xarakteristikalar orqali farqlanadi?
4. Qora tuynukni xarakterlovchi asosiy parametrlar.
5. Neytron yulduz magnitosferasi
6. Pulsarlar – neytron yulduz
7. arning bir ko'rinishi sifatida.
8. Koinotning tezlashib kengayishi va qorong'i energiY.
9. Galaktikadagi yulduzlarning orbital chizikli tezliklari taqsimoti va qorong'i modda.

10. Gravitatsion to‘lqinlarning kashf etilishi.
11. Gravitatsion to‘lqin observatoriyalari.

### **Foydalanilgan adabiyotlar**

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.
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. Bochkarev N.G.b Magnitniye polya v kosmose, M.: Knijniy dom «LIBROKOM», 2011. – 216 s.

### **Internet ma’lumotlari**

1. [https://en.wikipedia.org/wiki/Spiral\\_galaxy](https://en.wikipedia.org/wiki/Spiral_galaxy)
2. <http://www.astronet.ru/db/msg/1229713>
3. <http://annesastronomynews.com/photo-gallery-ii>
4. [https://de.wikipedia.org/wiki/NGC\\_1530](https://de.wikipedia.org/wiki/NGC_1530)
5. <http://astronomyonline.org/Cosmology/Galaxies.asp>

## **V. AMALIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI**

### **11-Amaliy mashg‘ulot: Kosmogoniya muammolari fanining maqsad – vazifalari va yutuqlari**

Koinotni katta portlash natijasida yaratilishi, inflyatsiya jarayoni, Xabbl doimiysini xisoblash bo‘yicha masalalar yechish.

### **2-Amaliy mashg‘ulot: Gravitatsion beqarorlik va uning fizikasi**

Koinotda yulduzlarning paydo bo‘lishi va evolyusiyasi. Yulduzlarning aylanish burchak momenti, inersiya momenti, massasi, ulargacha bo‘lgan masofa va boshqa turli fizik kattaliklarini baxolash.

### **3-Amaliy mashg‘ulot: Quyosh sistemasining 0,5 parsekgacha ichki tuzilishi va kosmogoniyasi**

Eksperiment va kuzatishlarga mo‘ljallangan uskunalar. Teleskoplar, Xabbl va Chandra teleskopi. Maydanak teleskopi va uning yordamida yechiladigan vazifalar.

### **4-Amaliy mashg‘ulot: Yulduzlarning tug‘ilish sohalari va ular indikatorlari**

Qora tuynuklar gravitatsion radiusini aniqlash bo‘yicha masalalar yechish. GW150914 obyektining gravitatsion to‘lqinlar orqali ilk bor qayd etilishi.

### **5-Amaliy mashg‘ulot: Galaktikalar va ularning evolyusiyasi.**

Galaktikalar massalarini va o‘rtacha zichliklarini baxolash bo‘yicha masalalarni yechish.

**Mini-keys 1.**

**«Ekspert kengashi: intilish va yuksalish?»**

Tinglovchilarni bilimni baholashda ularni bilishi talab etilgan meyor darajasida sinov o'tkaziladi. Materiallarni yaxshi o'zlashtirgan tinglovchilar baholangan so'ng odatda erishgan bilimlari doirasida to'xtab qoladi va qo'shimcha bilinishi yuksaltirishga intilmaydi. Materiallarni yaxshi o'zlashtirmagan tinglovchilar baholash sinovidan ozod qilishlarini hohlaydi va unga intiladilar, ammo bilimi tiklash intilmaydilar.

*Nega bunday vaziyat kuzatiladi? Buni bartaraf etish uchun o'zingizning taklifingizni bering.*

**Mini-keys 2.**

**“Yulduzlarning yashash davrlarini Gersshprung-Ressel diagrammasi yordamida aniqlash”**

Gersshprung-Ressel diagrammasi yulduzlar yorqinligi yoki temperaturasining uning massasiga bog'lanishini ifodalaydi. Kuzatuvlar natijasida olingan yorqinlik yordamida va diagrammadan foydalangan holda uning massasini aniqlash mumkin bo'ladi. Yulduzlarning yashash davri ularning massalariga teskari proporsional ravishda bog'langan. Yulduzning massasi qanchalik katta bo'lsa, uning yashash davri shunchalik kichik bo'ladi.

