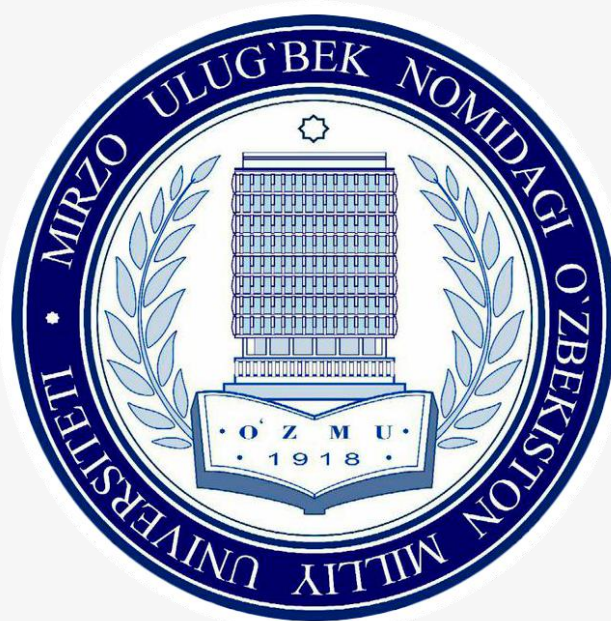


**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIV VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

**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**



**“KOINOT STRUKTURASI VA EVOLYUSIYASI,  
MATERIYANING YANGI FORMALARI”**

**moduli bo‘yicha**

**O‘QUV – USLUBIY MAJMUUA**

Toshkent – 2022

Mazkur o‘quv-uslubiy majmua Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligining Modulning o‘quv-uslubiy majmuasi Oliy va o‘rta maxsus ta'lim vazirligining 2020 yil 7 dekabrda 648-sonli buyrug‘i bilan tasdiqlangan o‘quv dasturi va o‘quv rejasiga muvofiq ishlab chiqilgan

**Tuzuvchilar:**

O‘zMU professori,  
O‘zFA Astronomiya instituti  
bo‘lim mudiri f.-m.f.d., prof. **B.J.  
Axmedov**

**Taqrizchi:**

O‘zFA Fizika texnika instituti  
laboratoriya mudiri, f.-m.f.d., prof.  
K. Olimov,  
Manxetten kollej professori, f.-m.  
fanlari bo‘yicha falsafa doktori  
F.J.Fattoyev.

**O‘quv -uslubiy majmua Bosh ilmiy-metodik markaz Ilmiy metodik  
Kengashining qarori bilan nashrga tavsiya qilingan  
(2020 yil “30” dekabrda 5/4-sonli bayonnoma)**

## MUNDARIJA

I. ISHCHI DASTUR.....	4
II. MODULNI O‘QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTERFAOL TA‘LIM METODLARI.....	9
III. NAZARIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI.....	134
IV. AMALIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI.....	99
V. KEYSLAR BANKI .....	100
V. MUSTAQIL TA‘LIM MAVZULARI.....	102
VI. GLOSSARIY.....	103
VII. ADABIYOTLAR RO‘YXATI.....	115

# I. ISHCHI DASTUR

## Kirish

Dastur O‘zbekiston Respublikasining 2021 yil 23 sentabrda tasdiqlangan “Ta’lim to‘g‘risida”gi Qonuni, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevraldagi “O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-4947-son, 2019 yil 27 avgustdagi “Oliy ta’lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining uzluksiz malakasini oshirish tizimini joriy etish to‘g‘risida”gi PF-5789-son, 2019 yil 8 oktabrdagi “O‘zbekiston Respublikasi oliy ta’lim tizimini 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-5847-sonli Farmonlari hamda O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019 yil 23 sentabrdagi “Oliy ta’lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi 797-sonli Qarorlarida belgilangan ustuvor vazifalar mazmunidan kelib chiqqan holda tuzilgan bo‘lib, u oliy ta’lim muassasalari pedagog kadrlarining kasb mahorati hamda innovatsion kompetentligini rivojlantirish, sohaga oid ilg‘or xorijiy tajribalar, yangi bilim va malakalarni o‘zlashtirish, shuningdek amaliyotga joriy etish ko‘nikmalarini takomillashtirishni maqsad qiladi.

Dastur doirasida berilayotgan mavzular ta’lim sohasi bo‘yicha pedagog kadrlarni qayta tayyorlash va malakasini oshirish mazmuni, sifati va ularning tayyorgarligiga qo‘yiladigan umumiy malaka talablari va o‘quv rejalari asosida shakllantirilgan bo‘lib, uning mazmuni kredit modul tizimi va o‘quv jarayonini tashkil etish, ilmiy va innovatsion faoliyatni rivojlantirish, pedagogning kasbiy professionalligini oshirish, ta’lim jarayoniga raqamli texnologiyalarni joriy etish, maxsus maqsadlarga yo‘naltirilgan ingliz tili, mutaxassislik fanlar negizida ilmiy va amaliy tadqiqotlar, o‘quv jarayonini tashkil etishning zamonaviy uslublari bo‘yicha so‘nggi yutuqlar, pedagogning kreativ kompetentligini rivojlantirish, ta’lim jarayonlarini raqamli texnologiyalar asosida individuallashtirish, masofaviy ta’lim xizmatlarini rivojlantirish, vebinar, onlayn, «blended learning», «flipped classroom» texnologiyalarini amaliyotga keng qo‘llash bo‘yicha tegishli bilim, ko‘nikma, malaka va kompetensiyalarni rivojlantirishga yo‘naltirilgan.

Qayta tayyorlash va malaka oshirish yo‘nalishining o‘ziga xos xususiyatlari hamda dolzarb masalalaridan kelib chiqqan holda dasturda tinglovchilarning mutaxassislik fanlar doirasidagi bilim, ko‘nikma, malaka hamda kompetensiyalariga qo‘yiladigan talablar takomillashtirilishi mumkin.

### **Modulning maqsadi va vazifalari**

**Modulning maqsadi:** pedagog kadrlarni qayta tayyorlash va malakasini oshirish

kursi tinglovchilarini zamonaviy kosmologiya, uning modellari, kosmologik kuzatuvlari va ularning imkoniyatlari, koinot to'g'risidagi ma'lumotlar, ularning tamoyillari va imkoniyatlari, olamning rivojlanishidagi hal qiluvchi bosqichlar, elementar zarralar shakllanishi va barion moddaning ustunligi asimmetriyasi haqida oliy ta'lim muassasalari pedagog kadrlarining bilim, ko'nikma va kompetensiyalarini oshirish.

#### **Modulning vazifalari:**

- Koinot strukturasi va evolyusiyasi, materiyaning yangi formalari - qorong'i materiya va qorong'i energiya sohasidagi so'nggi yangiliklar, zamonaviy eksperimental va kuzatuv texnologiyalar va xorijiy adabiyotlar haqidagi bilimlarini takomillashtirish, bu boradagi muammolarni aniqlash, tahlil etish va baholash.

- Zamonaviy relyativistik kosmologiya va astrofizika soxalarida ilg'or tajribalarni o'rganish va amaliyotda qo'llash usullari haqida nazariy va amaliy bilimlarni, ko'nikma va malakalarni shakllantirishdan iborat.

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

Modulni o'zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida:

#### **Tinglovchi:**

- relyativistik kosmologiyadagi zamonaviy revolyusion yangiliklar va zamonaviy adabiyotlar, so'nggi yillardagi kosmologiyadagi aniqlangan fundamental qonuniyatlar, kosmologiyadagi kashfiyotlar va tamoyillar, hozirgi zamon eksperiment va astronomik kuzatuvlardan koinotning yirik masshtabdagi strukturasi o'rganishda samarali foydalanish to'g'risidagi **bilishi** kerak.

- katta portlash va kosmologik inflyatsiya nazariyasining asosiy tushunchalari farqlay olish; astrofizika nuqtai-nazaridan yadro reaksiyalar klassifikatsiyasini farqlash; olamning tezlanish bilan kengayishi, qorong'i materiya va qorong'i energiya, astrofizikadagi kompakt obyektlar va gravitatsion to'liqlarini tahlil etish **ko'nikmalariga** ega bo'lishi lozim.

- relyativistik kosmologiya modulini strukturalashtirish, Olam evolyusiyasi, koinotning strukturasi, tarkibi, materiyaning va energiyaning yangi formalari, zamonaviy kosmologik modellar, koinotda ximik elementlarning paydo bo'lishi va tarqalishi. Materiya taqsimoti haqida ma'lumotlar, mikroto'liqlik fon, Xabbl doimiysi, Olamning yoshi. O'ta yangi yulduzlarning chaqnashi va ularning tiplari. Ia tipidagi o'tayangi yulduz va standart yoritgichlar tahlil etish **malakalariga** ega bo'lishi lozim.

- asosiy kosmologik modellar. Yulduzlardagi yadro reaksiyalar. Koinotning katta portlash natijasida yaratilishi, inflyatsiya jarayoni. Fundamental o'zaro ta'sirlar. Kvarkglyuon plazmasi, yadrolar, mezonlar va leptonlar fizikasini tushunish va qo'llash **kompetensiyalariga** ega bo'lishi lozim.

#### **Modulni tashkil etish va o'tkazish bo'yicha tavsiyalar**

Modulni o'qitish ma'ruza, amaliy va ko'chma mashg'ulotlar shaklida olib boriladi.

Modulni o'qitish jarayonida ta'limning zamonaviy metodlari, pedagogik texnologiyalar va axborot-kommunikatsiya texnologiyalari qo'llanilishi nazarda tutilgan:

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

-o'tkaziladigan amaliy mashg'ulotlarda texnik vositalardan, ekspress-so'rovlar, test so'rovlari, aqliy hujum, guruhli fikrlash, kichik guruhlar bilan ishlash, kollokvium o'tkazish, va boshqa interaktiv ta'lim usullarini qo'llash nazarda tutiladi.

-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**

“Koinot strukturasi va evolyusiyasi, materiyaning yangi formalari” moduli mazmuni o'quv rejadagi “Kredit modul tizimi va o'quv jarayonini tashkil etish”, “Ilmiy va innovatsion faoliyatni rivojlantirish”, “Pedagogning kasbiy professionalligini oshirish”, “Ta'lim jarayoniga raqamli texnologiyalarni joriy etish”, “Nanofizika asoslari” va “Kvant aloqa. Fizik jarayonlarni kompyuterda modellashtirish” o'quv modullari bilan uzviy bog'langan holda pedagoglarning ta'lim jarayonida nanofizika, nanomateriallar, nanozarralarni xosil qilish va ularni kuzatish vositalari bo'yicha kasbiy pedagogik 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.

### **Moduli bo'yicha soatlar taqsimoti**

№	Modul mavzulari	Auditoriya			
		Jami	jumladan		
			Nazariy	Amaliy	Ko'chma
1.	Koinot to'g'risidagi tasavvurlar paydo bo'lishi va rivojlanishi.	2	2		
2.	Katta portlash va inflyatsiya.	2		2	
3.	Qorong'i materiya va qorong'i energiya.	4	2	2	
4.	Ekzoplanetalar va zamonaviy kuzatuvlar.	4			4
5.	Nukleosintez va elementlarning tarqalishi.	2	2		
6.	Yulduzlar evolyusiyasi.	4	2	2	
7.	Koinotning yirik masshtabdagi strukturasi.	2	2		
8.	Gravitatsion to'liqlar.	4	2	2	
9.	O'ta massiv qora o'ralar	2	2		
	<b>Jami: 26 soat</b>	<b>26</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>4</b>

## NAZARIY MASHG'ULOTLAR MAZMUNI

### **1-mavzu: Koinot to'g'risidagi tasavvurlar paydo bo'lishi va rivojlanishi (2 soat).**

- 1.1. Koinot to'g'risidagi: asosiy tushunchalar.
- 1.2. Koinot to'g'risidagi tasavvurlar paydo bo'lishi.
- 1.3. Koinot to'g'risidagi tasavvurlar rivojlanishi.
- 1.4. Zamonaviy kosmologiya haqida qisqacha ma'lumot.

### **2-mavzu: Qorong'i materiya va qorong'i energiya (2 soat).**

- 2.1. Zamonaviy relyativistik kosmologiyada materiyaning yangi formalari.
- 2.2. Qorong'i materiY.
- 2.3. Qorong'i energiY.
- 2.4. Xozirgi etapda koinotning tezlanish bilan kengayishi.

### **3-Mavzu: Nukleosintez va elementlarning tarqalishi (2 soat).**

- 3.1. Birlamchi yadroviy reaksiyalar hamda dastlabki nukleosintez.
- 3.2. Koinotda yengil elementlarining tarqalishi.
- 3.3. Og'ir elementlarning tashkil topishi va tarqalishi.
- 3.4. O'ta yangi yulduzlar va turlari.
- 3.5. Yadroviy geoxronologiY.

### **4-Mavzu: Yulduzlar evolyusiyasi (2 soat).**

- 4.1. Yulduzlar evolyusiyasi: asosiy tushunchalar.
- 4.2. Gravitatsion kollaps.
- 4.3. Chandrasekar chegarasi.
- 4.4. Neytron yulduzlar. Kvazarlar.

### **5-Mavzu: Koinotning yirik masshtabdagi strukturasi (2 soat).**

- 5.1. Zamonaviy kosmologiya: asosiy tushunchalar.
- 5.2. Zamonaviy kosmologiyadagi muammoalar.
- 5.3. Koinotning yirik masshtabdagi strukturasi.
- 5.4. Koinotdagi galaktikalar filamen orqali taqsimlanishi.

### **6-Mavzu: Gravitatsion to'lqinlar (2 soat).**

- 6.1. Astronomiyada gravitatsion to'lqinlar.
- 6.2. Gravitatsion to'lqinlar manbalari.
- 6.3. Qora o'ralar va neytron yulduzlarning to'qnashuvi natijasida hosil bo'lgan gravitatsion to'lqinlar.
- 6.4. Gravitatsion to'lqinlarni qayd qilish.

### **7-Mavzu: O'ta massiv qora o'ralar (2 soat).**

- 7.1. Galaktika markazidagi o'ta massiv qora o'ralar.

7.2. Aylanuvchi qora oʻralar atrofida optik jarayonlar.

7.3 Aylanuvchi qora oʻralar atrofida energetik jarayonlar.

## **AMALIY MASHGʻULOTLAR MAZMUNI**

### **1-amaliy mashgʻulot. Katta portlash va inflyatsiya.**

Katta portlash va inflyatsiya. Olamning rivojlanishidagi hal qiluvchi bosqichlar, elementar zarralar shakllanishi va barion moddaning ustunligi asimmetriyasi. (2 soat).

### **2-amaliy mashgʻulot. Qorongʻi materiya va qorongʻi energiya. (2 soat).**

### **3-amaliy mashgʻulot. Yulduzlar evolyusiyasi.**

Koinotdagi birlamchi yulduzlar va gallyaktikalarning paydo boʻlishi va evolyusiyasi. (2 soat).

### **4-amaliy mashgʻulot. Gravitatsion toʻlqinlar. (2 soat).**

## **Amaliy mashgʻulotlarni tashkil etish boʻyicha koʻrsatma va tavsiyalar**

Amaliy mashgʻulotlarda tinglovchilar oʻquv modullari doirasidagi ijodiy topshiriqlar, keyslar, oʻquv loyihalari, texnologik jarayonlar bilan bogʻliq vaziyatli masalalar asosida amaliy ishlarni bajaradilar.

Amaliy mashgʻulotlar zamonaviy taʼlim uslublari va innovatsion texnologiyalarga asoslangan holda oʻtkaziladi. Bundan tashqari, mustaqil holda oʻquv va ilmiy adabiyotlardan, elektron resurslardan, tarqatma materiallardan foydalanish tavsiya etiladi.

## **KOʻCHMA MASHGʻULOT MAZMUNI**

### **Koʻchma mashgʻulot. Ekzoplanetalar va zamonaviy kuzatuvlar.**

Planeta tizimlarining shakllanishi va zamonaviy astronomik kuzatuvlarda ekzoplanetalar qayd etilishi. (4 soat).

Oʻzbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Astronomiya institutida mavzu boʻyicha maxsus dasturlar va uning asboblari bilan tanishish va koʻrish.

## **OʻQITISH SHAKLLARI**

Mazkur modul boʻyicha quyidagi oʻqitish shakllaridan foydalaniladi:

- maʼruzalar, amaliy mashgʻulotlar (maʼlumotlar va texnologiyalarni anglab olish, aqliy qiziqishni rivojlantirish, nazariy bilimlarni mustahkamlash);
- davra suhbatlari (koʻrilayotgan loyiha yechimlari boʻyicha taklif berish qobiliyatini oshirish, eshitish, idrok qilish va mantiqiy xulosalar chiqarish);
- bahs va munozaralar (loyihalar yechimi boʻyicha dalillar va asosli argumentlarni taqdim qilish, eshitish va muammolar yechimini topish qobiliyatini rivojlantirish).



## II. 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.



#### **Test**

1. Kuchsiz o'zaro ta'sirni tashuvchi zarralarni ko'rsating.

- A. W-bozon
- V. foton
- S. glyuon



#### **Qiyosiy tahlil**

Fundamental o'zaro ta'sir kuchlarini taqqoslang



#### **Tushuncha tahlili**

• W -bozon tushunchasini izohlang...



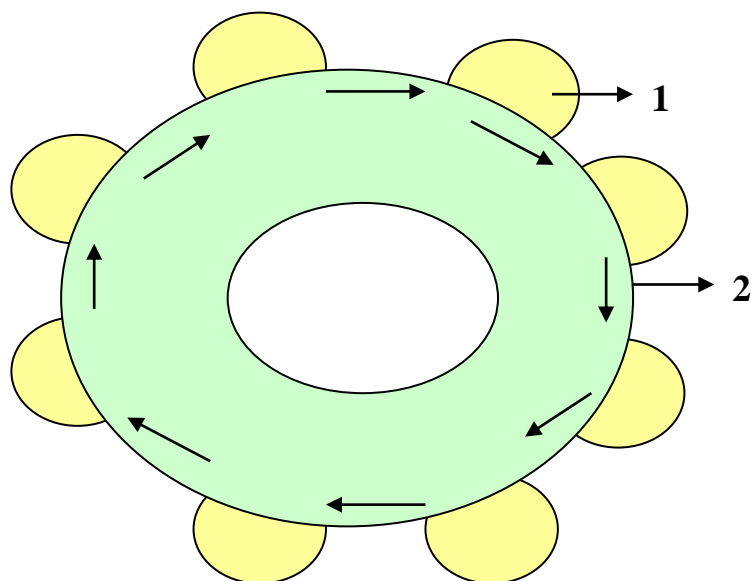
#### **Amaliy ko'nikma**

• Zarrachaning energiyasini xisoblang

### **“Davra suhbatı” metodi**

Aylana stol atrofida berilgan muammo yoki savollar yuzasidan ta’lim oluvchilartomonidan 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 suhbatidata’lim beruvchi mavzuni boshlab beradi va ta’lim oluvchilardan ushbu savol bo’yicha o’z fikr-mulohazalarini bildirishlarini so’raydi vaaylana bo’ylab har birta’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’ngmuhokama qilinadi. Bu esa ta’lim oluvchilarning mustaqil fikrlashiga va nutq madaniyatining rivojlanishiga yordam beradi.

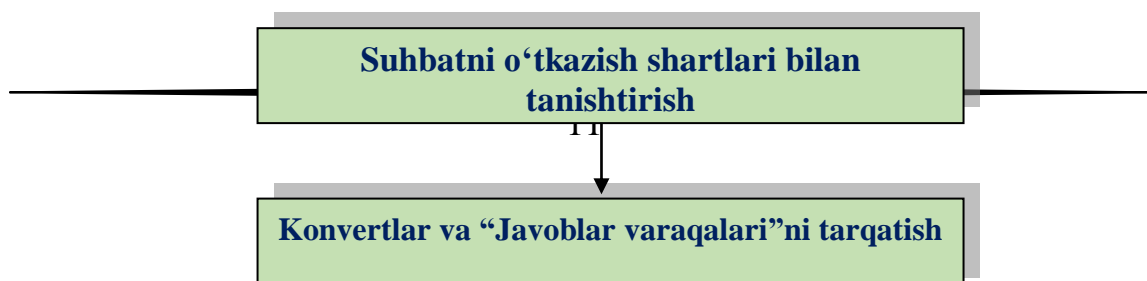


#### **Belgilar:**

- 1-ta’lim oluvchilar
- 2-aylana stol

### **Davra stolining tuzilmasi**

Yozma davra suhbatida stol-stullar aylana shaklidajoylashtirilib, 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 suhbatı” metodining afzalliklari:**

- o‘tilgan materialining 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.

**3-Mavzu: Nukleosintez va elementlarning tarqalishi (2 soat).**

- 3.1. Birlamchi yadroviy reaksiyalar hamda dastlabki nukleosintez.
- 3.2. Koinotda yengil elementlarining tarqalishi.
- 3.3. Og'ir elementlarning tashkil topishi va tarqalishi.
- 3.4. O'ta yangi yulduzlar va turlari.
- 3.5. Yadroviy geoxronologiya.

**5-Mavzu: Koinotning yirik masshtabdagi strukturasi (2 soat).**

- 5.1. Zamonaviy kosmologiya: asosiy tushunchalar.
- 5.2. Zamonaviy kosmologiyadagi muammoalar.
- 5.3. Koinotning yirik masshtabdagi strukturasi.
- 5.4. Koinotdagi galaktikalar filamen orqali taqsimlanishi.

**6-Mavzu: Gravitatsion to'liqlar (2 soat).**

- 6.1. Astronomiyada gravitatsion to'liqlar.
- 6.2. Gravitatsion to'liqlar manbalari.
- 6.3. Qora o'ralar va neytron yulduzlarning to'qnashuvi natijasida hosil bo'lgan gravitatsion to'liqlar.
- 6.4. Gravitatsion to'liqlarni qayd qilish.

**7-Mavzu: O'ta massiv qora o'ralar (2 soat).**

- 7.1. Galaktika markazidagi o'ta massiv qora o'ralar.
- 7.2. Aylanuvchi qora o'ralar atrofida optik jarayonlar.
- 7.3. Aylanuvchi qora o'ralar atrofida energetik jarayonlar.

### III. NAZARIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI

#### 1-MAVZU: KOINOT TO‘G‘RISIDAGI TASAVVURLAR PAYDO BO‘LISHI VA RIVOJLANISHI (2 soat).

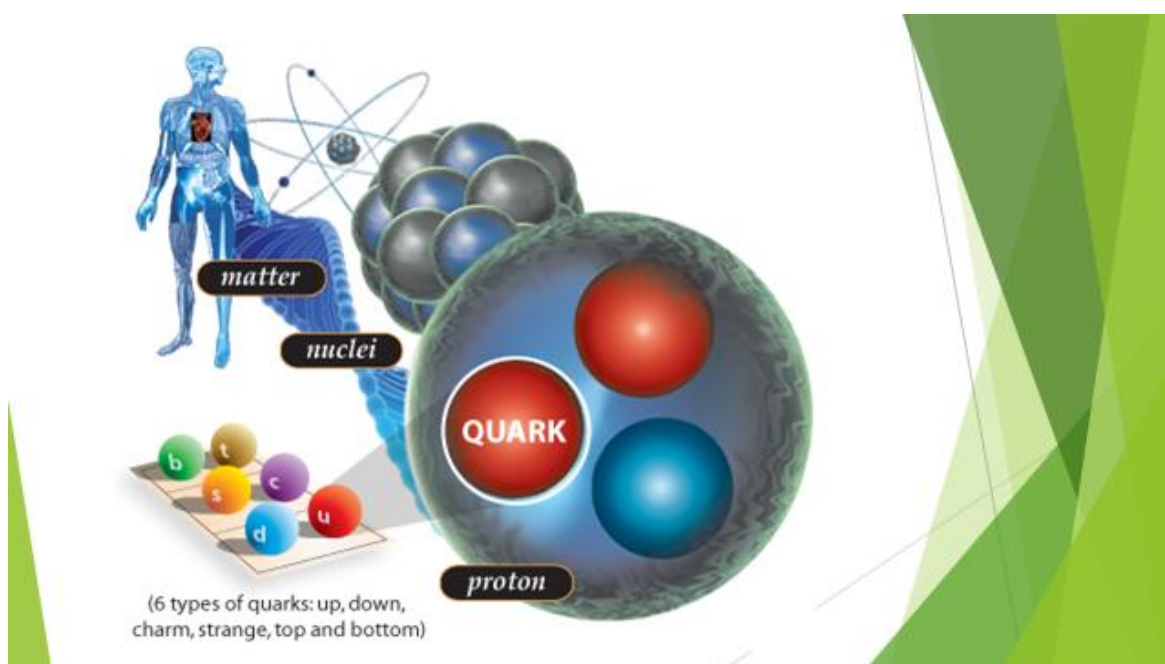
##### REJA

- 1.1. Koinot to‘g‘risidagi asosiy tushunchalar.
- 1.2. Koinot to‘g‘risidagi tasavvurlar paydo bo‘lishi.
- 1.3. Koinot to‘g‘risidagi tasavvurlar rivojlanishi.
- 1.4. Zamonaviy kosmologiya haqida qisqacha ma’lumot.

**Tayanch iboralar:** Yuqori energiyalar fizikasi, Astrofizika, koinot va uning rivojlanishi, Fundamental zarralar, kuchli magnit va gravitatsion maydonlar

##### 1.1. Koinot to‘g‘risidagi asosiy tushunchalar.

Insonni doimo ikki savol qiziqtirib kelgan: 1) moddalar va odamning o‘zi qanday elementar zarrachalardan tashkil topgani va 2) Koinotning tuzilishi va evolyusiyasi. O‘zining bilimini kengaytirish doirasida inson ikkita qarama-qarshi yo‘nalishlarda fikr yuritgan: 1) quyi yo‘nalishda xarakatlanib (molekula – atom – yadro – protonlar, neytronlar - kvarklar) inson kichik masofalardagi jarayonlarni tushunishga xarakat qildi; 2) yuqori yo‘nalishda xarakatlanib (planeta – quyosh sistemasi – galaktika), koinotning umumiy tuzilishi va tarkibi xaqida tasavvurlarga ega bo‘ldi.



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.



2- Rasm. Insoniyat tafakkurda yuqori yo'nalishda xarakatlanib (planeta – quyosh sistemasi – galaktika), koinotning umumiy tuzilishi va tarkibi xaqida tasavvurlarga ega bo'ldi.

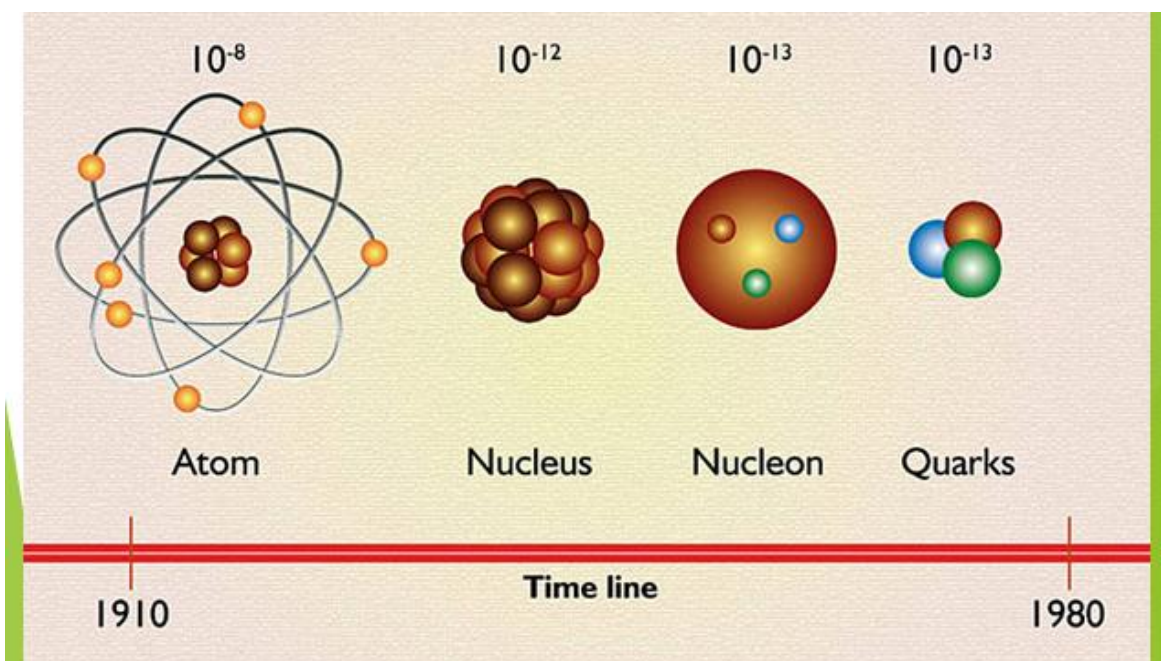
Bundan 50 yil avval barcha moddalar atomlardan, ular esa o'z navbatida 3 ta fundamental zarralardan tashkil topganligi ma'lum bo'ldi (musbat zaryadlangan protonlar va elektr jixatdan neytral bo'lgan neytronlar – markaziy yadroni tashkil etadi, manfiy zaryadlangan elektronlar yadro atrofida orbitalar bo'ylab harakatlanadi).

So'nggi paytlarda proton va neytronlar ham o'z navbatida fundamental obyektlar – kvarklardan tashkil topganligi ma'lum bo'ldi. Oltita kvarklar, oltita leptonlar (elektron, myuon, tau va uchta mos neytrinolar) va to'rtta o'tish vektor bozonlar bilan birgalikda Koinotdagi moddalarning asosini tashkil etadi<sup>2</sup>.

---

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

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



3-rasm. Tabiatdagi elementar zarralar.

Yuqori energiyalar fizikasi va astrofizika ushbu moddalarni tashkil etuvchi fundamental obyektning xossalarini 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‘sir 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 tezliklargaacha 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 \(Kaliforniya, SSHA\)](#).

Xozirgi 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.

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



- 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.

Xozirgi 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 xossalarini o'rganishdan iboratdir<sup>5</sup>.

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. Koinot to'g'risidagi tasavvurlar paydo bo'lishi.**

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

---

<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.

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

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 kuzatuvini 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. Ushbu fanning rivojlanish tarixi

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

Kosmologiya va astrofizikadamasofa shu qadar kattaki, biz maxsus yorug‘likning biror vaqt davomida o‘tgan yo‘li bilan bog‘liq atamalar kiritamiz: misol uchun,

$$1 \text{ yorug‘lik-sekund} = (3.0 \times 10^8 \text{m/s})(1.0\text{s}) = 3.0 \times 10^8 \text{m} = 300,000 \text{ km};$$

$$1 \text{ yorug‘lik -minut} = (3.0 \times 10^8 \text{m/s})(60\text{s}) = 18 \times 10^6 \text{km}.$$

Ular orasida eng ko‘p ishlatiladigan birlik bu yorug‘lik -yili (yoy):

$$\begin{aligned} 1 \text{ yoy} &= (2.998 \times 10^8 \text{m/s})(3.156 \times 10^7 \text{s/y}) \\ &= 9.46 \times 10^{15} \text{m} \gg 10^{13} \text{km} \gg 10^{16} \text{m}. \end{aligned}$$

Oygacha va Quyoshgacha masofalar uchun odatda kilometr yoki metrni yorug‘lik-sekundga almashtirgan holda foydalanamiz. Yerdan Oygacha masofa 384,000 km, bu 1.28 yorug‘lik-sekundga teng. Yer-Quyosh orasidagi masofa esa  $1.50 \times 10^{11}$  m, yoki 150,000,000 km; bu 8.3 yorug‘lik -minutiga teng (Quyoshdan chiqqan yorug‘lik Yerga 8.3 minutda yetib keladi). Quyosh sistemasining olisdagi Plutongacha masofa  $6 \times 10^9$  km , yoki  $6 \times 10^{-4}$  yoy<sup>8</sup>. Bizga eng yaqin bo‘lgan yulduz Proksima Centauria taxminan 4.2 yoy uzoqligida joylashgan.

---

<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>deyarli 5 yorug‘lik-soatga teng

Koinotning hozirgi zamondagi kengayish sur'ati Xabbl doimiysi bilan aniqlanadi  $H = 50 - 100$  (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>9</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  $T \approx 5 \cdot 10^3$  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>10</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. 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.

---

<sup>9</sup>L. Rezzolla, O. Zanotti, *Relativistic Hydrodynamics*, Oxford University Press, 2013, 752 p.

<sup>10</sup>Max Camenzind, *Compact Objects in Astrophysics*, Springer, 2007, 682 p.

7. Katta portlash qachon yuz bergan.
8. Galaktikalarning uzoqlashishi
9. Galaktikalarning uzoqlashish tezligi.  
Inflyatsiya erasi. Kvark va leptonlar.
10. Antizarrachalar.

### **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/)

## 2-MAVZU: QORONG‘I MATERIYA VA QORONG‘I ENERGIYA (2 soat).

### REJA

- 2.1. Zamonaviy relyativistik kosmologiyada materiyaning yangi formalari.
- 2.2. Qorong‘i materiY.
- 2.3. Qorong‘i energiY.
- 2.4. Xozirgi etapda koinotning tezlanish bilan kengayishi.

#### 2.1. Materiyaning yangi shakllari: qorong‘i modda va qorong‘i energiY.

XXI asrda kosmologiyada revolyusion kashfiyotlar ro‘y berdi. Aniqlanishicha, Koinotdagi o‘zidan elektromagnit nurlanish tarqatuvchi (barion moddalar) koinotning bor yo‘g‘i 4% igina tashkil etarkan. Koinotning 21% ini hozirda qorong‘i modda deb nomlanuvchi va o‘zini faqat gravitatsion o‘zaro ta’sirlarda namoyon etuvchi noma’lum modda tashkil etarkan. Ushbu modda galaktikalardagi yulduzlarning galaktika markazi atrofida aylanish chiziqli tezligini tadqiq etish natijasida aniqlangan. Qorong‘i modda bo‘lmagan modellar yulduzlar xarakati Kepler qonuniga ko‘ra galaktika markazidan uzoqlashgan sari ularning chiziqli tezligi kamayib borishi kerak bo‘lgan. Kuzatuvlar esa galaktikadan uzoqlashgan sari yulduzlarning chiziqli tezligi kamaymay balki asta sekin ortib borishi kuzatildi. Bu galaktikalarda ko‘zga ko‘rinmaydigan (ya’ni o‘zidan elektromagnit nurlanish tarqatmaydigan) massiv moddaning mavjudligini tasdiqlaydi. Ushbu kashfiyot gravitatsion linza effekti deb nomlanuvchi elektromagnit nurlarning gravitatsion maydonda yo‘nalishidan og‘ishiga asoslangan kuzatuvlarda ham mustaqil ravishda o‘z tasdig‘ini topdi<sup>11</sup>.

Koinotning asosiy 75% qismi esa hozirda qorong‘i energiya deb nomlanuvchi materiyaning yangi shaklidan tashkil topgan. Materiyaning yangi ochilgan shakli o‘zining antigravitatsion ta’siri bilan diqqatga sazovordir. YA’ni ushbu qorong‘i energiyaning hisobiga bir-biridan uzoqda joylashgan galaktikalar va galaktikalar to‘plami o‘zaro bir-biridan itarisharkan. Ushbu tipdagi energiyaning tabiatda mavjudligi uzoqda joylashgan galaktikalarning bizdan uzoqlashish tezligini aniqlash bo‘yicha olib borilgan kuzatuv ishlari natijasida aniqlandi. Aniqlanishicha, bizdan qandaydir masofada joylashgan galaktikalar Xabbl qonuni bo‘yicha aniqlanadigan tezlik bilan emas balki, undan kattaroq tezlik bilan bizdan uzoqlashmoqda ekan. Ushbu kuzatuvlar relikt nurlarini aniqlash bo‘yicha o‘tkazilgan kuzatuv natijalari yordamida ham tasdiqlandi. Shunday qilib, bir necha mustaqil kuzatuv va tajriba natijalari tabiatda qorong‘i energiyaning mavjudligini tasdiqladi.

Tabiatda qorong‘i modda va qorong‘i energiyaning mavjudligining aniqlanishi fundamental – revolyusion kashfiyotlar bo‘lib, ularning tabiatini va

---

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

xususiyatlarini o'rganish – zamonaviy astrofizikaning hozirgi paytdagi dolzarb muammolaridan biri xisoblanadi.

**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. Fundamental o'zaro ta'sir kuchlari.**

Maktab fizikasi davridan biz “kuch” tushunchasi bilan tanishmiz. Kuchlar turlicha bo'ladi: tortishish kuchlari, ishqalanish kuchi, elastik kuchlari va x.k. Tabiatda turli xil kuchlar mavjud. Lekin bu kuchlarning xammasi xam fundamental xarakterga ega emas. Masalan, ishqalanish kuchi molekular o'zaro ta'sirining natijasi bo'lib, ikkilamchi xodisa sifatida namoyon bo'ladi. Molekulalarning o'zaro ta'siri xam ikkilamchi hisoblanadi, masalan, Van-der-Vaals kuchlari elektromagnit o'zaro ta'sir kuchlarining ikkilamchi ko'rinishda namoyon bo'lishidir<sup>12</sup>.

Inson doim tabiatdagi ikkilamchi kuchlarni keltirib chiqaruvchi fundamental tashkil etuvchilarini aniqlashga intilib kelgan. Elektromagnit kuchlar yoki elektr kuchlari fundamental o'zaro ta'sir ekanligi bizga ma'lum. Ushbu kuchlar Maksvell tenglamalaridan kelib chiquvchi o'zaro ta'sir kuchlaridir. Maksvell tenglamalari tabiatdagi barcha elektr va magnit o'zaro ta'sirlarini tavsiflab berganligi tufayli, ular tabiatdagi fundamental o'zaro ta'sir kuchlaridan biri bo'lib hisoblanadi.

Boshqa yorqin misol bu gravitatsiyadir. Bizga Nyutonning butun olam tortishish qonuni orqali gravitatsion kuchlar tanish, hozirda bu o'zaro ta'sir kuchlari Eynshten tenglamalari orqali umumlashtirilgan va bizda hozir Eynshteynning gravitatsiya nazariyasi mavjud. Shuning uchun gravitatsion o'zaro ta'sir – fundamental o'zaro ta'sir kuchlaridan biri bo'lib hisoblanadi. Qachonlardir bu ikkala o'zaro ta'sirgina fundamental o'zaro ta'sir kuchi deb hisoblangan. Keyinchalik, atom yadrosi kashf etilgandan so'ng ulardagi zarralarning zarrchalarning o'zaro ta'sirlashishi yangi fundamental kuchlarning paydo bo'lishiga olib keldi. Ushbu yadro kuchlari o'lchandi, tushunildi va tavsiflandi. Ular xam o'z navbatida fundamental xarakterga ega emasligi va qaysidir ma'noda Van-der-Vaals kuchlarini eslatishi aniqlandi.

Kuchli o'zaro ta'sirni vujudga keltiruvchi haqiqiy fundamental o'zaro ta'sir – bu kvarklar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlaridir. Kvarklar o'zaro bir-biri bilan ta'sirlashadi va buning natijasi o'laroq yadrodagi proton va neytronlar orasidagi o'zaro ta'sir vujudga keladi. Tabiatdagi uchinchi fundamental o'zaro ta'sir bu kvarklar orasida glyuonlarning almashishi natijasida o'zaro ta'sirning paydo bo'lishidir.