*Nega yulduzlar yashash vaqti ularning massasiga teskari proporsional ravishda bog'liq? Yulduzlardagi termoyadroreaksiyalarining kechish samaradorligi uning massasiga qanday bog'liq?*

**Mini-keys 3**

**«Nega koinotning dastlabki davrlarida u yorug' bo'lgan, xozirda esa biz qorong'i koinotni kuzatib turibmiz?»**

Ma'lumki Koinotdagi nurlanish zichligi koinot kengayishi bilan uning o'lchamlarining 4-darajasiga teskari proporsional ravishda kamayib boradi. Moddaning zichligi esa koinot o'lchamlarining 3-darajasiga teskari proporsional ravishda kamayib boradi. Moddaning zichligi nurlanishning zichligiga nisbatan sekinroq kamaygani uchun, dastlabki paytda katta zichlikka ega bo'lgan yorug'lik tez orada moddaning zichligidan kamroq bo'lib qoladi.

*Ushbu xodisani tushuntirish uchun siz ham o'zingizning fikrlaringizni bildiring. Nega yorug'lik zichligi tez kamayadi va koinot rivojlanishining dastlabki davrida modda zichligidan ko'ra katta zichlikka ega bo'lgan?*

***Asosiy keysni ishlab chiqish.***

Har bir guruh minikeyslarni ishlab chiqishda asosiy keysni yechimini topish bo'yicha erishgan bilimlari bo'yicha o'zining taklifini beradi. Buning natijasida u yoki bu qaror qabul qilinadi yoki xulosaga kelinadi.

**«Refleksiya savati»**

Tinglovchilar sinf-ustasini ishini baholaydi. O'zining taqirizini maxsus savatga solishadi.

Keys o'tkazish bo'yicha umumiy xulosa qiling (assessment).



## VI. MUSTAQIL TA'LIM MAVZULARI

Tinglovchi mustaqil ishni muayyan modulni xususiyatlarini hisobga olgan xolda quyidagi shakllardan foydalanib tayyorlashi tavsiya etiladi:

- meyoriy xujjatlardan, o'quv va ilmiy adabiyotlardan foydalanish asosida modul mavzularini o'rganish;
- tarqatma materiallar bo'yicha ma'ruzalar qismini o'zlashtirish;
- avtomatlashtirilgan o'rgatuvchi va nazorat qiluvchi dasturlar bilan ishlash;
- maxsus adabiyotlar bo'yicha modul bo'limlari yoki mavzulari ustida ishlash;
- tinglovchining kasbiy faoliyati bilan bog'liq bo'lgan modul bo'limlari va mavzularni chuqur o'rganish.

### **Mustaqil ta'lim mavzulari**

1. Fundamental o'zaro ta'sir nazariyalarning kashf etilish tarixi.
2. Koinotning yopiq, ochiq va yassi modellari.
3. Yulduzlardagi reaksiyalarning kesimlari.
4. Yulduzlar klassifikatsiyasi va kataloglari.
5. Galaktikalar kataloglari.
6. Gravitatsion linza sistemalari.
7. Pulsarlar va magnetarlar.
8. Kosmologiyada magnit maydonlar.
9. Yulduz paydo bo'lishida magnit maydonining roli.
10. Elementar zarralarning kashf etilish tarixi.
11. Dunyodagi katta tezlatgichlar to'g'risida ma'lumotlar.
12. Dunyodagi katta radioteleskoplar to'g'risida ma'lumotlar.

## VII. GLOSSARIY

Termin	O‘zbek tilidagi sharxi	Ingliz tilidagi sharxi
<b>Adronlar</b>	Kuchli o‘zaro ta’sirda ishtirok etuvchi elementar zarralar	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.
<b>Adronlarning kvark modellari</b>	adronlarning elementar tashkil etuvchilar – kvarklarning bog‘langan tizimidan iborat deb qaraluvchi modeli.	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.
<b>Bozon</b>	butun sonli spinga ega bo‘lgan zarracha	In <a href="#">quantum mechanics</a> , a <b>boson</b> is a particle that follows <a href="#">Bose–Einstein statistics</a> . Bosons make up one of the two classes of <a href="#">particles</a> , the other being <a href="#">fermions</a> . The name boson was coined by <a href="#">Paul Dirac</a> <sup>[4]</sup> to commemorate the contribution of the <a href="#">Indian</a> physicist <a href="#">Satendra Nath Bose</a> <sup>[5][6]</sup> in developing, with Einstein, <a href="#">Bose–Einstein statistics</a> —which theorizes the characteristics of elementary particles. Bosons are integer spin particles.
<b>Buyuk birlashuv</b>	kuchli, kuchsiz va elektromagnit o‘zaro ta’sirlarning yagona tabiatiga ega ekanligi haqidagi tasavvurga asoslangan fundamental fizikaviy hodisalarning nazariy modeli	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



		<p>fundamental interactions—<a href="#">gravitational</a>, <a href="#">electromagnetic</a>, <a href="#">strong nuclear</a>, and <a href="#">weak nuclear</a>. Each one is understood as the dynamics of a <i>field</i>. The gravitational force is modelled as a continuous <a href="#">classical field</a>. The other three are each modelled as discrete <a href="#">quantum fields</a>, and exhibit a measurable unit or <a href="#">elementary particle</a>.</p>
<b>Vaynberg-Salam nazariyasi</b>	<p>elektromagnit va kuchsiz o‘zaro ta’sirlarning birlashgan nazariyasi.</p>	<p>Electromagnetic and weak interactions unified theory. In <a href="#">particle physics</a>, the <b>electroweak interaction</b> is the <a href="#">unified description</a> of two of the four known <a href="#">fundamental interactions</a> of nature: <a href="#">electromagnetism</a> and the <a href="#">weak interaction</a>. 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 <a href="#">unification energy</a>, on the order of 100 <a href="#">GeV</a>, they would merge into a single <b>electroweak force</b>.</p>
<b>Galaktika</b>	<p>yulduzlar, yulduz turkumlari, yulduzlararo gaz va chang, xamda qorong‘i moddadan iborat gravitatsion bog‘langan tizim</p>	<p>Stars, constellations, interstellar gas and dust, and dark matter to gravitationally bound system. The <b>Milky Way</b> is the <a href="#">galaxy</a> that contains our <a href="#">Solar System</a>. 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.</p>
<b>Gamma-Astronomiya</b>	<p>turlicha kosmik manbalarini ularning gamma diapazonidagi (to‘lqin uzunliklari <math>\lambda &lt; 10^{-12}m</math>, foton energiyasi esa <math>\varepsilon &gt; 10^5 eV</math> bo‘lgan) elektromagnit nurlanishlari bo‘yicha</p>	<p><b>Gamma-ray astronomy</b> is the <a href="#">astronomical</a> observation of <a href="#">gamma rays</a>,<sup>[nb 1]</sup> the most energetic form of <a href="#">electromagnetic radiation</a>, with <a href="#">photon energies</a> above 100 <a href="#">keV</a>. Radiation below 100 keV is classified as <a href="#">X-rays</a> and is the subject of <a href="#">X-ray astronomy</a>. September 02 2011 Fermi Second catalog of Gamma</p>

	o'rganuvchi astronomiya bo'limi.	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 <a href="#">solar flares</a> (and even in the <a href="#">Earth's atmosphere</a> ), but gamma rays in the GeV range do not originate in the <a href="#">Solar System</a> and are important in the study of extrasolar, and especially extragalactic astronomy.
<b>Glyuon</b>	birga teng spinli va nolga teng tinchlik massali hamda kvarklar orasidagi kuchli o'zaro ta'sirni tashuvchi elektrik neytral zarra.	<b>Gluons</b> are <a href="#">elementary particles</a> that act as the exchange particles (or <a href="#">gauge bosons</a> ) for the <a href="#">strong force</a> between <a href="#">quarks</a> , analogous to the exchange of <a href="#">photons</a> in the <a href="#">electromagnetic force</a> between two <a href="#">charged particles</a> . <sup>[6]</sup> In layman terms, they "glue" quarks together, forming <a href="#">protons</a> and <a href="#">neutrons</a> . In technical terms, gluons are <a href="#">vector gauge bosons</a> that mediate <a href="#">strong interactions</a> of <a href="#">quarks</a> in <a href="#">quantum chromodynamics</a> (QCD). Gluons themselves carry the <a href="#">color charge</a> of the strong interaction.
<b>Yorug'lik yili</b>	astronomiyada qo'llaniladigan uzunlik birligi; yorug'lik bir yilda bosib o'tadigan masofaga teng. (1 YO.y. = 9,4605 · 10 <sup>15</sup> m)	A <b>light-year</b> (or <b>light year</b> , abbreviation: <b>ly</b> ) is a <a href="#">unit of length</a> used informally to express astronomical distances. It is approximately 9 <a href="#">trillion kilometres</a> (or about 6 trillion <a href="#">miles</a> ). As defined by the <a href="#">International Astronomical Union</a> (IAU), a light-year is the distance that <a href="#">light travels in vacuum</a> in one <a href="#">Julian year</a> (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.
<b>Kuchsiz o'zaro</b>	bir necha attometrdan	In <a href="#">particle physics</a> , the <b>weak</b>