Shu bilan xikoyamiz tamom bo'lmaydi. Elementar zarralarning parchalanishi (barcha og'ir zarrachalar yengilroq zarrachalarga parchalanadi) yangi

---

<sup>12</sup> Arnab Rai Choudhuri, *Astrophysics for Physics*, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

o‘zaro ta’sir kuchlari oraqali ifodalanadi. Ushbu ta’sir fanda kuchsiz o‘zaro ta’sir kuchlari deb nomlanadi. Kuchsiz deb nomlanishi ushbu o‘zaro ta’sir kuchlarining elektromagnit o‘zaro ta’sir kuchlariga nisbatan anchi kichikligidir<sup>13</sup>.

Shunday qilib, xozirgi zamonda to‘rtta fundamental o‘zaro ta’sir kuchlari mavjud. Bular – elektromagnit, kuchli, kuchsiz va gravitatsion o‘zaro ta’sir kuchlari – bitta umumiy prinsip asosida quriladi. Bu prinsip o‘zaro ta’sir kuchlari zarralar orasida qandaydir vositachi yordamida amalga oshishiga asoslangan.

Elektromagnit o‘zaro ta’sir fotonlarning – elektromagnit to‘lqinlarning kvantlarining – almashishi xodisasiga asoslangan. Kuchli o‘zaro ta’sirlar glyuonlarning almashishi xodisasiga asoslangan. Kuchsiz o‘zaro ta’sir esa oraliq vektor bozonlar almashishi xodisasiga asoslangandir. To‘rtinchi o‘zaro ta’sir – gravitatsion o‘zaro ta’sir esa graviton deb nomlanuvchi gravitatsion maydonlarning kvantlari orqali tushuntiriladi.

## 2.2. Katta portlash

Koinotning kengayayotganligi 1929-yili Yedvin Habbl tomonidan tasdiqlangan. Bu g‘oya, gallaktikalar orasidagi masofani hisoblashga, ya’ni, ulardan kelayotgan nur spektorini siljishini hisoblashga asoslanga(20-rasm). Ilgari biz ikki manba bir-biriga tomon harakatlanayotgan vaqtda ovoz chastotasining **yuqorilashishi** va to‘lqin uzunligini qisqarishini ko‘rgan edik. Agar ular bir-biridan uzoqlashayotgan bo‘lsa aksincha, chastota kamayadi, to‘lqin uzunlik esa ortadi. Bu Dopler effekti bo‘lib, u yorug‘lik to‘lqini uchun ham o‘rinlidir, biroq formulasi boshqacharoq ko‘rinishda bo‘ladi:

$$\lambda_{obs} = \lambda_{rest} \sqrt{\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}}$$

bu Yerda L tinch holatdagi kuzatuvchiga nisbatan o‘lchangan to‘lqin uzunligi, A esa v tezlik bilan harakatlanayotgan kuzatuvchiga nisbatan o‘lchangan to‘lqin uzunligi. Agar manba bizdan uzoqlashayotgan bo‘lsa, undan chiqqan to‘lqin uzunligi kattalashib boradi va yorug‘lik rangi qizil spektr tomon siljiydi. Aksincha manba biz tomonga qarab harakatlanayotgann bo‘lsa spektrning ko‘k tomoniga, yoki qisqa to‘lqin uzunlik tomon siljiydi.

Yulduzlar va gallaktikalardan kelayotgan nurlarning spektori ham huddi atomning nurlanish spektori kabi bo‘ladi. Habbl shuni aniqlaganki, bizga kelayotgan yorug‘lik spektori uning bizga nisbatan masofasiga mos ravishda o‘zgarar ekan. YA’ni, galaktika qanchalik uzoqda bo‘lsa uning yorug‘lik spektori qizil tomon siljigan bo‘ladi. Bundan ko‘rinib turibdiki, ular bizdan qanchalik uzoqda bo‘lsa shunchalik tezroq uzoqlashmoqda:

$$v = H_0 d$$

<sup>13</sup> Сивухин Д.В, Курс общей физики, учебное пособие для вузов, т. 5 – Атомная и ядерная физика, 3-е издание, ФИЗМАТИЗ, 2011.

Habblning bu qonuni astronomik qonuniyatlar ichida eng asosiy fundamental qonunlardan biri hisoblanadi. Bu g'oya birinchi bo'lib 1927 yilda belgiyalik olim Jorj Lemetr tomonidan ilgari surilgn bo'lib, keyinchalik Buyuk portlash nazariyasi deb nomlana boshladi. H Habbl doyimiyasi deb ataladi.

H ning qiymati yaqinlargachayam tahminan 20% aniqlikda aniqlangan deb kelinar edi, ya'ni 15km/s va 20km/s oralig'ida deb hisoblanar edi, ammo yaqinda uning qiymati 21km/s deb deyarlik aniq o'lchandi.

$$H_0 = \frac{21km}{\frac{s}{My}}$$

### Qizil siljishlarning manbayi

Bizga yaqin gallaktikalar huddi betartib harakatlanayotganga o'hshaydi, ayrimlari biz tomonga qarab(binafsha spektr hosil qilib), ayrimlari esa aksincha, bizdan uzoqlashayotgandek (qizil spektr hosil qilib), ularning tezligi 0.001c atrofida. Ammo ancha uzoqdagi gallaktikalar uchun tezlik yaqin gallaktikalarga qaraganda ancha katta, shuning uchun bu Yerda Habbl qonunining katta ahamiyati bor. Uzoq gallaktikalarning uzoqlashish tezligi yanada kattaroq bo'lganidan, ularda kosmologik qizil siljish kuzatiladi. Bunday qizil siljish orqali koinotning kengayayotganligini tushuntirish mumkin. 21-rasmda ko'rsatilganidek, biz dastlabki nurlangan to'lqin uzunligi haqida gapirishimiz mumkin. Habbl buni oddiy Dopler effekti bilan bog'lagan bo'lsada, biz buni koinot kengayayotgani bilan izohlaymiz.

Qizil siljishning paydo bo'lishining uchunchi ko'rinishini ham aytish mumkin. Bu gravitatsion qizil siljish. Yulduzdan chiqqan yorug'lik nuri ma'lum gravitatsion energiyaga(huddi Yerda otilgan tosh kabi) ega bo'ladi. Shunday qilib, har bir fotonning kinetic energiyasi kichikroq bo'ladi. Energiyaning kichikligi bu chastotaning kichikligi, bu esa o'z navbatida kattaroq to'lqin uzunligi demakdir. Bu esa qizil siljishni anglatadi. Qizil siljishning qiymati quyidagicha aniqlanadi.

$$z = \frac{\lambda_{obs} - \lambda_{rest}}{\lambda_{rest}} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_{rest}}$$

Bu Yerda  $\lambda_{rest}$  manbaga nisbatan tinch holatda bo'lgan kuzatuvchi o'lchagan to'lqin uzunligi,  $\lambda_{obs}$  esa harakatlanuvchi kuzatuvchi o'lchagan to'lqin uzunligi. bu tenglamani quyidagicha yozib olishimiz mumkin:

$$z = \frac{\lambda_{obs}}{\lambda_{rest}} - 1 \quad 3-1$$

Va

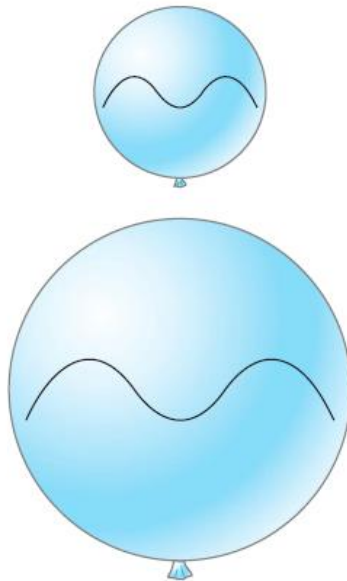


$$z + 1 = \frac{\lambda_{obs}}{\lambda_{rest}} \quad 3-2$$

Yorug'lik tezligidan ancha kichik bo'lgan tezliklarda ( $v \leq 0.1c$ ), oddiy Dopler effektini manbaning yo'nalishiga zning bog'liq bo'lishini kuzatamiz.

$$z = \frac{\lambda_{obs} - \lambda_{rest}}{\lambda_{rest}} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_{rest}} \approx \frac{v}{c} \quad 3-3$$

Ammo qizil siljishning qiymati katta bo'lganda 3-3 tenglama o'rinli bo'lmaydi.



*Koinotning havo shariga o'xshagan ikki o'lchovli modeli. Shar hajmi kattalashgan sari, ya'ni kengaygan sari uning sirtidagi to'lqinlar kattalashib boradi.*

### Masshtab

Fazoning kengayishini, huddi ikki nuqtaning bir-biridan uzoqlashishi sifatida tushuntirish mumkin. Agar ikkita gallaktika boshlang'ich vaqtda bir-biridan  $d$  masofada joylashgan bo'lsa, ma'lum  $t$  vaqtdan keyin ular orasidagi masofa  $D$  ga teng bo'ladi.

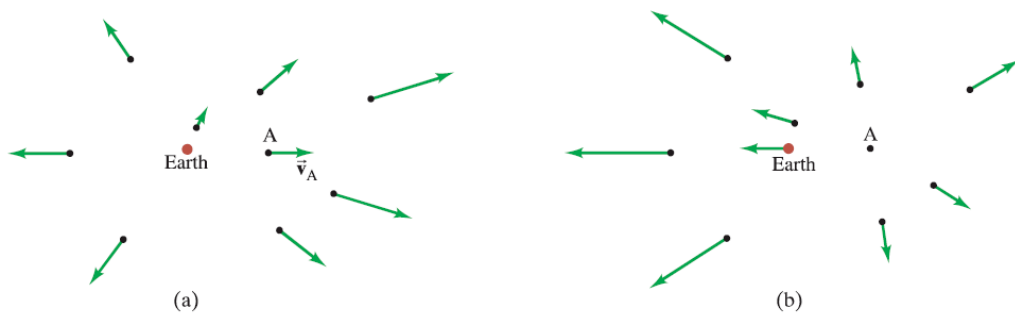
Yorug'lik uchun ham siljish koyeffitsiyenti huddi 33-5a tenglamadagi kabi bo'ladi.

$$\frac{d(t) - d_0}{d_0} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = z$$

Yoki

$$\frac{d(t)}{d_0} = 1 + z$$

Masalan, gallaktika  $Z=3$  ga teng qizil siljish koeffitsiyentiga teng bo'lsa, masshtab koeffitsiyenti  $1+3=4$  ga teng marta katta bo'ladi. YA'ni gallaktikalar aro masofa 4 martaga kattalashdi. Demak to'lqin uzunligining kattalashishini ko'rsatuvchi parameter aslida gallaktikaning kengayishini ko'ratadi.



Koinotning kengayishi har qanday nuqtadan bir hil ko'rinadi.

**Kengayish va Kosmologik prinsip** Gallaktikalarning bunday tarzda, ya'ni qancha uzoqda bo'lsa shuncha katta tezlik bilan bizdan uzoqlashishi nimani bildiradi? Bu shundan darak beradiki, qachonlardir, qandaydir portlash ro'y bergan. Hozir bir qarashda biz shu jarayonning huddi o'rtasida turgandek tasavvur paydo bo'ladi. Ammo bunday emas. Kengayish koinotning har qanday nuqtasidan bir hil bo'lib ko'rinadi. Buni tushunish uchun 22-rasmga qarang. 22a-rasmda kuzatuvchi Yerda turibdi. Strelkalar bilan gallaktikalarning harakatlari ko'rsatilgan. Uzoqroqdagi gallaktikalar uzunroq strelka bilan tasvirlangan. Endi savol, agar biz 22a-rasmga ko'rsatilgan A gallaktikada bo'lganimizda nimani kuzatgan bo'lar edik. Yerdan turib kuzatilsa u o'ng tomonga  $V_A$  tezlik bilan ketayotgani ko'rinadi. Agar A gallaktikadan turib kuzatilsa Yer  $V_A$  tezlik bilan chap tomonga ketayotgani ko'rinadi. A ga nisbatan boshqa gallaktikalarning tezligini hisoblash uchun, barchasining tezligini vector ko'rinishda qo'shib chiqamiz. Bundan kelib chiqadiki, 22- rasmdagidek, barcha gallaktikalar kuzatish nuqtasidan masofaga proporsional ravishda harakatlanmoqda.

Shunday qilib, koinotning kengayishini quidagicha tushuntiramiz: barcha gallaktikalar biri biridan har million yorug'lik yilida 21 km/s ga farq qiluvchi tezlik bilan uzoqlashmoqda. Bu g'oya va undan kelib chiqadigan natija juda ham muhim bo'lib, biz uni tasvirlashga harakat qilamiz.

Kosmologiyada asosiy qabul qilingan printsip shu ediki, unda katta masshtablarda turli nuqtalardagi kuzatuvchilar uchun Koinot bir-hilda ko‘rinadi. Boshqacha aytganda, Koinot izotrop hossaga(ya’ni, turli yo‘nalishlarda bir hilda) va birjinslilik hossasiga(ya’ni, bizga boshqa gallaktikada turganimizda ham u shunday ko‘rinadi) ega ekan.

Bu kosmologik printsip deb ataladi. Bizning imkoniyatimizdagi kichik masshtabda esa, masalan o‘zimizning gallaktikadan turib qaraganimizda u bajarilmaydi, chunki osmonimiz turli yo‘nalishlarda tulicha bo‘lib ko‘rinadi. Bu albatta qadimdan qabul qilingan tahmin hisoblanadi, chunki yetarlicha katta masshtablarda kuzatsak yulduzlar va gallaktikalarning taqsimlanish zichligi barcha yo‘nalishlarda bir-hil bo‘lishi kerak. Bu printsip 700 million yorug‘lik yilidan kattaroq bo‘lgan masshtabda bajariladi. 22-rasmda tasvirlanganidek, Koinotning kengayishi kosmologik printsip bilan mos keladi va undan tashqari, deyarlik bir jinsli taqsimlangan mikroto‘lqinli fon nurlanishi ham buni tasdiqlaydi. Kosmologik printsipdan yana bir muhim hulosa kelib chiqadiki, koinotning biz yashab turgan qismi eng muhim joy hisoblanmaydi.

Habbl qonuniga ko‘ra Koinotning kengayishi shundan dalolat beradiki, demak gallaktikalar dastlab bir-biriga ancha yaqin joylashgan bo‘lgan. Bu esa dastlab qaynoq va siqilgan holatdagi hozirda esa to‘htamasdan kengayayotgan Koinot haqidagi Buyuk portlash nazariyasining asosi hisoblanadi. Biz keying boblarda Buyuk portlash nazariyasi haqida gaplashamiz, hozir esa keyeling Koinotning yoshi nechada ekanligi bilan qiziqamiz.

Koinotning yoshini baholashning bir usuli bu Habbl parametridir. Agar har  $10^6$  yorug‘lik yili uchun 21km/s farq qilishini e’tiborga olsak, moddalar dastlabki harakatlanish joyidan toki hozirgacha ( $v=d/t$  tezlik bilan) quyidagicha vaqt harakat qilgan:

$$t = \frac{d}{v} = \frac{d}{H_0 d} = \frac{1}{H_0} = 14 \cdot 10^9 \text{ yil}$$

yoki 14 milliard yil. Koinot yoshining bunday hisoblanishi *harakteristik kengayish vaqti* deb ataladi yoki Habbl vaqti deyiladi. Bunday hisoblanish hatoliklardan holi emas, chunki bunda kengayish tezligi o‘zgarmas deb hisoblangan(aslida esa unday emas). Hozirgi kundagi aniq hisob-kitoblar esa Koinotning yoshi  $13,8 \times 10^9$  yoshda ekanligini tasdiqlamoqdalar.

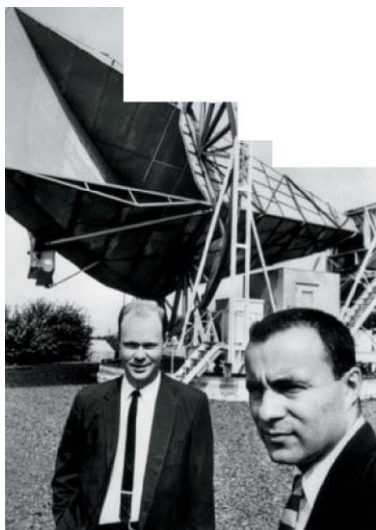
### **Statsionar model**

Buyuk portlash nazariyasini batafsil tanishtirishdan oldin, Buyuk portlash ning muqobili bo‘lgan Statsionar model bilan tanishamiz. Unga ko‘ra, Koinot cheksiz yoshda bo‘lib, u hozir ham huddi dastlab qanday paydo bo‘lgan bo‘lsa shunday ko‘rinishga ega.(Bunda aytilishicha, vaqt bir jinsli va fa’zo kosmologik printsipga batamom bo‘ysunadi). Statsionar modelga binoan, Koinotda hech qanday muhim o‘zgarishlar amalga oshmagan, hatto Buyuk portlash ham bo‘lmagan deyiladi.

Gallaktikalarning bir-biridan uzoqlashayotgan bir holatda bu prinsipni saqlab qolish uchun, bir hilda saqlanish g'oyasini rivojlantirish kerak. Statsionar model 20 asro'rtalarigacha Buyuk portlash nazariyasiga asosiy raqobatchi bo'lgan. Ammo mikroto'liqlik fon nurlanishimning kashf yetilishi va boshqa qator kuzatishlar Buyuk portlash nazariyasini umume'tirofiga sabab bo'ldi.

### **Buyuk portlash va kosmik mikroto'liqlik fon nurlanishi**

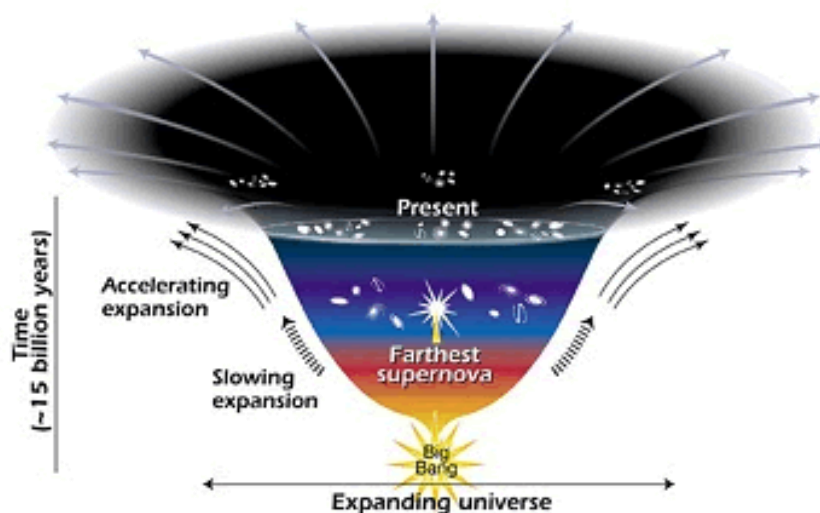
Koinotning kengayishi, obyektlarning borliqda bir-biriga hozirgidan yaqin bo'lganini ye'tirof etadi. Bu shundan darak beradiki, Koinot bunda tahminan 14 milliard yil oldin judayam katta harorat va zichlikka ega sohaning portlashidan hosil bo'lganini aytadi. Olam yaralganda portlash bo'lmagan, chunki portlash natijasida materiya har tomonga sochiladi. Buning o'rniga Buyuk portlash fa'zoning kengayishi natijasida ro'y bergan. Dastlab judayam kichik bo'lgan koinot, kengaya boshlagan va hozirda ham bu davom etmoqda. Judayam katta zichlikka ega bo'lgan koinotning dastlabki holatini, atrofi katta bo'shliqdan iborat fa'zo markazidagi massa sifatida qarash noto'g'ridir. Dastlabki juda katta zichlikka ega massa butun koinotni tashkil etgan. Biz Koinotning qachonlardir kichik bo'lganini aytar ekanmiz, unda obyektlar(masalan elektronlar yoki gallaktikalar) orasidagi masofalar kichik bo'lganini nazarda tutamiz. Koinot har doimgidek cheksiz bo'lib qolaveradi. Faqat biz kuzatishimiz mumkin bo'lgan qismigina biz uchun cheklidir. Buyuk portlashning yana bir tasdiqlaridan biri bu relikt nurlanishdir. U quyidagicha kashf etildi. 1964 yilda Arno Penzias va Robert uilson radioto'liqlarni tutish maqsadida o'zlarining antenasini osmonga qaratib o'rnatdilar(23-rasm). Uni yordamida ular gallaktikamiz tashqarisidan o'tadigan keng nurlanishni aniqay oldilar. Ular Elektromagnit spektri sohasida  $L=7.35$ smli to'liqlik uzunlikka ega nurlarni o'lchadilar. To'liqlik intensivligi esa vaqtga ham yo'nalishga ham bog'liq emas edi, u har doim o'zgarmas edi. U koinotning barcha tomonlaridan bir hil intensivlik bilan kelayotgan edi. Bundan hulosa qilish mumkinki, bu nurlanish Koinotning yaralishida qanday bo'lgan bo'lsa shundayligicha kelayotgan edi.



Arno Penzias (o'ngda) va Robert Wilson. Ular ortida o'zlari o'rnatgan Arno antenasi.

Koinotning qanday tuzilganligi xaqida ma'lumotlar insoniyat yaratgan asboblardan yordamida kuzatish mumkin bo'lgan uzoq masofalarni o'rganish orqali aniqlanadi. Ushbu masofalar astronomiyada ishlatiluvchi masofa yorug'lik yili birligi bilan tavsiflansa ( $1 \text{ yorug'lik yili} = 9.5 \cdot 10^{12} \text{ km}$  yoki  $\sim 0.3 \text{ parsek}$ ,  $1 \text{ parsek} \sim 3.1 \cdot 10^{13} \text{ km}$ ), eng uzoqda joylashgan obyektlargacha bo'lgan masofa 5000 million parsek yoki 15 milliard yorug'lik yiliga teng! Xozirgi kunda kuzatilayotgan koinot ulkan yulduzlar yig'indisi – galaktikalardan va yulduzlararo muxitdagi gazlardan iborat. Aslida esa koinot modda va nurlanishlardan iboratdir<sup>14</sup>.

Dastlab koinotdagi modda xaqida suxbatlashamiz. Ma'lumki, modda atom yadrolaridan – nuklidlardan tashkil topgan. Yadroda esa o'z navbatida protonlar va neytronlar joylashgan. Ularni nuklonlar deb atashadi. Protonlar soni yadroning zaryadini aniqlab beradi ( $Z$ ), proton va neytronlarning ( $N$ ) umumiy soni uning massa soni deyiladi ( $A$ ), ya'ni  $Z + N = A$ . Shunday qilib yadroning ikki parametri –  $Z$  va  $A$  – nuklid va moddaning xarakteristikasini aniqlab beradi.



1-rasm. Koinotning katta portlashdan keyin kengayishi.

Masalan koinotda eng yengil sanalgan va keng tarqalgan Vodorod atomi uchun  $Z=1$  (uning belgilanishi –  ${}^1\text{N}$ ), og'ir yadrolardan biri sanalgan uran uchun esa  $Z = 92$  ( ${}^{92}\text{U}$ ). Astrofizikaning asosiy vazifalaridan biri bu koinotdagi mavjud bo'lgan 300 ga yaqin nuklidlarning paydo bo'lishi va tarqalganlik taqsimotini o'rganishdan iborat.

### 2.3. Galaktikalarning uzoqlashishi

Buyuk fizik olimlar I. Nyuton va A. Eynshteynlar koinotni statik deb xisoblaganlar. I. Nyuton koinotning siqilishidan qo'rqib, undagi galaktikalar sonini cheksiz katta deb xisoblagan. A. Eynshteyn 1917 yilda esa o'zining umumiy

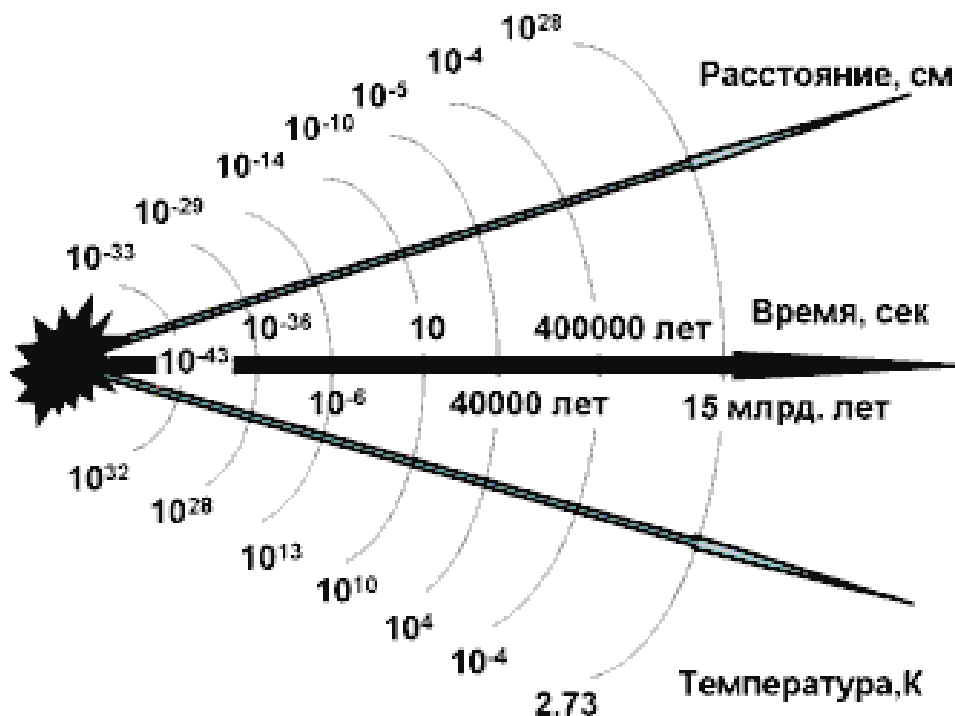
<sup>14</sup> James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

nisbiylik nazariyasida katta massaga ega bo'lgan osmon jismlarining bir-biridan uzoqlashishini tavsiflash uchun sun'iy ravishda kosmologik xadni kiritgan. Shu yilning o'zida amerikalik olim V. Slayfer kosmik tumanliklarning uzoqlashishi xaqidagi ilmiy ishini chop etgan, 1924 yilda esa rus olimi A. Fridman uzoqlashuvchi galaktikalar nazariyasi – kengayuvchi Koinot nazariyasini ishlab chiqdi. Ushbu nazariya bizning olamni tushunishdagi tasavvurlarimiz uchun revolyusion kashfiyot bo'ldi<sup>15</sup>.

1929 yilda amerikalik E. Xabbl galaktikalarning uzoqlashishini kuzatuv natijalari orqali isbotladi va Fridman gipotezasi uzoqlashayotgan galaktikalardan (razbegayushiye galaktiki) kelayotgan elektromagnit nurlarning qizil siljishi natijasida eksperimental tasdig'ini topdi. Galaktikalarning uzoqlashish tezligi ulargacha bo'lgan masofaga proporsional ekanligi aniqlandi. Ushbu eksperimental natijalar yordamida Koinotning yoshi baxolandi – bu yosh taxminan 15 milliard yilga tengligi aniqlandi. Shunday qilib kosmologiyada yangi davr boshlandi.

Tabiiy savol o'z-o'zidan tug'iladi: Koinot rivojlanishining boshida nima bo'lgan?

XX asrning 40-yillarida buyuk olim G. Gamov olam yaralishining yangi nazariyasini taklif etdi. Unga ko'ra bizning koinot Katta portlash natijasida vujudga kelgan (rasmga qarang).



2-rasm. Katta portlash diagrammasi – Kengayuvchi koinotning xarakteristikasi va paydo bo'lishi xamda asosiy davrlari.  $10^{-43}$  sekundgacha xamma o'zaro ta'sirlarning Buyuk birlashishi davri xukmronlik surgan va  $10^{-6}$  sekunda kvarklarning adronlarga birlashishi bilan tugagan. 10 sekunddan boshlab

<sup>15</sup> James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

*radiatsion era boshlangan, ya'ni nurlanish zichligi modda zichligidan katta bo'lgan. 40000 yildan so'nggina moddaning zichligi nurlanish zichligidan ustun bo'la boshlagan. Buning natijasida atomlar paydo bo'la boshlagan (4.000.000 yildan so'ng). Moddaning dominant davri 15 milliard yil o'tgach xam bizning vaqtimizgacha saqlanib kelmoqda.*

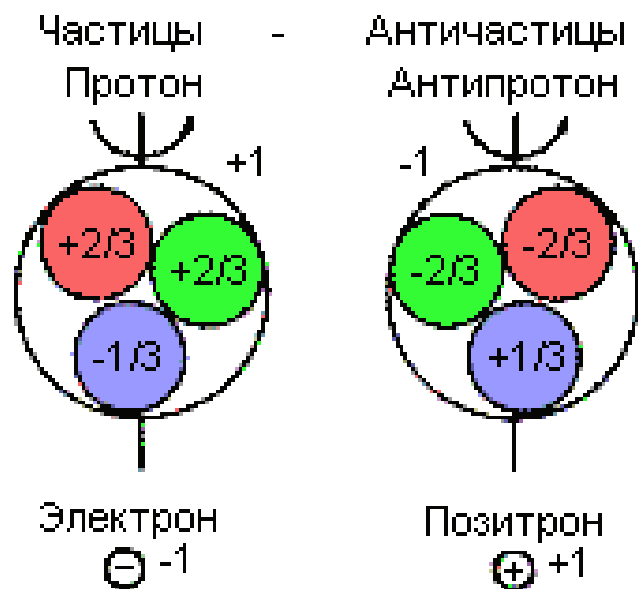
Katta portlash bu dastlabki paytdagi Koinotning kichik xajmida mujassamlashgan ulkan zichlik, temperatura va bosimning kengayish jarayonida pasayib borishidir. Dastlabki paytda Koinot  $10^5$  g/cm<sup>3</sup> zichlikka va  $10^{10}$  K temperaturaga ega bo'lgan. Taqqoslash uchun Quyoshning markazidagi temperatura ushbu xaroratdan 1000 marta kichikdir.

#### **2.4. Inflyatsiya erasi**

Inflyatsion era deb nomlangan qisqa muddat ichida (10-36 sek) kichkinagina koinotimiz fundamental zarrachalardangina iborat bo'lgan. Ushbu fundamental zarrachalar nuklidlar, protonlar va neytronlardan farqli ravishda bo'linmasdir. Ushbu zarrachalar fermionlar bo'lib, proton va neytronlarning tarkibiy qismini tashkil etadi va bir-biri bilan yagona o'zaro ta'sir kuchlari orqali ta'sirlashgan (ushbu ta'sir kuchlari faqat koinotning dastlabki etapida mavjud bo'lgan). Ushbu o'zaro ta'sir bozonlar orqali amalga oshirilgan. Bunday bozonlarning to'rt turi ma'lum – foton (gamma kvant), glyuon va ikkita W va Z bozonlar. Fundamental zarrachalarning o'zlari esa 6 xil kvarklar va 6 xil leptonlardan iborat fermionlardir. Aynan shu 12 ta fundamental zarrachalar guruxi va 4 ta bozonlar dastlabki Koinotning “xamirturushi”ni tashkil etgan. Shu o'rinda bulardan tashqari xar bir fundamental zarraning antizarrasi bor ekanligini xam qayd etish lozim<sup>16</sup>. Anti zarracha zarrachadan qaysidir zaryadining ishorasi bilan farq qiladi. Eng sodda xolda bu zaryad elektr zaryadi bo'lishi mumkin (rasmga qarang). Masalan, leptonlardan biri elektron manfiy va musbat zaryadga ega bo'lishi mumkin. Musbat zaryadlangan lepton pozitron deb nomlanadi va u elektronning antizarrachasidir. Antizarrachalar foton va ayrim zarrachalardan tashqari (ular uchun anti zarrachalar xam o'zlari hisoblanadilar) barcha zarrachalarda mavjud.

---

<sup>16</sup> T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I, Cambridge University Press, 2010



3-rasm. Zarrachalar (proton va elektron) va ularning antizarrachalari – antiproton va pozitron. Agar elektron va pozitron bir-biridan faqatgina elektr zaryadlari bilan farqlansa, proton va antiproton esa ichki strukturalarining farqi bilan ham ajralib turishadi (kvarklar va antikvarklar). Zarracha va antizarrachaning spini esa bir hil bo‘ladi.

Koinotning dastlabki paytidagi o‘ta yuqori temperatura zarralarning o‘zaro to‘qnashuvi va boshqa zarrachalarga aylanishini vujudga keltirgan. Masalan, ikkita fotondan elektron va pozitron juftligi paydo bo‘lgan, ularning o‘zaro to‘qnashuvi esa (zarra va antizarraning to‘qnashuvi – annigilyatsiya deyiladi) yana fotonlarning paydo bo‘lishiga olib keladi

$$(2\gamma) \rightarrow (e^+, e^-)$$

$$(e^+, e^-) \rightarrow (2\gamma)$$

Neytrino ( $\nu$ ) va antineytrino ( $\bar{\nu}$ ) larning paydo bo‘lishi xam mumkin bo‘lgan

$$(e^+, e^-) \rightarrow (\nu, \bar{\nu})$$

Neytrino va antineytrinoning to‘qnashuvi esa o‘z navbatida elektron va pozitron juftligini hosil qilgan. O‘ta yuqori temperatura zarralarning o‘zaro to‘qnashuvi va boshqa zarrachalarga aylanishi qaynab turgan “sho‘rvaga” o‘xshab ketadi, bunda “sho‘rvadagi” zarra va antizarralar soni bir-biriga teng. Bu Koinot bilan bir qatorda Antikoinotning mavjudligi kelib chiqadi.

Xozirgi zamon fizik tasavvurlarga ko‘ra Katta portlashdan keyin paydo bo‘lgan fermion va bozonlar bo‘linmas deb xisoblanadi. Bu ularning ichki strukturasi to‘g‘risida ma’lumotning yo‘qligini anglatadi. Fermion va bozonlar Koinot



rivojlanishining  $10^{-10}$  sek gacha massasiz zarrachalar bo‘lgan kichik koinotning “qaynab turgan sho‘rvasi”ning asosiy tashkil etuvchisi bo‘lgan<sup>17</sup>.

Koinot rivojlanishining dastlabki  $10^{-36}$  sekundida yagona ta’sir nazariyasi barbod bo‘ldi. O‘zaro ta’sirlarning tabiati o‘zgarib boshladi. Yuqori xarorat fundamental zarrachalardan og‘irroq zarralar xosil qilish imkonini bermagan. Keyingi 1 mks dan so‘ng Koinot sovishi natijasida kichik zarrachalar massaga ega bo‘la boshlaydilar va koinotning o‘lchami  $10^{-14}$  sm ga teng bo‘lib qoladi. Shu paytda Koinotdagi moddani tashkil etuvchi “g‘isht”lari – kvarklar paydo bo‘la boshlaydi. Kvarklarning o‘zaro birlashib, massiv zarrachalar – adron va antiadronlar xosil bo‘la boshladi. Koinotning sovishi adronlar sonining leptonlar soniga nisbatan pasayishiga olib keldi. Leptonlar orasida neytrinolar xam bor. Koinotning yoshi 10 sek bo‘lganda massaga ega bo‘lmagan neytrino qolgan zarralardan mustaqil ravishda kengayib boshladi. Ushbu neytrinolar reliktni neytrinolari deb ataladi. Ushbu nurlanishlar hozirgi paytgacha saqlanib kelmoqda.

Anigilyatsiya sur‘atining oshishi fotonlar sonini ortishiga olib keldi. Koinot deyarli fotonlar va neytrinolardan iborat bo‘lib qoldi. Koinot rivojlanishining bu davri radiatsion davr deb ataladi. Koinotning yanada kengayishi esa 10 ming yillardan so‘ng modda zichligining nurlanish zichligidan ortishiga olib keldi.

### 2.5. Moddaning paydo bo‘lishi.

Koinot rivojlanishining radiatsion erasi juda muxim xioblanadi. Aynan shu davrda D. Mendeleyev davriy sistemasini tashkil qiluvchi elementlarning asosi – og‘ir yadrolar paydo bo‘la boshlangan. Ushbu jarayon nukleosintez deb nomlanadi. Eng yengil yadro – proton Koinot paydo boshlgandan 10 sekund o‘tib paydo bo‘lgan. Ushbu davrda Koinotning temperaturasi va zichligi deuteriy – ikkita nuklondan tashkil topgan yadroni sintezi uchun yetarli katta bo‘lib, proton va neytronning to‘qnashishi natijasida paydo bo‘lgan.

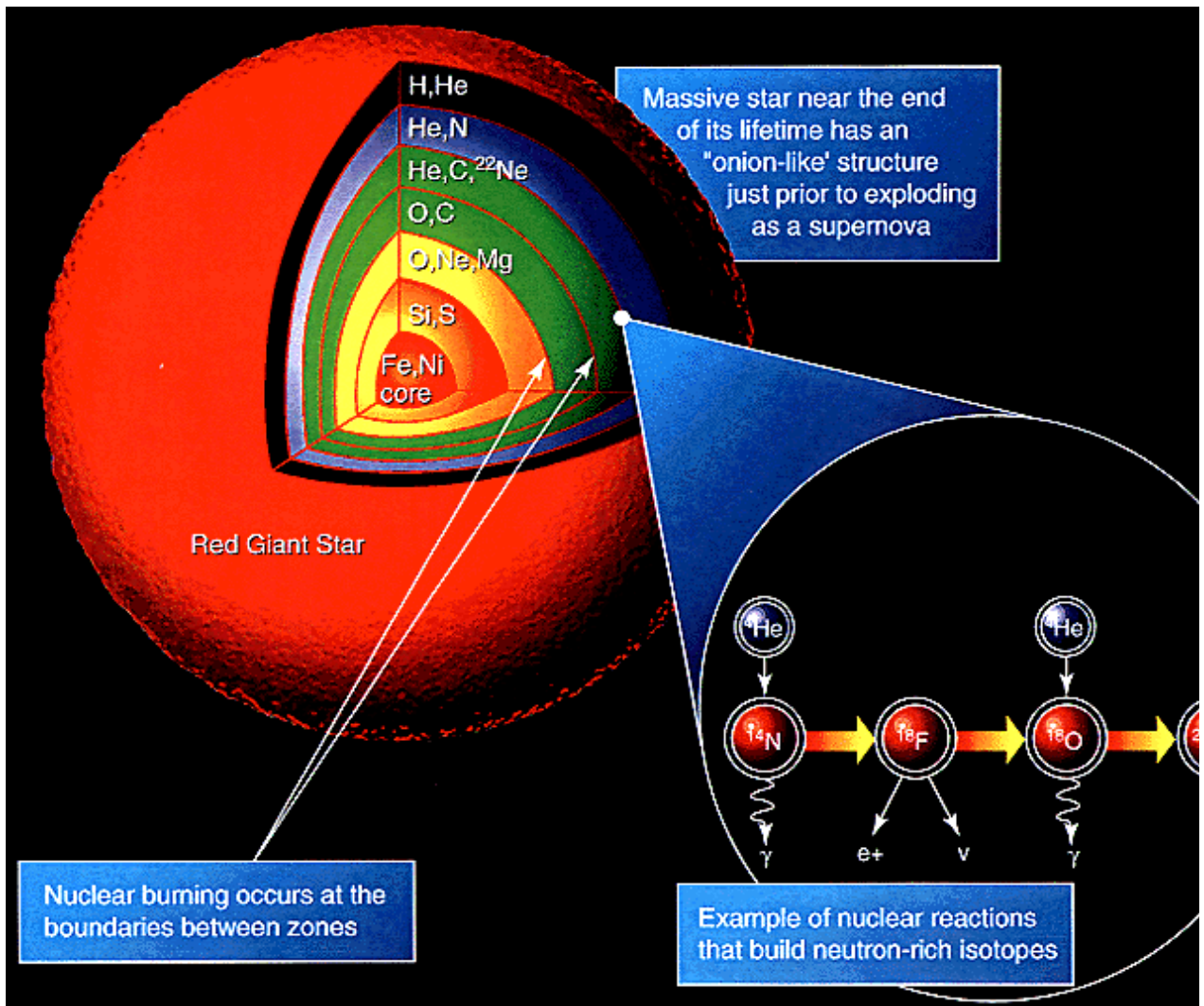


Bu yerda  $Q = 2.2 \text{ MeV}$  – ushbu sintez reaksiyasida ajralib chiqadigan energiya. Keyin 10-15 minut vaqt ichida  ${}^2\text{H}$  deuteriy  ${}^3\text{H}$  tritiyga aylanishi, so‘ngra deuteriy va tritiydan  ${}^3\text{He}$  geliy yadrosining paydo bo‘lish reaksiyalari sodir bo‘lgan<sup>18</sup>. Hisob natijalariga ko‘ra geliy barcha nuklonlar ichida 24 foizni tashkil qilgan. Hozirgi paytdagi kuzatuv natijalari ham shuni ta’kidlamogda.