<p><b>ta'sir</b></p>	<p>(<math>10^{-18}</math>m) kichik masofalarda elementar zarralar orasidagi o'zaro ta'sir; bunday o'zaro ta'sir xususan atom yadrolarining betta yemirilishiga olib keladi.</p>	<p><b>interaction</b> is the mechanism responsible for the <b>weak force</b> or <b>weak nuclear force</b>, one of the four known <u><a href="#">fundamental interactions</a></u> of nature, alongside the <u><a href="#">strong interaction</a></u>, <u><a href="#">electromagnetism</a></u>, and <u><a href="#">gravitation</a></u>. The weak interaction is responsible for the <u><a href="#">radioactive decay</a></u> of <u><a href="#">subatomic particles</a></u>, and it plays an essential role in <u><a href="#">nuclear fission</a></u>. The theory of the weak interaction is sometimes called <b>quantum flavordynamics (QFD)</b>, in analogy with the terms <u><a href="#">QCD</a></u> and <u><a href="#">QED</a></u>, but the term is rarely used because the weak force is best understood in terms of <u><a href="#">electro-weak theory</a></u> (EWT).</p>
<p><b>Kvazar</b></p>	<p>uzoqlashgan gallaktikaning faol o'zagidan iborat bo'lgan qudratli kosmik elektromagnit nurlanish manbai.</p>	<p><b>Quasars</b> or <b>quasi-stellar radio sources</b> are the most energetic and distant members of a class of objects called <u><a href="#">active galactic nuclei</a></u> (AGN). Quasars are extremely luminous and were first identified as being high <u><a href="#">redshift</a></u> sources of <u><a href="#">electromagnetic energy</a></u>, including <u><a href="#">radio waves</a></u> and <u><a href="#">visible light</a></u>, that appeared to be similar to <u><a href="#">stars</a></u>, rather than extended sources similar to <u><a href="#">galaxies</a></u>. Their spectra contain very broad <u><a href="#">emission lines</a></u>, unlike any known from stars, hence the name "quasi-stellar."</p>
<p><b>Kvarklar</b></p>	<p>hozirga tasavvurga ko'ra barcha adronlarning tarkibiy qismlarini tashkil qiluvchi fundamental zarrachalar.</p>	<p>A <b>quark</b> (<u><a href="#">/'kwɔ:rk/</a></u> or <u><a href="#">/'kwa:rk/</a></u>) is an <u><a href="#">elementary particle</a></u> and a fundamental constituent of <u><a href="#">matter</a></u>. Quarks combine to form <u><a href="#">composite particles</a></u> called <u><a href="#">hadrons</a></u>, the most stable of which are <u><a href="#">protons</a></u> and <u><a href="#">neutrons</a></u>, the components of <u><a href="#">atomic nuclei</a></u>.<sup>[1]</sup> Due to a phenomenon known as <u><a href="#">color confinement</a></u>, quarks are never directly observed or found in</p>