---

<sup>17</sup> Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.

<sup>18</sup> Фильченков М.Л., Гравитация, астрофизика, космология: дополнительные главы, «ЛИБРОКОМ», 2010.



4-rasm. Yulduzlardagi nukleosintezning sxematik ko'rinishi.

## 2-MAVZU:RELYATIVISTIK ASTROFIZIKA VA KOSMOLOGIYA

### REJA

- 2.1 Galaktikani tekshirishdan maqsad
- 2.2 Relyativistik astrofizikaning obyektlari. Galaktikalar
- 2.3 Kosmologik modellar
- 2.4 Galaktikaning tuzilishi va tarkibi

**Tayanch iboralar:**Somon yo‘li, chang tumanliklar, planetar tumanliklar, diffuz tumanliklar, ionlangan vodorod sohalari, qora tumanliklar

#### 2.1. Galaktikani tekshirishdan maqsad

Biz yuqorida yulduzlarning fizik ko‘rsatqichlari va ular orasidagi bog‘lanishlar, yulduzlarning ichki tuzilishi va evolyusiyasi bilan tanishib chiqdik. Barcha yulduzlar, shu jumladan Quyosh ham, o‘zidan atrof fazoga modda sohib turishini ko‘rdik va yulduzlararo muhitdagi chang+gaz moddani siqilishi natijasida yulduz hosil bo‘lishi mumkinligini, demak yulduzlararo muhit bilan yulduz orasida o‘zaro ta‘sir va bog‘lanish borligiga e‘tibor qaratdik. Ko‘pchilik yulduzlarning fizik ko‘rsatqichlari qisqa (o‘nlab yillar) vaqt oraliklarda deyarli o‘zgarmaydi, ayrimlariniki esa keskin o‘zgaradi. Bunday yulduzlarni statsionar yulduzlar deb atadik. Ayrim yulduzlar qaynoq boshqalari past temperaturada, ayrimlari faol boshqalari sokin. Bunday rang-baranglik nima bilan bog‘liq. Bu savollarga javob berish uchun yulduzni hosil qilgan manba tabiatini o‘rganish zarur. Yulduzni Galaktikada egallagan o‘rnini bilmoq zarur. Chunki yulduzlar galaktikada hosil bo‘ladilar. Yulduzlar yakka holda emas balki juft yoki karri holda yoki atrofida sayyoralar tizimi bilan hosil bo‘lishini ko‘rdik. Bunday tizimlar yana ham katta tizim tarkibiga kirishi ayonlashib qoldi. Endi biz milliardlab yulduzlardan tashkil topgan ulkan tizimlarni tuzilishi va fizik ko‘rsatqichlarini o‘rganishga o‘tamiz. Bu ishni biz yashayotgan yulduz tizimidan, Galaktikadan boshlaymiz. Avval Galaktikani ko‘rinishi, uni o‘rganish usullari bilan tanishib chiqamiz. Keyin Galaktikani tarkibi va unga kiradigan obyektlar tabiati, xususiyatlariga to‘xtalamiz va nihoyat uning tuzilishi, fizik ko‘rsatqichlari, xususiyatlari bilan tanishib chiqamiz.

#### 2.2. Relyativistik astrofizikaning obyektlari. Galaktikalar

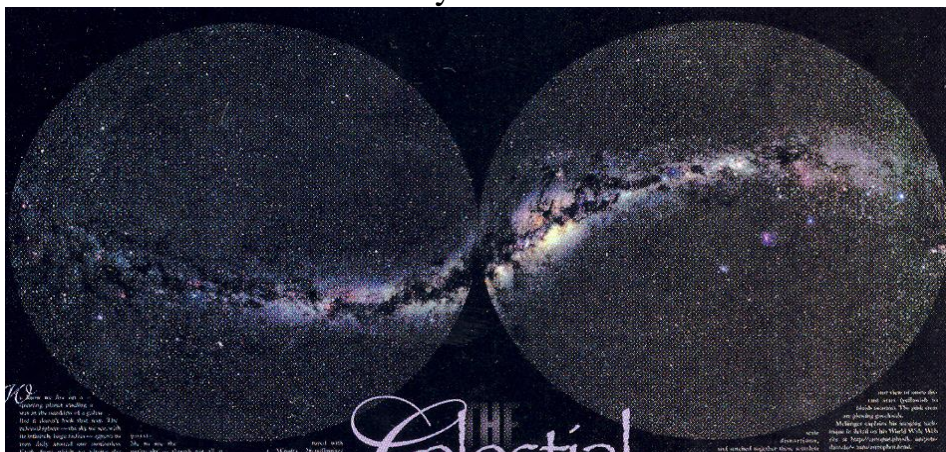
Somon Yo‘li yulduzlar osmonini katta aylana (Galaktik ekvator) bo‘ylab ikkiga bo‘lib turadigan tim qorang‘i osmon sahnidagi yorug‘ belbog‘ ko‘rinishga ega. Somon Yo‘li Javzo, Savr, Aravakash, Kosseopeya, Sefey, Oqqush, Qalqon, Qavs, Iloneltuvchi, Aqrab, Sentavr, Janubiy But, Kil, Yelkan, Katta It, Yakka Shoh va Orion yulduz turkumlari orqali o‘tadi. Galaktika markazi Qavs yulduz turkumida, uning Aqrab bilan chegarasi yaqinida (S) ko‘rinadi. Bu yo‘nalishda Somon Yo‘li maksimal ( $18^\circ$ ) kenglikka ega. markaz atrofi quyuqmasi  $18^\circ \times 28^\circ$  kattalikdagi yorug‘ sohani egallaydi. Somon Yo‘lini o‘rtasidan o‘tadigan katta aylana galaktik ekvator deb ataladi va u osmon ekvatori bilan  $62^\circ.6$  burchak hosil

qiladi<sup>19</sup>.

Galaktikada yulduzlarning o'zni ikkita burchak koordinata galaktik uzunloma (l) va kenglama (b) orqali belgilanadi: l-Galaktika markazidan boshlab sharqqa tomon 0° dan 360° gacha, b-galaktik ekvatoridan qutblar tomon ±90° gacha o'zgaradi. Galaktikaning tuzilishini o'rganish uchun uning tomonlari bir yoy gradusga teng kvadrat shakldagi maydonchalarda ma'lum (m) kattalikkacha bo'lgan yulduzlarni sanashga asoslangan. Bu usulni V. Gershel (1738-1822) birinchi bor qo'llagan va osmonning har xil uzunloma (l) va kenglamaga (b) ega 1083 ta maydonchasida 14<sup>m</sup>.5 kattalikkacha bo'lgan yulduzlarni sanab Galaktika modelini tuzgan. Hozirgi zamonda Galaktika tuzilishini o'rganishda ikki xil statistik usul qo'llaniladi. Birinchi usul osmonda m-nci kattalikkacha yorug'likka ega bo'lgan barcha yulduzlarni sanashga asoslangan. Bunday usul quyidagi natijalarni berdi:

$N(0)=4$  (eng yorug'dan boshlab nolinci kattalikkacha bo'lgan yulduzlar soni),  $N(1)=17$  (eng yorug'dan birinchi kattalikkacha),  $N(2)=50$ ,  $N(3)=175$ ,  $N(6)=3100$ ,  $N(7)=8400$ ,  $N(10)=166 \times 10^3$ ,  $N(21)=889 \times 10^6$ .

Ko'rinib turibdiki, xira yulduzlar soni  $N(m)$  orta bormoqda. Galaktikada eng ko'p yulduzlar  $m=30^m$  kattalikka ega.  $m>30^m$  yulduzlar soni kamaya boradi. Galaktikada hammasi bo'lib 200 milliard yulduz bor.



*1-rasm. Osmon sferasining shimoliy (chapda) va janubiy (o'ngda) yarimsharlarida Somon yo'lini ko'rinishi.*

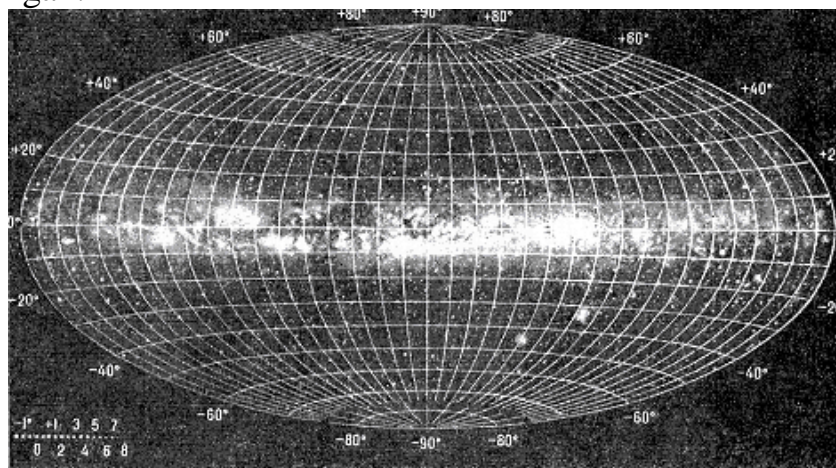
Ikkinchi usul-differensial yorug'lik funksiyasini  $A(m)$  ni topishga asoslangan.  $A(m) = \frac{dN(m)}{dm}$  m-o'zgarishi bilan  $A(m)$  ham orta boradi.

Yuqorida keltirilganlardan  $N(6): N(5)=2,85$ ,  $N(13): N(12)=2,47$  va  $N(21): N(20)=1,76$ . YA'ni, xira yulduzlar sonini ko'payish surati kamaya boradi. Bu Galaktikada yulduzlarni notekis taqsimlanganligini ko'rsatadi. Agar fazoda yulduzlar bir tekis taqsimlanganda  $\frac{N(m+1)}{N(m)} = 3,98$  bo'lur edi<sup>20</sup>.

<sup>19</sup>Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

<sup>20</sup>Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

Bir xil kattalikdagi biroq har xil galaktik kenglamaga ega bo'lgan maydonchalarda yulduzlar soni har xil bo'ladi. Bunday sanashlar Galaktika tekisligi ( $b=0$ )da yulduzlar soni eng ko'p b-kenglamaga ega bo'lgan maydonchada ekanini ko'rsatadi.  $N(m;b)$ -eng yorug' yulduzdan to  $m$ -nchi kattalikkacha bo'lgan yulduzlar soni.  $N(m,0^0)$ -galaktika tekisligidagi  $N(m,90^0)$ -qutblari yo'nalishida kuzatiladigan  $m$ -kattalikkacha bo'lgan yulduzlar soni.  $N(m,0^0): N(m,90^0)$ -galaktik konsentratsiya deb ataladi. Kuzatishdan olingan natijalarga ko'ra  $N(7,0^0): N(7,90^0)=3,5$  va  $N(21,0^0): N(21,90^0)=44,2$ . YA'ni yulduzlarning 95 % i somon yo'lida ko'rinadi. Bunday sanashlardan tuzilgan Galaktika modeli-diametri 30Kpk (kiloparsek) bo'lgan ulkan disk ko'rinishiga ega. Quyosh yaqinida diskning qalinligi 0,5 Kpk. Quyosh Galaktika markazidan 10 Kpk, tekisligidan esa 25 ps shimolda joylashgan.



2-rasm. Galaktikani shakli: a) galaktika tekisligidan qaraganda, b) galaktika qutbidan qaraganda.

Quyosh yaqinida yulduz konsentratsiyasi  $0,064 M_{\odot} \text{ pk}^{-3}$ , ya'ni tomonlari 2,5 pk bo'lgan kub ichiga bitta massasi Quyoshnikidek keladigan yulduz to'g'ri keladi. Galaktika o'zagida konsentratsiya bundan million marta ko'pdir.

Galaktikada alohida, qo'shaloq yoki karrali ko'rinadigan yulduzlar to'dalari ham kuzatiladi. Yulduz to'dalarini ikki xili mavjud: yulduzlarning tarqoq va sharsimon to'dalari. Tarqoq to'dalar (1180 tasi ro'yxatga olingan) bir necha o'ntadan, bir necha o'n mingtagacha, sharsimon to'dalari esa (136 tasi ma'lum) bir necha mingdan bir necha o'n mingtagacha yulduzdan iborat bo'ladi. To'dalardan tashqari Galaktikada qora chang bulutlari (1000 lab), yorug' diffuz tumanliklar (150) ham kuzatiladi. Qora tumanliklar o'zidan orqadagi yulduzlar nurini xiralashtirishi tufayli nomoyon bo'ladi. 3-rasmda Galaktika markazining fotosurati keltirilgan va unda qora sohalarni ko'rish mumkin. Bular qora tumanliklardir. Masalan, «Ko'mir qop» deb ataladigan qora tumanlik yorug' yulduzlar fonida yaqqol ko'rinib turibdi. Qora tumanliklar Somon Yo'lini Oqqush yulduz turkumidan boshlab to Galaktika markazigacha (Aqrab yulduz turkumi) ikkiga

bo‘linib ko‘rinishiga sababchidirlar<sup>21</sup>. Katta yorug‘ diffuz tumanliklar bilan bir qatorda kichik halqa yoki gardish shakldagi mingdan ortiq planetar tumanliklar ham kuzatiladi. Bunday yorug‘ tumanliklar shu‘lalanayotgan gaz bulutdan iboratdirlar. Demak, yulduzlararo muhitda modda chang va gaz, shuningdek ular aralashmasidan iborat bulutlar shaklida ko‘rinadi. Tarqoq holdagi bundan tashqari yulduzlararo muhit chang va gaz bilan to‘ldirilgan. Endi Galaktikani ana shu tashkil etuvchilari tabiati bilan tanishib chiqamiz.



*3-rasm. Galaktika markazining fotosurati.*

**Kengayish va Kosmologik prinsip** Galaktikalarning bunday tarzda, ya'ni qancha uzoqda bo‘lsa shuncha katta tezlik bilan bizdan uzoqlashishi nimani bildiradi? Bu shundan darak beradiki, qachonlardir, qandaydir portlash ro‘y bergan. Hozir bir qarashda biz shu jarayonning huddi o‘rtasida turgandek tasavvur paydo bo‘ladi. Ammo bunday emas. Kengayish koinotning har qanday nuqtasidan bir hil bo‘lib ko‘rinadi. Buni tushunish uchun 22-rasmga qarang. 22a-rasmda kuzatuvchi Yerda turibdi. Strelkalar bilan galaktikalarning harakatlari ko‘rsatilgan. Uzoqroqdagi galaktikalar uzunroq strelka bilan tasvirlangan. Endi savol, agar biz 22a-rasmga ko‘rsatilgan A galaktikada bo‘lganimizda nimani kuzatgan bo‘lar edik. Yerdan turib kuzatilsa u o‘ng tomonga  $V_A$  tezlik bilan ketayotgani ko‘rinadi. Agar A galaktikadan turib kuzatilsa Yer  $V_A$  tezlik bilan chap tomonga ketayotgani ko‘rinadi. A ga nisbatan boshqa galaktikalarning tezligini hisoblash uchun, barchasining tezligini vector ko‘rinishda qo‘shib chiqamiz. Bundan kelib chiqadiki, 22- rasmdagidek, barcha galaktikalar kuzatish nuqtasidan masofaga proporsional ravishda harakatlanmoqda.

Shunday qilib, koinotning kengayishini quidagicha tushuntiramiz: barcha galaktikalar biri biridan har million yorug‘lik yilida 21 km/s ga farq qiluvchi tezlik bilan uzoqlashmoqda. Bu g‘oya va undan kelib chiqadigan natija juda ham muhim bo‘lib, biz uni tasvirlashga harakat qilamiz.

Kosmologiyada asosiy qabul qilingan printsip shu ediki, unda katta masshtablarda

---

<sup>21</sup>T. Padmanabhan, *Theoretical Astrophysics, Volume III*, Cambridge University Press, 2010.

turli nuqtalardagi kuzatuvchilar uchun Koinot bir-hilda ko‘rinadi. Boshqacha aytganda, Koinot izotrop hossaga(ya’ni, turli yo‘nalishlarda bir hilda) va birjinslilik hossasiga(ya’ni, bizga boshqa gallaktikada turganimizda ham u shunday ko‘rinadi) ega ekan.

Bu kosmologik prinsip deb ataladi. Bizning imkoniyatimizdagi kichik masshtabda esa, masalan o‘zimizning gallaktikadan turib qaraganimizda u bajarilmaydi, chunki osmonimiz turli yo‘nalishlarda tulicha bo‘lib ko‘rinadi. Bu albatta qadimdan qabul qilingan tahmin hisoblanadi, chunki yetarlicha katta masshtablarda kuzatsak yulduzlar va gallaktikalarning taqsimlanish zichligi barcha yo‘nalishlarda bir-hil bo‘lishi kerak. Bu prinsip 700 million yorug‘lik yilidan kattaroq bo‘lgan masshtabda bajariladi. 22-rasmda tasvirlanganidek, Koinotning kengayishi kosmologik prinsip bilan mos keladi va undan tashqari, deyarlik bir jinsli taqsimlangan mikroto‘lqinli fon nurlanishi ham buni tasdiqlaydi. Kosmologik prinsipdan yana bir muhim hulosa kelib chiqadiki, koinotning biz yashab turgan qismi eng muhim joy hisoblanmaydi.

Habbl qonuniga ko‘ra Koinotning kengayishi shundan dalolat beradiki, demak gallaktikalar dastlab bir-biriga ancha yaqin joylashgan bo‘lgan. Bu esa dastlab qaynoq va siqilgan holatdagi hozirda esa to‘htamasdan kengayayotgan Koinot haqidagi Buyuk portlash nazariyasining asosi hisoblanadi. Biz keying boblarda Buyuk portlash nazariyasi haqida gaplashamiz, hozir esa keyeling Koinotning yoshi nechada ekanligi bilan qiziqamiz.

Koinotning yoshini baholashning bir usuli bu Habbl parametridir. Agar har  $10^6$  yorug‘lik yili uchun  $21\text{km/s}$  farq qilishini e‘tiborga olsak, moddalar dastlabki harakatlanish joyidan toki hozirgacha ( $v=d/t$  tezlik bilan) quyidagicha vaqt harakat qilgan:

$$t = \frac{d}{v} = \frac{d}{H_0 d} = \frac{1}{H_0} = 14 \cdot 10^9 \text{ yil}$$

yoki 14 milliard yil. Koinot yoshining bunday hisoblanishi *harakteristik kengayish vaqti* deb ataladi yoki Habbl vaqti deyiladi. Bunday hisoblanish hatoliklardan holi emas, chunki bunda kengayish tezligi o‘zgarmas deb hisoblangan(aslida esa unday emas). Hozirgi kundagi aniq hisob-kitoblar esa Koinotning yoshi  $13,8 \times 10^9$  yoshda ekanligini tasdiqlamoqdalar.

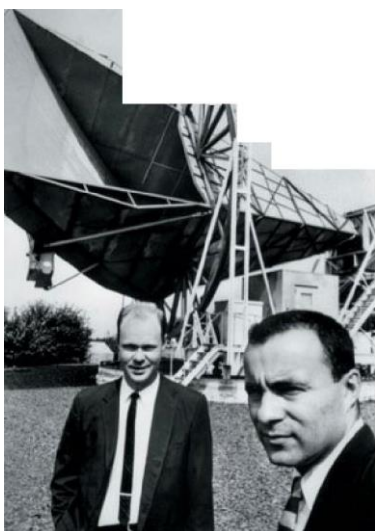
### **Statsionar model**

Buyuk portlash nazariyasini batafsil tanishtirishdan oldin, Buyuk portlash ning muqobili bo‘lgan Statsionar model bilan tanishamiz. Unga ko‘ra, Koinot cheksiz yoshda bo‘lib, u hozir ham huddi dastlab qanday paydo bo‘lgan bo‘lsa shunday ko‘rinishga ega.(Bunda aytilishicha, vaqt bir jinsli va fa’zo kosmologik prinsipga batamom bo‘ysunadi). Statsionar modelga binoan, Koinotda hech qanday muhim o‘zgarishlar amalga oshmagan, hatto Buyuk portlash ham bo‘lmagan deyiladi. Gallaktikalarning bir-biridan uzoqlashayotgan bir holatda bu prinsipni saqlab qolish uchun, bir hilda saqlanish g‘oyasini rivojlantirish kerak. Statsionar model 20 asro‘rtalarigacha Buyuk portlash nazariyasiga asosiy raqobatchi bo‘lgan. Ammo

mikroto‘lqinli fon nurlanishimimg kashf yetilishi va boshqa qator kuzatishlar Buyuk portlash nazariyasini umume’tirofiga sabab bo‘ldi.

### **Buyuk portlash va kosmik mikroto‘lqinli fon nurlanishi**

Koinotning kengayishi, obyektlarning borliqda bir-biriga hozirgidan yaqin bo‘lganini ye’tirof etadi. Bu shundan darak beradiki, Koinot bundn tahminan 14 milliard yil oldin judayam katta harorat va zichlikka ega sohaning portlashidan hosil bo‘lganini aytadi. Olam yaralganda portlash bo‘lmagan, chunki portlash natijasida materiya har tomonga sochiladi. Buning o‘rniga Buyuk portlash fa’zoning kengayishi natijasida ro‘y bergan. Dastlab judayam kichik bo‘lgan koinot, kengaya boshlagan va hozirda ham bu davom etmoqda. Judayam katta zichlikka ega bo‘lgan koinotning dastlabki holatini, atrofi katta bo‘shliqdan iborat fa’zo markazidagi massa sifatida qarash noto‘g‘ridir. Dastlabki juda katta zichlikka ega massa butun koinotni tashkil etgan. Biz Koinotning qachonlardir kichik bo‘lganini aytar ekanmiz, unda obyektlar(masalan elektronlar yoki gallaktikalar) orasidagi masofalar kichik bo‘lganini nazarda tutamiz. Koinot har doimgidek cheksiz bo‘lib qolaveradi. Faqat biz kuzatishimiz mumkin bo‘lgan qismigina biz uchun cheklidir. Buyuk portlashning yana bir tasdiqlaridan biri bu relikt nurlanishdir. U quyidagicha kashf etildi. 1964 yilda Arno Penzias va Robert uilson radioto‘lqinlarni tutish maqsadida o‘zlarining antenasini osmonga qaratib o‘rnatdilar(23-rasm). Uni yordamida ular gallaktikamiz tashqarisidan o‘tadigan keng nurlanishni aniqay oldilar. Ular Elektromagnit spektrori sohasida  $L=7.35$ smli to‘lqin uzunlikka ega nurlarni o‘lchadilar. To‘lqin intensivligi esa vaqtga ham yo‘nalishga ham bog‘liq emas edi, u har doim o‘zgarmas edi. U koinotning barcha tomonlaridan bir hil intensivlik bilan kelayotgan edi. Bundan hulosa qilish mumkinki, bu nurlanish Koinotning yaralishida qanday bo‘lgan bo‘lsa shundayligicha kelayogan edi.



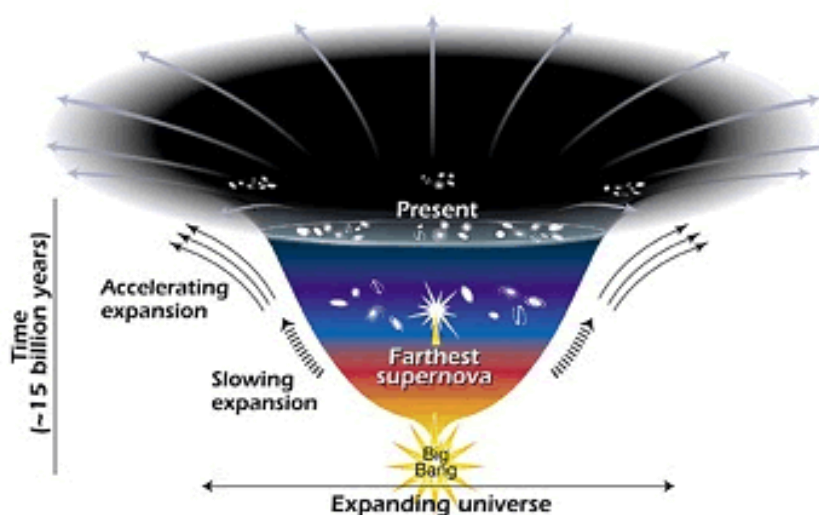
Arno Penzias (o‘ngda) va Robert Wilson. Ular ortida o‘zlari o‘rnatgan Arno antenasi.

Koinotning qanday tuzilganligi xaqida ma’lumotlar insoniyat yaratgan asboblari yordamida kuzatish mumkin bo‘lgan uzoq masofalarni o‘rganish orqali



aniqlanadi. Ushbu masofalar astronomiyada ishlatiluvchi masofa yorug'lik yili birliklari bilan tavsiflansa (1 yorug'lik yili= $9.5 \cdot 10^{12}$  km yoki  $\sim 0.3$  parsek, 1 parsek  $\sim 3.1 \cdot 10^{13}$  km), eng uzoqda joylashgan obyektlargacha bo'lgan masofa 5000 million parsek yoki 15 milliard yorug'lik yiliga teng! Xozirgi kunda kuzatilayotgan koinot ulkan yulduzlar yig'indisi – galaktikalardan va yulduzlararo muxitdagi gazlardan iborat. Aslida esa koinot modda va nurlanishlardan iboratdir<sup>22</sup>.

Dastlab koinotdagi modda xaqida suxbatlashamiz. Ma'lumki, modda atom yadrolaridan – nuklidlardan tashkil topgan. Yadroda esa o'z navbatida protonlar va neytronlar joylashgan. Ularni nuklonlar deb atashadi. Protonlar soni yadroning zaryadini aniqlab beradi (Z), proton va neytronlarning (N) umumiy soni uning massa soni deyiladi (A), ya'ni  $Z + N = A$ . Shunday qilib yadroning ikki parametri – Z va A – nuklid va moddaning xarakteristikasini aniqlab beradi.



1-rasm. Koinotning katta portlashdan keyin kengayishi.

Masalan koinotda eng yengil sanalgan va keng tarqalgan Vodorod atomi uchun  $Z=1$  (uning belgilanishi –  ${}^1\text{N}$ ), og'ir yadrolardan biri sanalgan uran uchun esa  $Z = 92$  ( ${}^{92}\text{U}$ ). Astrofizikaning asosiy vazifalaridan biri bu koinotdagi mavjud bo'lgan 300 ga yaqin nuklidlarning paydo bo'lishi va tarqalganlik taqsimotini o'rganishdan iborat.

### 2.3. Galaktikalarning uzoqlashishi

Buyuk fizik olimlar I. Nyuton va A. Eynshteynlar koinotni statik deb xisoblaganlar. I. Nyuton koinotning siqilishidan qo'rqib, undagi galaktikalar sonini cheksiz katta deb xisoblagan. A. Eynshteyn 1917 yilda esa o'zining umumiy nisbiylik nazariyasida katta massaga ega bo'lgan osmon jismlarining bir-biridan uzoqlashishini tavsiflash uchun sun'iy ravishda kosmologik xadni kiritgan. Shu yilning o'zida amerikalik olim V. Slayfer kosmik tumanliklarning uzoqlashishi xaqidagi ilmiy ishini chop etgan, 1924 yilda esa rus olimi A. Fridman

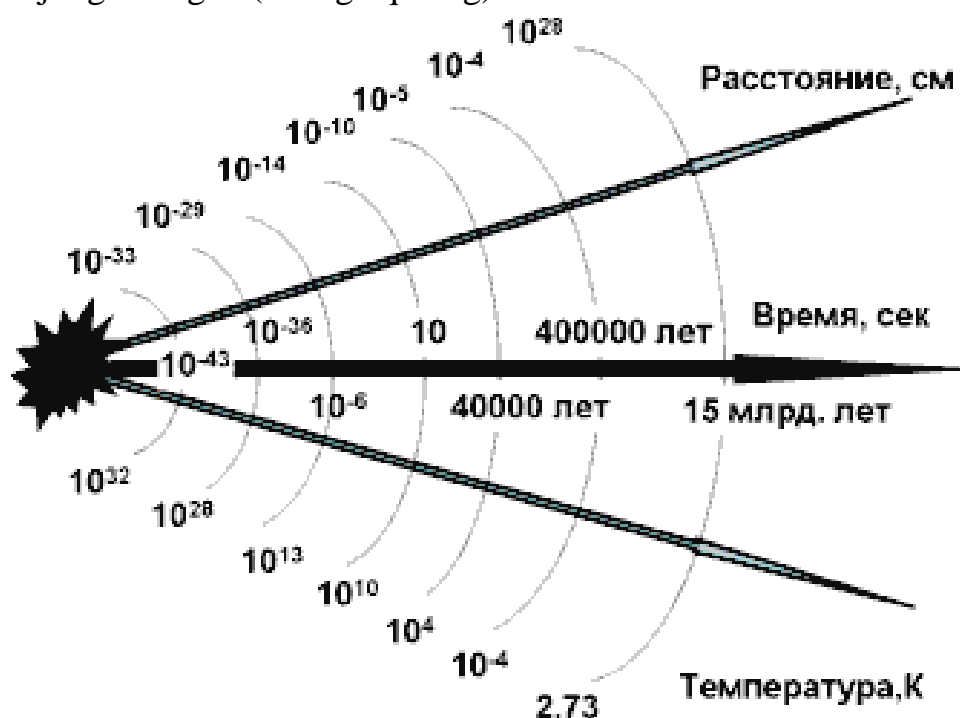
<sup>22</sup>James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

uzoqlashuvchi galaktikalar nazariyasi – kengayuvchi Koinot nazariyasini ishlab chiqdi. Ushbu nazariya bizning olamni tushunishdagi tasavvurlarimiz uchun revolyusion kashfiyot bo‘ldi<sup>23</sup>.

1929 yilda amerikalik E. Xabbl galaktikalarning uzoqlashishini kuzatuv natijalari orqali isbotladi va Fridman gipotezasi uzoqlashayotgan galaktikalardan (razbegayushiye galaktiki) kelayotgan elektromagnit nurlarning qizil siljishi natijasida eksperimental tasdig‘ini topdi. Galaktikalarning uzoqlashish tezligi ulargacha bo‘lgan masofaga proporsional ekanligi aniqlandi. Ushbu eksperimental natijalar yordamida Koinotning yoshi baxolandi – bu yosh taxminan 15 milliard yilga tengligi aniqlandi. Shunday qilib kosmologiyada yangi davr boshlandi.

Tabiiy savol o‘z-o‘zidan tug‘iladi: Koinot rivojlanishining boshida nima bo‘lgan?

XX asrning 40-yillarida buyuk olim G. Gamov olam yaralishining yangi nazariyasini taklif etdi. Unga ko‘ra bizning koinot Katta portlash natijasida vujudga kelgan (rasmga qarang).



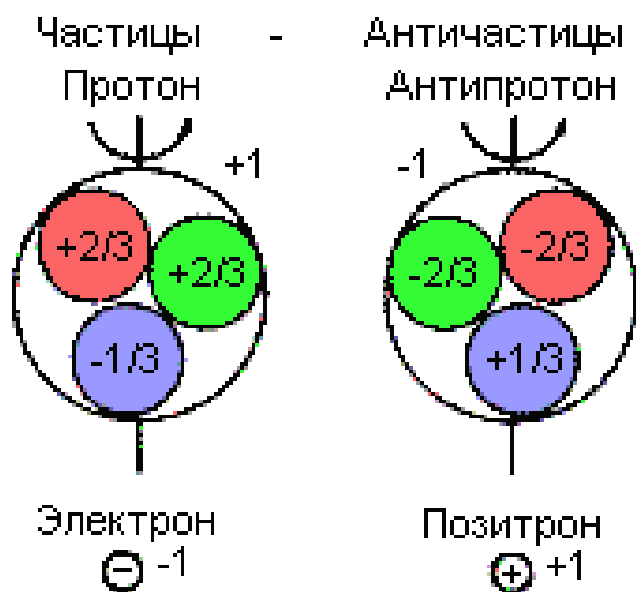
2-rasm. Katta portlash diagrammasi – Kengayuvchi koinotning xarakteristikasi va paydo bo‘lishi xamda asosiy davrlari.  $10^{-43}$  sekundgacha xamma o‘zaro ta’sirlarning Buyuk birlashishi davri xukmronlik surgan va  $10^{-6}$  sekundda kvarklarning adronlarga birlashishi bilan tugagan. 10 sekunddan boshlab radiatsion era boshlangan, ya’ni nurlanish zichligi modda zichligidan katta bo‘lgan. 40000 yildan so‘nggina moddaning zichligi nurlanish zichligidan ustun bo‘la boshlagan. Buning natijasida atomlar paydo bo‘la boshlagan (4.000.000 yildan so‘ng). Moddaning dominant davri 15 milliard yil o‘tgach xam bizning vaqtimizgacha saqlanib kelmoqda.

<sup>23</sup>James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein’s General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

Katta portlash bu dastlabki paytdagi Koinotning kichik xajmida mujassamlashgan ulkan zichlik, temperatura va bosimning kengayish jarayonida pasayib borishidir. Dastlabki paytda Koinot  $10^5 \text{ g/cm}^3$  zichlikka va  $10^{10} \text{ K}$  temperaturaga ega bo'lgan. Taqqoslash uchun Quyoshning markazidagi temperatura ushbu xaroratdan 1000 marta kichikdir.

#### 2.4. Inflyatsiya erasi

Inflyatsion era deb nomlangan qisqa muddat ichida ( $10^{-36}$  sek) kichkinagina koinotimiz fundamental zarrachalardan iborat bo'lgan. Ushbu fundamental zarrachalar nuklidlar, protonlar va neytronlardan farqli ravishda bo'linmasdir. Ushbu zarrachalar fermionlar bo'lib, proton va neytronlarning tarkibiy qismini tashkil etadi va bir-biri bilan yagona o'zaro ta'sir kuchlari orqali ta'sirlashgan (ushbu ta'sir kuchlari faqat koinotning dastlabki etapida mavjud bo'lgan). Ushbu o'zaro ta'sir bozonlar orqali amalga oshirilgan. Bunday bozonlarning to'rt turi ma'lum – foton (gamma kvant), glyuon va ikkita W va Z bozonlar. Fundamental zarrachalarning o'zlari esa 6 xil kvarklar va 6 xil leptonlardan iborat fermionlardir. Aynan shu 12 ta fundamental zarrachalar guruxi va 4 ta bozonlar dastlabki Koinotning “xamirturushi”ni tashkil etgan. Shu o'rinda bulardan tashqari xar bir fundamental zarraning antizarrasi bor ekanligini ham qayd etish lozim<sup>24</sup>. Anti zarracha zarrachadan qaysidir zaryadining ishorasi bilan farq qiladi. Eng sodda holda bu zaryad elektr zaryadi bo'lishi mumkin (rasmga qarang). Masalan, leptonlardan biri elektron manfiy va musbat zaryadga ega bo'lishi mumkin. Musbat zaryadlangan lepton pozitron deb nomlanadi va u elektronning antizarrachasidir. Antizarrachalar foton va ayrim zarrachalardan tashqari (ular uchun anti zarrachalar ham o'zlari hisoblanadilar) barcha zarrachalarda mavjud.



<sup>24</sup> T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I, Cambridge University Press, 2010

3-rasm. Zarrachalar (proton va elektron) va ularning antizarrachalari – antiproton va pozitron. Agar elektron va pozitron bir-biridan faqatgina elektr zaryadlari bilan farqlansa, proton va antiproton esa ichki strukturalarining farqi bilan ham ajralib turishadi (kvarklar va antikvarklar). Zarracha va antizarrachaning spini esa bir hil bo‘ladi.

Koinotning dastlabki paytidagi o‘ta yuqori temperatura zarralarning o‘zaro to‘qnashuvi va boshqa zarrachalarga aylanishini vujudga keltirgan. Masalan, ikkita fotonan elektron va pozitron juftligi paydo bo‘lgan, ularning o‘zaro to‘qnashuvi esa (zarra va antizarraning to‘qnashuvi – annigilyatsiya deyiladi) yana fotonlarning paydo bo‘lishiga olib keladi

$$(2\gamma) \rightarrow (e^+, e^-)$$

$$(e^+, e^-) \rightarrow (2\gamma)$$

Neytrino ( $\nu$ ) va antineytrino ( $\bar{\nu}$ ) larning paydo bo‘lishi xam mumkin bo‘lgan

$$(e^+, e^-) \rightarrow (\nu, \bar{\nu})$$

Neytrino va antineytrinoning to‘qnashuvi esa o‘z navbatida elektron va pozitron juftligini hosil qilgan. O‘ta yuqori temperatura zarralarning o‘zaro to‘qnashuvi va boshqa zarrachalarga aylanishi qaynab turgan “sho‘rvaga” o‘xshab ketadi, bunda “sho‘rvadagi” zarra va antizarralar soni bir-biriga teng. Bu Koinot bilan bir qatorda Antikoinotning mavjudligi kelib chiqadi.

Xozirgi zamon fizik tasavvurlarga ko‘ra Katta portlashdan keyin paydo bo‘lgan fermion va bozonlar bo‘linmas deb xisoblanadi. Bu ularning ichki strukturasi to‘g‘risida ma’lumotning yo‘qligini anglatadi. Fermion va bozonlar Koinot rivojlanishining  $10^{-10}$  sek gacha massasiz zarrachalar bo‘lgan kichik koinotning “qaynab turgan sho‘rvasi”ning asosiy tashkil etuvchisi bo‘lgan<sup>25</sup>.

Koinot rivojlanishining dastlabki  $10^{-36}$  sekundida yagona ta’sir nazariyasi barbod bo‘ldi. O‘zaro ta’sirlarning tabiati o‘zgara boshladi. Yuqori xarorat fundamental zarrachalardan og‘irroq zarralar xosil qilish imkonini bermagan. Keyingi 1 mks dan so‘ng Koinot sovishi natijasida kichik zarrachalar massaga ega bo‘la boshlaydilar va koinotning o‘lchami  $10^{-14}$  sm ga teng bo‘lib qoladi. Shu paytda Koinotdagi moddani tashkil etuvchi “g‘isht”lari – kvarklar paydo bo‘la boshlaydi. Kvarklarning o‘zaro birlashib, massiv zarrachalar – adron va antiadronlar xosil bo‘la boshladi. Koinotning sovishi adronlar sonining leptonlar soniga nisbatan pasayishiga olib keldi. Leptonlar orasida neytrinolar xam bor. Koinotning yoshi 10 sek bo‘lganda massaga ega bo‘lmagan neytrino qolgan zarralardan mustaqil ravishda kengaya boshladi. Ushbu neytrinolar relikt neytrinolari deb ataladi. Ushbu nurlanishlar xozirgi paytgacha saqlanib kelmoqda.