		isolation; they can be found only within hadrons, such as <a href="#">baryons</a> (of which protons and neutrons are examples), and <a href="#">mesons</a> . For this reason, much of what is known about quarks has been drawn from observations of the hadrons themselves.
<b>Koinot</b>	moddiy dunyoning kuzatish mumkin bo'lgan qismi.	part of the material world that can be observed. The <b>Universe</b> is all of <a href="#">time</a> and <a href="#">space</a> and its contents. The Universe includes <a href="#">planets</a> , <a href="#">natural satellites</a> , <a href="#">minor planets</a> , <a href="#">stars</a> , <a href="#">galaxies</a> , the contents of <a href="#">intergalactic space</a> , the smallest <a href="#">subatomic particles</a> , and all <a href="#">matter</a> and <a href="#">energy</a> . The <a href="#">observable universe</a> is about 28 <a href="#">billion parsecs</a> (91 billion <a href="#">light-years</a> ) in <a href="#">diameter at the present time</a> . The size of the whole Universe is not known and may be either finite or infinite.
<b>Kollayder</b>	zaryadlangan zarralarning qarama – qarshi dastalarining uchrashuvi yuz beradigan tezlatgich.	A <b>collider</b> is a type of <a href="#">particle accelerator</a> involving directed beams of <a href="#">particles</a> . Colliders may either be <a href="#">ring accelerators</a> or <a href="#">linear accelerators</a> , and may collide a single beam of particles against a stationary target or two beams head-on. Colliders are used as a research tool in <a href="#">particle physics</a> by accelerating <a href="#">particles</a> to very high <a href="#">kinetic energy</a> 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.
<b>Kosmik</b>	kosmik obektlarning	Space objects in the field of radio

<p><b>radionurlanish</b></p>	<p>radioto‘lqinlar sohasida elektromagnit nurlanishi.</p>	<p>electromagnetic radiation. <b>Radio waves</b> are a type of <a href="#">electromagnetic radiation</a> with <a href="#">wavelengths</a> in the <a href="#">electromagnetic spectrum</a> longer than <a href="#">infrared</a> light. Radio waves have <a href="#">frequencies</a> from 3 <a href="#">THz</a> to as low as 3 <a href="#">kHz</a>, and corresponding wavelengths ranging from 100 micrometers (0.0039 <a href="#">in</a>) to 100 kilometers (62 <a href="#">mi</a>). Like all other electromagnetic waves, they travel at the <a href="#">speed of light</a>. Naturally occurring radio waves are made by <a href="#">lightning</a>, or by <a href="#">astronomical objects</a>.</p>
<p><b>Kuchli o‘zaro ta’sir</b></p>	<p>bir nechta femtometr (10<sup>-15</sup> m) kichik masofalarda adronlar orasidagi o‘zaro ta’sir. Xususan, atom yadrolaridagi nuklonlarning o‘zaro bog‘lanishini ta’minlaydi.</p>	<p>In <a href="#">particle physics</a>, the <b>strong interaction</b> is the mechanism responsible for the <b>strong nuclear force</b> (also called the <b>strong force</b>, <b>nuclear strong force</b>), one of the four known <a href="#">fundamental interactions</a> of nature, the others being <a href="#">electromagnetism</a>, the <a href="#">weak interaction</a> and <a href="#">gravitation</a>. Despite only operating at a distance of a <a href="#">femtometer</a>, it is the strongest force, being approximately 100 times stronger than electromagnetism, a million times stronger than <a href="#">weak interaction</a> and 10<sup>38</sup> times stronger than gravitation at that range.</p>
<p><b>Leptonlar</b></p>	<p>kuchli o‘zaro ta’sirda ishtirok etmaydigan elementar zarralarning umumiy nomi.</p>	<p>A <b>lepton</b> is an <a href="#">elementary</a>, <a href="#">half-integer spin</a> (spin 1/2) particle that does not undergo <a href="#">strong interactions</a>.<sup>[1]</sup> Two main classes of leptons exist: <a href="#">charged</a> leptons (also known as the <a href="#">electron-like</a> leptons), and neutral leptons (better known as <a href="#">neutrinos</a>). Charged leptons can combine with other particles to form various <a href="#">composite particles</a> such as <a href="#">atoms</a> and <a href="#">positronium</a>, while neutrinos</p>

		rarely interact with anything, and are consequently rarely observed. The best known of all leptons is the <a href="#">electron</a> .
<b>Maydon yagona nazariyasi</b>	elementar zarralar xossalari va o'zaro ta'sirlarining barcha xilma – xilligini uncha kam sonli universal tamoyillarga keltirishga qaratilgan materiyaning yagona nazariyasi.	In <a href="#">physics</a> , a <b>unified field theory (UFT)</b> , occasionally referred to as a <b>uniform field theory</b> , <sup>[1]</sup> is a type of <a href="#">field theory</a> that allows all that is usually thought of as <a href="#">fundamental forces</a> and <a href="#">elementary particles</a> to be written in terms of a single <a href="#">field</a> . There is no accepted unified field theory, and thus it remains an open line of research. The term was coined by <a href="#">Einstein</a> , who attempted to unify the <a href="#">general theory of relativity</a> with <a href="#">electromagnetism</a> . The " <a href="#">theory of everything</a> " and <a href="#">Grand Unified Theory</a> 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 <a href="#">constants of nature</a> .
<b>Myuonlar</b>	massasi elektron massasidan taqriban 207 marta katta va elektromagnit hamda kuchsiz o'zaro ta'sirlarda ishtirok etuvchi zaryadlangan elementar zarralar.	The <b>muon</b> is an <a href="#">elementary particle</a> similar to the <a href="#">electron</a> , with <a href="#">electric charge</a> of $-1 e$ and a <a href="#">spin of <math>\frac{1}{2}</math></a> , but with a much greater mass. It is classified as a <a href="#">lepton</a> . 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. The muon is an unstable <a href="#">subatomic particle</a> with a <a href="#">mean lifetime</a> of $2.2 \mu\text{s}$ . Among all known unstable <a href="#">subatomic particles</a> , only the neutron (lasting around 15 minutes) and some <a href="#">atomic nuclei</a> have a longer decay lifetime; others decay significantly faster.
<b>Neytron yulduzlar</b>	yulduzlarning ichki tuzilishi nazariyasiga ko'ra ozgina elektronlar	A <b>neutron star</b> is a type of <a href="#">compact star</a> . Neutron stars are the smallest and densest stars known to exist in

	<p>aralashgan neytronlardan o‘ta og‘ir atom yadrolari va protonlardan tashkil topgan eng zich yulduzlar.</p>	<p>the <a href="#">Universe</a>. 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 <a href="#">gravitational collapse</a> of a <a href="#">massive star</a> that produces a <a href="#">supernova</a>. Neutron stars are composed almost entirely of <a href="#">neutrons</a>, which are subatomic particles with no net <a href="#">electrical charge</a> and with slightly larger mass than <a href="#">protons</a>. They are supported against further collapse by <a href="#">quantum degeneracy pressure</a> due to the phenomenon described by the <a href="#">Pauli exclusion principle</a>.</p>
<p><b>Nukleosintez</b></p>	<p>yengilroq yadrolardan og‘irroq yadrolar hosil bo‘lishiga olib keluvchi yadroviy reaksiyalar zanjiri.</p>	<p><b>Nucleosynthesis</b> is the process that creates new atomic nuclei from pre-existing <a href="#">nucleons</a>, primarily protons and neutrons. The first nuclei were formed about three minutes after the <a href="#">Big Bang</a>, through the process called <a href="#">Big Bang nucleosynthesis</a>. It was then that <a href="#">hydrogen</a> and <a href="#">helium</a> formed to become the content of the first <a href="#">stars</a>, 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 <a href="#">stellar nucleosynthesis</a>, a process that continues today.</p>
<p><b>Oq mittilar</b></p>	<p>massalari Quyosh massasi tarkibida bo‘lgan va radiuslari Quyosh radiusining ~0,01 hissasini tashkil qiluvchi kichik yulduzlar.</p>	<p>A <b>white dwarf</b>, also called a <b>degenerate dwarf</b>, is a <a href="#">stellar remnant</a> composed mostly of <a href="#">electron-degenerate matter</a>. A white dwarf is very <a href="#">dense</a>: its mass is comparable to that of the <a href="#">Sun</a>, while its volume is comparable to that of <a href="#">Earth</a>. A white dwarf's faint <a href="#">luminosity</a> comes from the <a href="#">emission</a> of stored <a href="#">thermal energy</a>; no fusion</p>