Anigilyatsiya sur’atining oshishi fotonlar sonini ortishiga olib keldi. Koinot deyarli fotonlar va neytrinolardan iborat bo‘lib qoldi. Koinot rivojlanishining bu davri radiatsion davr deb ataladi. Koinotning yanada kengayishi esa 10 ming yillardan so‘ng modda zichligining nurlanish zichligidan ortishiga olib keldi.

<sup>25</sup>Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.

### **Nazorat savollari:**

1. Yuqori energiyalar fizikasi fani.
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/>

### **Nazorat savollari:**

11. Relyativistik astrofizika deyilishiga nima sabab?
12. Astrofizik obyektlarga nimalar kiradi?
13. Gravitatsion qizil siljish nima?
14. Gravitatsion qizil siljishning sababi nimada?
15. Qanday kosmologik modellar bor?
16. Koinotning kengayishi qanday tushuntiriladi?
17. Xabbl qonuni va doimiysining fizik ma'nosi qanday?
18. Inflyatsion model nima?

### **Foydalanilgan adabiyotlar**

7. James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.
8. Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.
9. Sivuxin D.V, Kurs obshey fiziki, uchebnoye posobiye dlya vuzov, t. 5 – Atomnaya i yadernaya fizika, 3-ye izdaniye, FIZMATIZ, 2011.
10. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
11. Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.
12. Filchenkov M.L., Gravitatsiya, astrofizika, kosmologiya: dopolnitelniye glavi, «LIBROKOM», 2010.

#### Internet ma'lumotlari

5. [http://hea.iki.rssi.ru/HEAD\\_RUS/links\\_k.htm](http://hea.iki.rssi.ru/HEAD_RUS/links_k.htm)
6. <https://books.google.com/books?isbn=0226069710>
7. <https://books.google.com/books?isbn=0226724573>
8. [https:// nuclphys.sinp.msu.ru/](https://nuclphys.sinp.msu.ru/)

## 4-MAVZU: YULDUZLAR EVOLYUSIYASI

### REJA

- 3.1. Yulduzlar evolyusiyasi: asosiy tushunchalar.
- 3.2. Gravitatsion kollaps.
- 3.3. Chandrasekar chegarasi.
- 3.4. Neytron yulduzlar. Kvazarlar.

**Tayanch iboralar:** Yulduzlar temperaturasi, yulduzlar evolyusiyasi, Gersshprung-Rassel diagrammasi, yulduzlar magnit maydoni, o'ta yangi yulduzlar. Ko'pchilik yulduzlar Quyosh singari tabiatga ega. Chunki ularning spektri Quyoshnikiga o'xshash qora (yutilish, absorbsion) chiziqlar bilan kesilgan tutash (uzluksiz) spektrdan iborat. Past dispersiyali spektrga bir qarashdan hosil bo'lgan bu o'xshashlik yuqori dispersiyalilarda yo'qoladi.

Yulduzlar olami rang-barang, ular orasida aynan Quyoshga o'xshaganlari ham bor. Biroq ko'pchilik yulduzlar spektridaqlarini joylashishi va intensivligi bo'yicha Quyoshdan farq qiladilar. Ularning ayrimlari spektrida yuqori ionlanish potensialiga ega bo'lgan kimyoviy element ionlari ( $N^+$ ,  $S^{++}$ ,  $O^{++}$ ) chiziqlari ko'rinsa, boshqalarinikida faqat vodorod atomi chiziqlari, uchinchi xillarini kida esa faqat past ionlanish potensialiga ega atomlar va molekulalar chiziqlari va tasmalari kuzatiladi<sup>26</sup>.

Yuqorida ko'rganimizdek tutash spektr yulduz (Quyosh)ning fotosfera qatlamining pastki qismlarida chiziqlar esa uning ustiga nisbatan past temperaturaga ega qismlarida hosil bo'lsa, yulduzlarning spektridagi rang

---

<sup>26</sup>Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

baranglik ularning fotosferasidagi fizik sharoitni turlichaligi bilan bog‘liq degan xulosaga kelamiz. Spektri Quyoshniki singari bo‘lgan yulduzlar normal yoki statsionar yulduzlar deb ataladi. Bunday yulduzlarni yorug‘ligi deyarli (~0.1 %) o‘zgarmaydi. Demak, ularning (T) temperaturasi va radiusi (R) deyarli o‘zgarmaydi, yulduzning ichki va tashqi qatlamlari termodinamik muvozanatda.

Ayrim yulduzlar spektrida keng emission (yorug‘) chiziqlar boshqalarinikida yutilish chiziq bilan birgalikda, uni yonida yoki ustida shu atomga tegishli emission chiziq ham kuzatiladi. Uchinchi turdagi yulduzlar yorug‘ligi bilan birgalikda spektrini o‘zgartirib turadi. Bunday yulduzlar nostatsionar yulduzlar deyiladi. Ularni o‘rganishga o‘tishdan oldin statsionar yulduzlarni fizik xususiyatlari bilan tanishib chiqamiz.

### 3.1. Yulduzlar va Galaktikalar

Qadimdan yulduzlar juda ko‘p va bir biriga (sayyoralarga) nisbatan harakatlanuvchi mitti yorug‘ sharga o‘xshab ko‘ringan. Koinot mukammal, bir butundir hamda Biz uning markazida yoki markaz yaqinida joylashganmiz. Lekin 1609 yili dastlabki Galileyning optik teleskoplar yordamida tungi osmonni kuzatuvlaridan keyin Koinot to‘g‘risidagi tasavvurlarimiz dramatik tarzda o‘zgardi. Endi biz o‘zimizni Koinot markazida deb tasavvur qila olmaymiz va u mislsiz kattadir.

Oysiz tunda ochiq osmonda biz minglab har xil yorqinlikdagi yulduzlarni, shuningdek, Somon Yo‘lining uzun yorug‘ bulutli tasma-sini ham ko‘rishimiz mumkin. (1-rasm). Galiley ilk bor o‘zining teleskopida Somon yo‘lining son-sanoqsiz alohida yulduzlardan tashkil topganligini kuzatgan. Qariyb bir yarim asr keyinroq (taxminan 1750 yillarda) Tomas Vrayt xozirda biz Galaktika<sup>27</sup> deb nomlaydigan Somon yo‘lini bir tekislikda juda katta masofalarga yoyilib ketgan yulduzlardan iborat yassi disk deb taxmin qildi.

*1-rasm. Somon yo‘li galaktikasining bir qismi. (a) rasmdagi ingichka chiziq .. qorong‘i diagonal soha yorug‘likning galaktika changlari tomonidan yutilishi hisobiga hosil bo‘lgan. (b) rasm galaktika markazi tomonidan ko‘rinishi (Arizona (AQSH) yozida tasvirga olingan).*



(a)

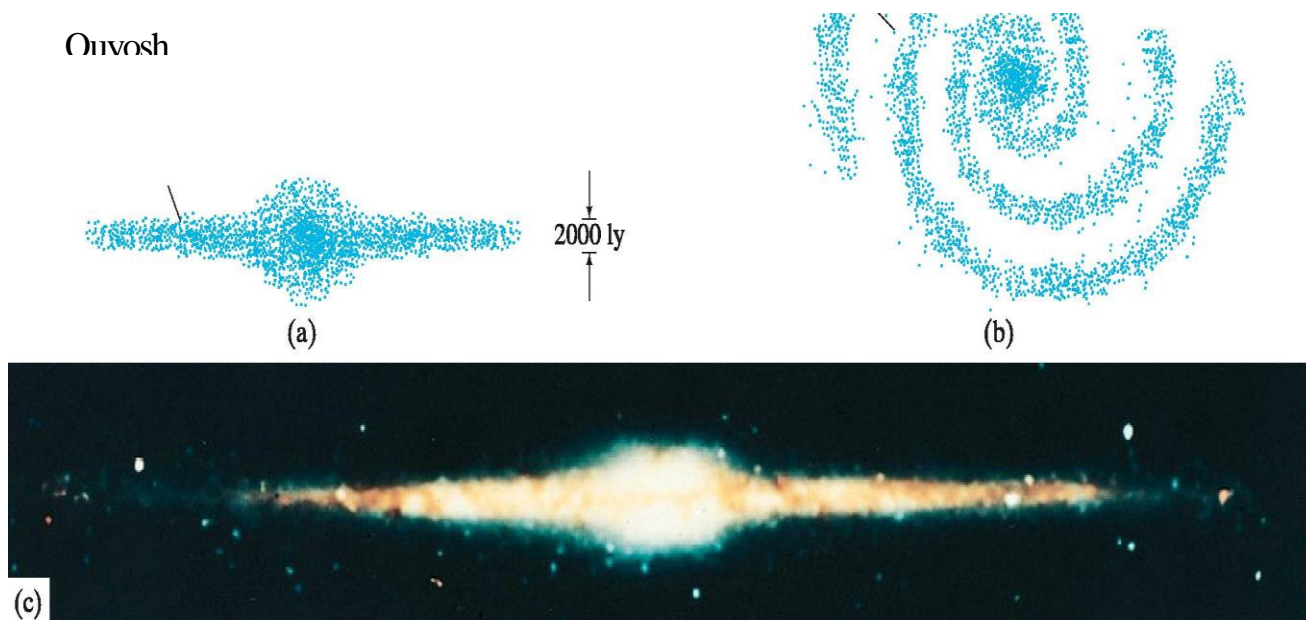


(b)

<sup>27</sup>Galaktika (bosh harf bilan) bu biz joylashgan galaktika, qolganlari kichik harflar bilan keltiriladi

Bizning Galaktikamiz diametri deyarli 100 ming yoy. va disk qalinligi 2000 yoy.ga teng. U yana markaziy doʻnglik va spiral qoʻllariga ega (2-rasm). Quyoshimiz Galaktika markazidan to chekkasigacha boʻlgan masofaning oʻrtalarida joylashgan, bu taxminan markazdan 26000yoy ga teng. Bizning Galaktikamiz taxminan 400 milliard yuzduzlardan tashkil topgan. Quyosh Galaktika markazi atrofigda har 250 million yilda bir marta aylanib chiqadi va tezligi Galaktika markaziga nisbatan 200km/s. Jammasi odatiy materiyasining massasi esa taxminan 4.1041kg. Yana shunday qatʻiy dalil ham borki, Galaktika massiv koʻrinmas “Galo” “qorongʻi materiya” bilan oʻralgan.

Orvosh



2-rasm. Bizning Galaktikamizning tashqi tomondan koʻrinishi: (a) disk tekisligida "yondan koʻrinishi"; (b) "ust koʻrinishi". (Tashqi tomondan koʻrinishi- agar buni iloji boʻlganida huddi shunday koʻringan boʻlar edi!) (c) Somon yoʻli galaktikasi ichkari tomonidan olingan infraqizil tasvir- Galaktika diski va markaziy doʻnglik koʻringan holda. Bu COBE sunʻiy yoʻldoshidan juda katta burchakda, osmonning deyarli 3600 burchakli qismidan olingan tasvir. Oq nuqtalar qoʻshni yulduzlardir.

Bundan tashqari, agar biz tungi ochiq osmonni teleskop yordamida kuzatsak, Somon Yoʻlining ichidagi va tashqarisidagi yulduzlar “nebula” (Lotin tilidan “bulut”) deb ataladigan yorugʻ bulutlarni koʻrishimiz mumkin. Oddiy koʻz bilan ochiq osmonni kuzatganimizda, ularning koʻpchiligi Andromeda va Orion deb ataluvchi yulduzlar turkumiga kiruvchi tumanliklarni koʻrishimiz mumkin. Baʼzi yulduz turkumlari va guruhlari koʻp sonli yulduzlardan iborat bulutga oʻxshab koʻrinadi (3-rasm). Boshqalari qizigan gaz yoki chang va bularni biz asosan nebula deb ataymiz.

3-rasm. Herkules yulduz turkumida joylashgan sharsimon yulduz klasteri





Eng ajoyib uchinchi toifaga mansub bo'lganlar: ular ko'pchiligi elliptik shakiga ega. Immanuel Kant (1755 y.) ularning hira bo'lib ko'rinishining sababini bizning Galaktikadan juda olisda joylashganligida deb tushintirgan. Dastlab, bu obyektlar Galaktikamizdan tashqaridagi (ekstragalaktik) obyektlar ekanligi ishonarli deb tan olinmadi, lekin XX asrga kelib juda katta diametrli teleskoplar barpo etildi va ular yordamida ekstragalaktik obyektlar kuzatila boshalandi, hattoki ko'pgina yulduzlarning boshqa, Galaktikamizdan olisdagi spiralsimon galaktikalardagi aniq joylashgan o'rinlari va boshqa xususiyatlari aniqlandi. Yedvin Habbl (1889-1953) 1920 yillarda Los Angeles va Kaliforniya yaqinidagi Vilson tog'ida joylashgan 2.5m li teleskop yordamida ko'pgina kuzatuvlar olib bordi. Habbl ushbu obyektlar haqiqatan ham Galaktikamizdan tashqarida joylashganini ulargacha masofaning juda kattaligidan kelib chiqqan holda isbotlab berdi. Bizga eng yaqin galaktika bo'lgan Andromeda tumanligigacha masofa 2 million yoy.ga teng, bu esa Galaktikamiz o'lchamidan 20 barobar katta degani. Mantiqan olib qaraganda bu tumanlik bo'lib ko'rinishiga qaramasdan, u ham Galaktikamizga o'xshash galaktika bo'lsa ajab emas. Bugungi kunga kelib, koinotning kuzatish mumkin bo'lgan sohasida taxminan  $10^{11}$ ta galaktikalar mavjud, bu degani galaktikalar soni taxminan bitta galaktikadagi yulduzlar soniga teng (4-,5-rasmlarga qarang).



*4-rasm. Carina yulduz turkumida joylashgan gazsimon tumanlik. Bizdan taxminan 9000 yoy. uzoqlikda.*



5-rasm. Galaktikalarning rasmlari, (a) Hidra yulduzlar turkumlaridagi spiral galaktikalar, (b) Ikkita galaktika: kattaroq va dramatikrog‘i mashhur Virpul galaktikasi, (c) (b)dagi galaktikaning infraqizil tashviri ("yasama" ranglarda berilgan), bu Yerda spiral galaktikaning (b) rasmda ko‘rinmay qolgan yengllari ham ko‘rsatilgan; har hil ranglar har hil intensivliklarga to‘g‘ri keladi.

Ko‘rinuvchi nurlar galarikalararo “changlar” da infraqizil nurlarga nisbatan ko‘proq yutiladi va sochiladi, shuning uchun infraqizil nurlar aniqroq tasvir beradi.

Odatiy yulduzlardan tashqari galaktalarda, yulduz klasterlarida, galaktikalar klasterlarida va superklasterlarda ko‘plab qiziqarli obyektlar ham mavjud. Ular orasida qizil gigantlar, oq mittilar, neytron yulduzlar, nova va supernova deb ataluvchi yulduzlarning portlashi va hattoki yorug‘lik ham chiqib ketolmaydigan, gravitatsiyasi kuchli bo‘lgan qora o‘ralar bizga ma‘lum. Bundan tashqari, Yerga elektromagnit to‘lqinlar ham yetib keladi, ammo ular nuqtaviy yorug‘lik manbalaridan chiqmaydi: ayniqsa muhim tomoni shundaki, mikroto‘lqinli nurlanish foni koinotning barcha yo‘nalishlarida bir hil.

Nihoyat, uzoq galaktikalar markazlarida o‘ta yorqin nuqtaviy yorug‘lik manbalar bo‘lgan faol galaktika yadrolari (FGYA) ham mavjud. FGYalarning eng ta’sirchan ko‘rinishi yorqinligi katta bo‘lgan qvazarlardir (“kvazyiyulduz” yoki “yulduzga o‘xshash obyektlar”). Ularning yorug‘liklari galaktika markazlarida joylashgan gigant qora o‘ralar orqali o‘tib keladi.

### 3.2. Yulduzlarning temperaturasi

Yulduzlarni nurlanishi uning atmosfera qatlamlaridan chiqadi va uni o‘lchashga asoslanib topilgan temperatura ana shu atmosfera qatlamlarining temperaturasi bo‘ladi. Yulduzlar temperaturasini o‘lchashning bir necha usullari mavjud, ular yulduz spektrida energiyani taqsimlanishini va yulduz chiziqlar intensivligini yoki to‘la energiyani o‘lchashga asoslangan.

Qo‘llanilayotgan usulga ko‘ra hisoblab topilayotgan temperatura har xil nom bilan yuritiladi. Har xil usul bilan o‘lchanayotgan yulduz temperaturasi biroz farq qiladi. Buning sababi ular yulduz nurlanishining har xil sohalarini ifodalaydi. Shu

usullarga qisqacha to'xtalib o'taylik<sup>28</sup>.

a) *to'la energiyani o'lchash yo'li bilan T-ni hisoblash.* Bu usulni burchakiy diametri ma'lum bo'lgan yulduzlarga qo'llash mumkin va u yulduziy bolometrik kattalikni o'lchashni talab qiladi. Bunday usul bilan topilgan temperatura effektiv temperatura deb ataladi va u to'la energiyasi yulduznikidek bo'lgan absolyut qora jismni temperaturasini ko'rsatadi  $L=4\pi R^2 \cdot Y E$ -yulduzning yorqinligi, YE-yulduz nuri masalan, Yerda osil qilayotgan yoritilganlik, r-yulduzning Yerdan uzoqligi.  $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T_e^b$  - radiusi (R) yulduznikidek bo'lgan absolyut qora jismni yorqinligi,  $T_e$ -uning temperaturasi. Ularni tenglashtirib temperaturani topamiz  $T_e=642.3$

$$\sqrt[4]{\frac{E}{\sigma \theta^2}}; \theta=206265 \frac{2R}{r}$$
 yulduzning burchakiy sekundlarda ifodalangan diametri.

Shunday munosabatni Quyosh uchun ham yozish mumkin. Quyoshning  $T_e=5700^\circ$  va  $m_b=-26^m.85$  ligini iisobga olsak, u iolda  $m_b$ - bolometrik yulduziy kattalikka ega yulduzning effektiv temperaturasi

$$\lg T_e=2.718-0.1m_b -0.51\lg \theta$$

formula yordamida xisoblanishi mumkin. Bu usulni  $\theta$  si ma'lum bo'lgan 100 ga yaqin yulduzlarga qo'llash mumkin.

b) *spektrida energiyani taqsimlanishini o'lchash yo'li bilan T-ni aniqlash.* Bu usul ham yulduz spektrida energiyani taqsimlanishi absolyut qora jismniki singari bo'la degan farazga asoslanadi. Ma'lumki absolyut qora jism spektrida energiyani taqsimlanishi Plank formulasi yordamida ifodalanishi mumkin. Bu usul bir necha usulchalarga ajraladi.

1) Vin siljish qonuniga asosan hisoblash. Vin siljish qonuni yoritqich spektrida energiya maksimumining to'liq uzunligi bilan temperatura ( $T_e$ ) orasidagi brjlanishni ifodalaydi va undan foydalanib  $T_p = \frac{0.29}{\lambda_{\max}}$  K ni topamiz; bu

yerda  $\lambda_{\max}$ - spektrda intensivlik  $I_\lambda(T)$  maksimumi to'g'ri keladigan to'liq uzunlik, sm larda. Bu usulni qizil yulduzlarga qo'llash mumkin.  $T_e$ -rang temperaturasi.

2) rang ko'rsatqichini o'lchash asosida  $T_e$  hisoblash. Agar yulduzning yorug'ligi uning spektrini ikki qismda (masalan V (vizual) va V (ko'k)) o'lchangan bo'lsa u holda temperatura

$$T_p = \frac{7920}{(B-V) + 0^m.72}$$

formula yordamida hisoblanishi mumkin. Bunday usul bilan o'lchangan T ham rang temperatura deyiladi.