		<p>takes place in a white dwarf wherein mass is converted to energy. The nearest known white dwarf is <a href="#">Sirius B</a>, at 8.6 light years, the smaller component of the Sirius <a href="#">binary star</a>. There are currently thought to be eight white dwarfs among the hundred star systems nearest the Sun.<sup>[1]</sup> The unusual faintness of white dwarfs was first recognized in 1910. The name <i>white dwarf</i> was coined by <a href="#">Willem Luyten</a> 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.</p>
<p><b>Parsek</b></p>	<p>astronomiyada ishlatiladigan uzunlik birligi; 1pk=3,0857 · 10<sup>16</sup>m.</p>	<p>A <b>parsec</b> (symbol: <b>pc</b>) is a <a href="#">unit of length</a> used to measure large distances to objects outside the <a href="#">Solar System</a>. One parsec is the distance at which one <a href="#">astronomical unit subtends</a> an angle of one <a href="#">arcsecond</a>.<sup>[1]</sup> A parsec is equal to about 3.26 <a href="#">light-years</a> (31 <a href="#">trillion kilometres</a> or 19 trillion <a href="#">miles</a>) in length. The nearest star, <a href="#">Proxima Centauri</a>, 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.</p>
<p><b>Pozitron</b></p>	<p>kattaligi jihatdan elektron zaryadiga teng musbat zaryadli, massasi elektron massasiga teng bo'lgan elementar zarra, elektronga nisbatan antizarra.</p>	<p>The <b>positron</b> or <b>antielectron</b> is the <a href="#">antiparticle</a> or the <a href="#">antimatter</a> counterpart of the <a href="#">electron</a>. The positron has an <a href="#">electric charge</a> of +1 <i>e</i>, a <a href="#">spin</a> of ½, and has the same mass as an electron. When a low-energy positron collides with a low-energy electron, <a href="#">annihilation</a> occurs, resulting in the production of two or more <a href="#">gamma ray photons</a> (see <a href="#">electron–positron annihilation</a>). Positrons may be generated by <a href="#">positron emission</a> radioactive decay</p>



		(through <a href="#">weak interactions</a> ), or by <a href="#">pair production</a> from a sufficiently energetic <a href="#">photon</a> which is interacting with an atom in a material.
<b>Fermion</b>	yarim butun spinga ega bo‘lgan zarracha.	In <a href="#">particle physics</a> , a <b>fermion</b> (a name coined by <a href="#">Paul Dirac</a> from the surname of <a href="#">Enrico Fermi</a> ) is any <a href="#">particle</a> characterized by <a href="#">Fermi–Dirac statistics</a> . These particles obey the <a href="#">Pauli exclusion principle</a> . Fermions include all <a href="#">quarks</a> and <a href="#">leptons</a> , as well as any <a href="#">composite particle</a> made of an <a href="#">odd number</a> of these, such as all <a href="#">baryons</a> and many <a href="#">atoms</a> and <a href="#">nuclei</a> . Fermions differ from <a href="#">bosons</a> , which obey <a href="#">Bose–Einstein statistics</a> . A fermion can be an <a href="#">elementary particle</a> , such as the <a href="#">electron</a> , or it can be a <a href="#">composite particle</a> , such as the <a href="#">proton</a> . According to the <a href="#">spin-statistics theorem</a> in any reasonable <a href="#">relativistic quantum field theory</a> , particles with <a href="#">integer spin</a> are <a href="#">bosons</a> , while particles with <a href="#">half-integer spin</a> are fermions.
<b>Xabbl doimiysi</b>	ko‘rinuvchi Koinotning kosmologik kengayishi tufayli gallaktikadan tashqari obektlarning uzoqlashishi tezliklari bilan ulargacha bo‘lgan masofalar orasidagi bog‘lanishlardagi mutanosiblik koeffitsiyenti.	The value of the Hubble constant is estimated by measuring the <a href="#">redshift</a> of distant galaxies and then <a href="#">determining the distances to the same galaxies</a> (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 <a href="#">Gérard de Vaucouleurs</a> , who claimed the value was around 100, and <a href="#">Allan Sandage</a> , who claimed the value was near 50. In 1996, a debate moderated by <a href="#">John Bahcall</a>

		between <a href="#">Sidney van den Bergh</a> and <a href="#">Gustav Tammann</a> was held in similar fashion to the earlier <a href="#">Shapley-Curtis debate</a> over these two competing values.
<b>Yulduz turkumlari</b>	birday yoshdagi va birgalikda vujudga kelgan gravitatsion bogʻlangan yulduzlar guruhlar.	<b>Star clusters</b> or <b>star clouds</b> are groups of <a href="#">stars</a> . Two types of star clusters can be distinguished: <a href="#">globular clusters</a> are tight groups of hundreds or thousands of very old stars which are <a href="#">gravitationally bound</a> , while <a href="#">open clusters</a> , 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 <a href="#">giant molecular clouds</a> as they move through the <a href="#">galaxy</a> , 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 <a href="#">stellar association</a> , sometimes also referred to as a <i>moving group</i> .
<b>Yulduzlar</b>	gravitatsiya kuchlarining issiq modda (gaz) ning bosimi hamda nurlanishlar bilan muvozanati xisobiga barqaror boʻlgan ulkan nurlanuvchi plazmaviy sharlar.	A <b>star</b> is a luminous sphere of <a href="#">plasma</a> held together by its own <a href="#">gravity</a> . The nearest star to <a href="#">Earth</a> is the <a href="#">Sun</a> . 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 <a href="#">constellations</a> and <a href="#">asterisms</a> , the brightest of which gained proper names. Extensive <a href="#">catalogues of stars</a> have been assembled by astronomers, which provide standardized <a href="#">star designations</a> . For at least a portion of its life, a star shines due to <a href="#">thermonuclear fusion</a> of

		<a href="#">hydrogen</a> into <a href="#">helium</a> in its core, releasing energy that traverses the star's interior and then <a href="#">radiates</a> into <a href="#">outer space</a> .
<b>Yadroviy astrofizika</b>	yulduzlar va boshqa samoviy obektlarda sodir bo'luvchi barcha yadroviy jarayonlarni tadqiq qiluvchi fan.	<b>Nuclear astrophysics</b> is an interdisciplinary branch of physics involving close collaboration among researchers in various subfields of <a href="#">nuclear physics</a> and <a href="#">astrophysics</a> , with significant emphasis in areas such as <a href="#">stellar modeling</a> , measurement and theoretical estimation of <a href="#">nuclear reaction</a> rates, <a href="#">cosmology</a> , <a href="#">cosmochemistry</a> , <a href="#">gamma ray</a> , <a href="#">optical</a> and <a href="#">X-ray astronomy</a> , and extending our knowledge about nuclear <a href="#">lifetimes</a> and masses. In general terms, <b>nuclear astrophysics</b> aims to understand the origin of the <a href="#">chemical elements</a> and the energy generation in <a href="#">stars</a> .
<b>Qora tuynuk</b>	gravitatsiya kuchlari jismni uning gravitatsiyaviy radiusidan kichikroq o'lchamlargacha siqilishi natijasida yuzaga keluvchi kosmik obyekt.	A <b>black hole</b> is a region of <a href="#">spacetime</a> exhibiting such strong <a href="#">gravitational</a> effects that nothing—including <a href="#">particles</a> and <a href="#">electromagnetic radiation</a> such as light—can escape from inside it. The theory of <a href="#">general relativity</a> predicts that a sufficiently compact <a href="#">mass</a> can deform <a href="#">spacetime</a> to form a black hole. The boundary of the region from which no escape is possible is called the <a href="#">event horizon</a> .

## VIII. ADABIYOTLAR RO'YXATI:

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.
3. Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.
4. Sivuxin D.V, Kurs obshey fiziki, uchebnoye posobiye dlya vuzov, t. 5 – Atomnaya i yadernaya fizika, 3-ye izdaniye, FIZMATIZ, 2011.
5. L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.
6. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
7. Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.
8. Filchenkov M.L., Gravitatsiya, astrofizika, kosmologiya: dopolnitelniye glavi, «LIBROKOM», 2010.
9. Bochkarev N.G.b Magnitniye polya v kosmose, M.: Knijniy dom «LIBROKOM», 2011. – 216 s.

### Internet ma'lumotlari

1. [http://hea.iki.rssi.ru/HEAD\\_RUS/links\\_k.htm](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/)