3) Spektral chiziqlar intensivligini o'lchash yo'li bilan T-ni aniqlash. Birorta kimyoviy element atomlari yoki ionlarning ko'plab chiziqlari yulduz spektrida bo'lsa u holda atomlarni uyg'ongan holatlar bo'yicha taqsimlanishini topish mumkin. Bolsman yoki Saxa formulalari termodinamik muvozanatda uyg'ongan

<sup>28</sup>James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

holatlar (sathlar) bo'yicha atomlarni taqsimlanishini ifodalaydi va bu taqsimlanish holatni uyg'onish potentsiali ( $\chi$ ) va muhitni temperaturasi ( $T$ ) bog'liq.

$$\frac{N_n}{N_1} = \frac{g_n}{g_1} e^{-\frac{\chi_1 - \chi_n}{kT}}. \quad \text{Bolsman formulasi}$$

bu yerda g-energetik satini statistik vazni,  $N_1$  va  $N_n$ —birinchi va n—nchi satilarda atomlar soni. Chiziqlarni intensivligini o'lchab  $N$  topiladi va Bolsman formulasiga asoslanib  $T$ -xisoblanadi. Bunday usul bilan hisoblangan  $T$ -uyg'onish temperaturasi deyiladi. Agar kimyoviy elementni atomlari va ionlari chiziqlari yulduz spektrida bo'lsa u holda Bolsman va Saxa formulalari yordamida temperaturani va elektron konsentratsiyasini hisoblash mumkin. Bunday usul bilan topilgan  $T$  – ionizatsiya temperaturasi deyiladi.

Har xil usullar bilan hisoblab topilgan  $T$  lar bir biriga yaqin bu'ladi va yulduz atmosferasining temperaturasini ko'rsatadi. Yulduzlarning temperaturasi 1000 dan 50 000 K gacha oraliqqa to'g'ri keladi, ya'ni yulduzlarni eng past va yuqori  $T$ -lari 50 marta farq qiladi, xolos. Bunday usullar bilan o'lchangan temperatura yulduzning atmosfera qatlamlarining temperaturasiligini unutmash kerak. Temperatura yulduzning ichki qatlamlarida bundan yuqori bo'ladi.

Yorqinlik temperatura ( $T$ ) ning to'rtinchi darajasiga bog'liqligini xisobga olsak, yuqorida topilgan yulduzlarning yuza temperaturalar farqi ularning yorqinliklarini  $2.5 \cdot 10^5$  marta o'zgarishini ta'minlaydi. Demak  $L$  ni o'zgarish diapazoni ( $10^{12}$ )ni qoplash uchun  $R$  ni o'zgarish diapazoni  $10^5$  martadan kam bo'lmasligi zarur.

### 3.3. Yulduzlar spektri

#### a) Spektral sinflashtirish.

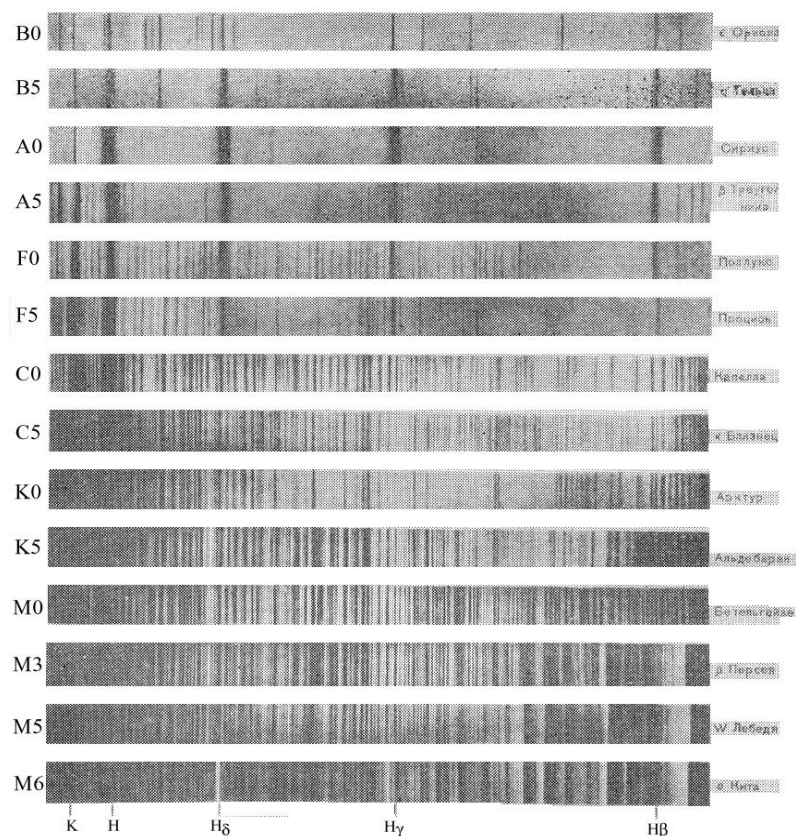
Ko'plab statsionar yulduzlar spektrini tahlil qilib, ulardagi chiziqlar to'liq uzunligi va intensivligi har xil ekanligiga ishonch hosil qilish mumkin. Chiziqlarni intensivligiga ko'ra yulduzlarni ma'lum ketma-ketlikda joylashtirish yoki spektral sinflarga ajratish mumkin. Bunday ish birinchi navbatda vodorod ( $N_{\alpha}$ ,  $N_{\beta}$ ,  $N_{\gamma}$ ,  $N_{\delta}$ ) va geliy ( $\lambda\lambda$  5875 Å, 6678 Å) va keyin metal ionlari (N va K Sa II) atomlari ( $D_1$ ,  $D_2$ , Na), molekular chiziqlariga nisbatan AQShning Garvard universitetida bajarilgan va u garvard spektral sinflashtirish deb ataladi. 1918-24 yillarda e'lon qilingan va Genri Dreper (ND) katalogi deb ataladigan 9 tomlik jadvalda 225330 yulduzni spektral sinfi belgilangan. Hozirgi kunga kelib jami 500 000 dan ortiq yulduzni spektral sinfi aniqlangan. Spektral sinflar lotin alifbosining bosh haflari bilan belgilanadi: O, B, A, F,  $G^c$ , K,  $M^s$ , (L, T). Bu harflar ketma-ketligini eslab qolish uchun garvard universiteti talabalar shunday hazil o'ylab topishgan: Oh, BeAFineGirlKissMe<sup>29</sup>.

O-sinfgamansubyulduzlarspektridageliyioni (NeI) vayuqoridarajadaionlanganazot (NIII $\lambda$ 4514 Å, NIV $\lambda$ 3479 Å), uglerod (CIII $\lambda$ 4647 Å) kislorod (OIII $\lambda$ 3700 Å, OIV $\lambda$ 3385 Å) chiziqlariko'rinadi.

V- sinfgamansubyulduzlarspektridneytral geliy (NeI $\lambda$ 5875 Å) vapastdarajadaionlanganazot (NII $\lambda$ 6578 Å,  $\lambda$ 4267 Å), uglerod (SII $\lambda$ 6578 Å,  $\lambda$ 4267 Å), kislorod (OII $\lambda$ 4649 Å,  $\lambda$ 4119 Å) vavodorodatOMICchiziqlari ( $N_{\alpha}$  $\lambda$ 6563 Å,  $N_{\beta}$  $\lambda$ 4861 Å,  $H_{\gamma}$  $\lambda$ 4340 Å) kuzatiladi.

---

<sup>29</sup>Arbab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.



Rasm- 6. Xar spektral sinfga mansub yulduzlarning sinfi

A-sinf, vodorod atomi chiziqlari ( $N_{\alpha}\lambda 6563 \text{ \AA}$ ,  $N_{\beta}\lambda 4861 \text{ \AA}$ ,  $N_{\gamma}\lambda 4330 \text{ \AA}$ ) eng intensiv ko‘rinadi. Sumbulaning  $\alpha$ -si spektrida vodorod atomi chiziqlari  $N_{\alpha+}$ ,  $N_{\beta}$ ,  $N_{\gamma}$ ,  $N_{\delta}$  va iakozo eng intensiv, gelyi chiziqlari yo‘qolgan.

F- intensiv vodorod Sirius ( $\alpha\text{CM}$ ) chiziqlari  $N_{\alpha}$ ,  $N_{\beta}$ . . . bilan birgalikda metall ionlari ( $\text{SaII}\lambda\lambda 3934 \text{ \AA}$ ,  $3956 \text{ \AA}$ ) chiziqlari ko‘rinadi. Protsion ( $\alpha\text{CMi}$ ) misol bo‘laoladi.

G- asosiy chiziqlar metallar (Na, Mg, Fe, Ca) ni vodorod chiziqlari ham ko‘rinadi, biroq anchaxiralashgan. Quyosh G-sinfga mansub.

K- kalsiyioni ( $\text{SaII}$ ) chiziqlari va metallar chiziqlari ( $\text{Gtasma}\lambda 4305 \text{ \AA}$  da  $\lambda 4315 \text{ \AA}$ ) yaqqol ko‘rinadi, molekular ( $\text{TiO}$ ) chiziqlari va tasmalariko‘rinaboshlaydi. Aldebaran ( $\text{Savrning } \alpha\text{-si}$ ,  $\alpha\text{Tau}$ ) misol bo‘laoladi.

M- molekular ( $\text{Ti}$ ,  $\text{O}_1$ ,  $\text{S}_2$ ,  $\text{SN}$ ) tasmalar va chiziqlar orasida  $\text{Ti O}$  tasmalari ajralib turadi. Betelgeyze ( $\text{Orionning } \alpha\text{-si}$ ,  $\alpha\text{ Ori}$ ) misol bo‘laoladi.

L- sinfga mansub yulduzlarspektrida ishqor metallar ( $\text{Li}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Cs}$ ) chiziqlari kuzatiladi.

T- sinfga kiradigan yulduzlarspektrida metan ( $\text{NH}_4$ ) va ishqor metallar chiziqlari ko‘rinadi.

Oxirgi ikkita sinf (L, T) yaqinda (2000 y.) kashf etildi. G dan boshlangan S-sinf spektrida uglerod ( $\text{S}_2$ ,  $\text{SN}$ ) molekulari chiziqlari ayniqsa ajralib turgani

uchun bunday yulduzlar uglerodli deb ataladi. Shuningdek K-sinf yonida joylashgan S-sinf spektrida sirkoniy, ittiriy va lantan oksidlari chiziqlari ko‘rinadi<sup>30</sup>.

Yulduzlarning fizik ko‘rsatkichlarini yana ham aniqroq belgilash maqsadida spektral sinflar ketma-ketligi keltiriladi, asosiy sinflar orasi o‘nta oraliq sinfga ajratiladi: O5, O6, O7, O8, O9, V0, V1, V2, . . . , V8, V9, A0, A1, . . . A8, A9, J0, . . . va hakoza.

### **b) Garvard spektral sinflashtirishning fizik asoslari.**

Spektral sinflardagi chiziqlar turli tumanligi yulduzlarning kimyoviy tarkibi har xil ekan degan hulosaga olib kelmasligi kerak. Chunki chiziqni hosil bo‘lishi muhitni temperaturasiga bog‘liq. Yulduz spektrida u yoki bu atom chiziqlarini ko‘rinishini zarur sharti yulduz atmosferasida shu element atomlarini mavjudligi bo‘lsa, yetarli sharti atmosferada temperatura sharoiti atomlarni uyg‘ongan holatga o‘tkazish uchun yetarli bo‘lishi kerak. Demak spektral ketma-ketlik asosida temperaturalar har xilligi yotadi. Atomlarni uyg‘ongan holatlar bo‘yicha taqsimlanishi Bolsman va Saxa formulalari bilan ifodalanadi. Har bir kimyoviy elementni ko‘pchilik atomlari ma‘lum temperaturada ( $T_u$ ) uyg‘on holatlarga o‘tadi. Agar  $T > T_u$  bo‘lsa atomlar ionlanadi va bu chiziqni hosil qilishda ishtirok etayotgan atomlar sonini kamayishiga olib keladi. Yoki  $T < T_u$  bo‘lsa bu holda ham shu chiziqni hosil qilishda ishtirok etadigan atomlar soni kam bo‘ladi. Vodorodning ko‘pchilik atomlarini uyg‘ongan holatlarga ( $\chi = 10$  ev) o‘tkazish uchun  $T_u = 10^4$  K bo‘lishi kerak.

Bunday sharoit A sinfga mansub yulduzlarda mavjud. Agar temperatura  $T > 10^4$  (V sinf) yoki  $T < 10^4$  (F sinf) bo‘lsa vodorod chiziqlari  $N_\alpha, N_\beta, N_\gamma, N_\delta$ –lar intensivligi  $T = 10^4$  (A-sinf) dagi qaragandan kam bo‘ladi, bunday farq temperatura ayirmasi  $|T - T_u|$  ortgan sari kuchayib boraveradi va u ma‘lum darajaga  $5\ 000^\circ$  yetgach vodorod chiziqlari umuman ko‘rinmaydi. Geliy atomlarini uygonish potensial  $\chi > 20$  ev, ya‘ni vodorodnikidan ikki marta katta, demak geliy atomi chiziqlari hosil bo‘lishi uchun  $T \approx 20\ 000$  bo‘lishi kerak. Bunday sharoit V sinfga mansub yulduzlarda mavjud. A –sinf yulduzlarida temperatura geliy atomlarini uyg‘ongan holatlarga o‘tkazish uchun yetarli emas. Shuning uchun ularda geliy chiziqlari kuchsiz. K, M-sinf yulduzlarida temperatura ancha past (4500-3500 K) va molekularlar hosil bo‘lishi uchun sharoit yetarli.

Shunday qilib, har bir kimyoviy element atomlari chiziqlari ma‘lum temperaturadagi (sinfdagi) yulduzlarda maksimal intensivlikka ega bo‘ladi. Bu sinfdan chap yoki o‘ng tomonda joylashgan sinflarda intensivlik kamaya boradi. Spektral sinflar chiziqlarni intensivligi bo‘yicha belgilanadi. Temperaturani aniqlash uchun oraliq sinflar kiritilgan. A bilan V orasi o‘nta oraliq sinfga bo‘lingan.

Agar yulduzni spektri olingan bo‘lsa, uni spektral sinfini va temperaturasi

---

<sup>30</sup>James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein’s General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

(T) ni aniqlash mumkin. Bunday yo‘l bilan aniqlangan T tutash spektrda energiyani taqsimlanishi yoki rang ko‘rsatqichi (V-V) bo‘yicha aniqlangan temperaturaga mos kelishi isbotlangan. Shuning uchun spektral sinflar o‘rnida  $T_e$  yoki V-V qo‘llaniladi. Jadval 1 da bosh ketma-ketlik spektral sinf,  $T_e$  va V-V keltirilgan.

1-jadval

	O5	V0	A0	G‘0	G0	K0	M0	L	T
$T_e$	40 000	28 000	9900	7400	6030	4900	3480	1700	1300
V- U	-0.33	-0.31	0.00	0.27	0.57	0.89	1.45	(3)	(5)

#### v) Gersshprung-Rassel diagrammasi

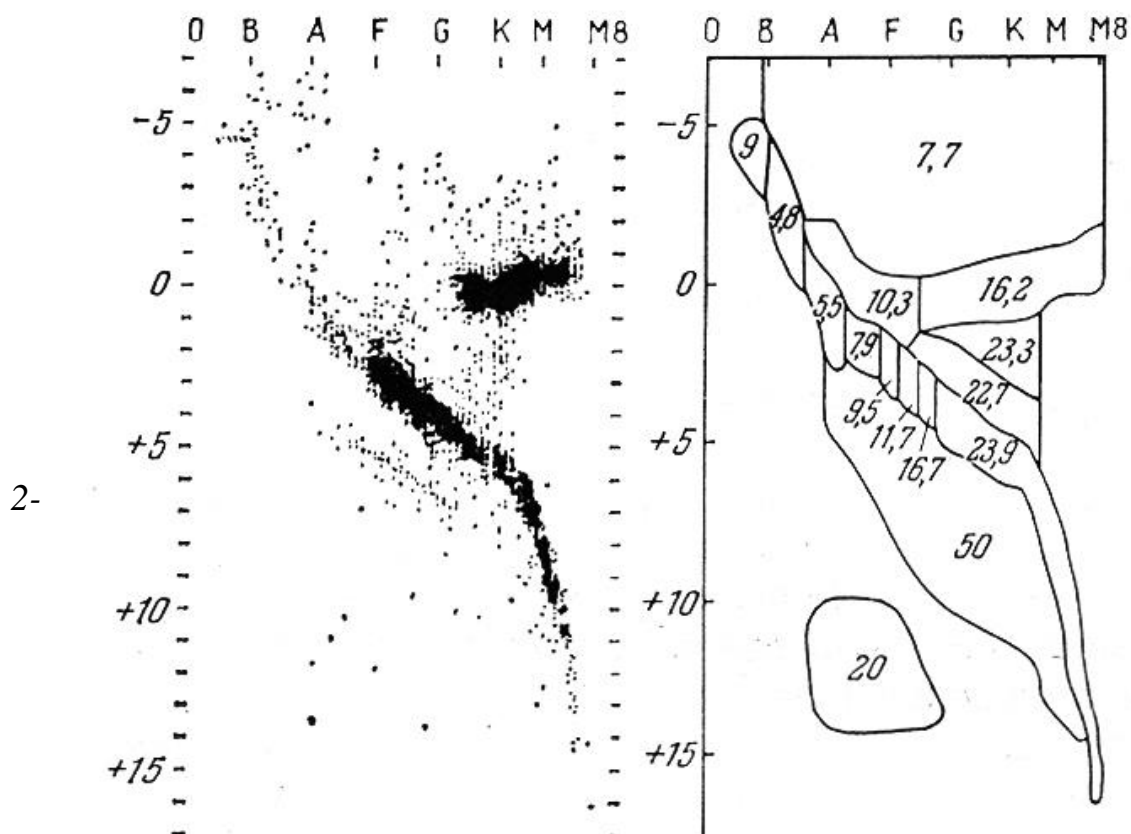
XX asr boshlarigacha bir nechta yulduz nuqz oqligi (yillik parallaksi) o‘lchanadivabsolyut kattaligi (M) hisoblab topiladi. Shupaytgakelibularning spektral sinflari ham aniqlanadi. 1905 – 1913 yillarda daniyalik E. Gersshprung (1873-1967) va amerikalik G.N. Rassel (1877-1957) bir biriga bog‘liq bog‘liq imagan holda yulduzlar diagrammasini tuzadilar. Ular ordinata o‘qibo‘ylab yulduzlarni absolyut kattaliklari absissa o‘qibo‘ylab spektral sinflarini qo‘yadilar.

Bunday diagramma dahr bir yulduz bittan uqtasifatida o‘rinegallaydi. “Gersshprung-Rassel diagramma” si nomi bilan fanga kirgan, bu diagramma 2-rasmda tasvirlangan<sup>31</sup>.

Diagrammada yulduzlar ma‘lum tartibda joylashadilar. Ko‘pchilik (90 %) yulduzlar diagrammani yuqori chap tomonidan boshlanib o‘ng past tomoniga cho‘zilgan ingichka sohada joylashadilar. Bu yulduzlarni bosh ketma-ketligi deyiladi. Diagrammani o‘rtasidan biroz chaproq va yuqoriroqda bir to‘da yulduzlar o‘rin egallaydilar. Ular gigant yulduzlar deb ataladi, chunki ular bosh ketma-ketlikdagi shunday spektral sinfdagi karlik (xira) yulduzlardan yuzlab marta yorqindirilar va bu ularning radiusi o‘nlab marta kattaligi bilan bog‘liq. Diagrammani yuqori qismidan yana ham katta ( $10^4$  marta) yorqinlikka ega yulduzlar o‘rin oladilar. Bunday yulduzlar o‘ta gigant deb ataladi va ular kamchilikni tashkil etadi.

<sup>31</sup>Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.





rasm-7. Gershprung-Rassel diagrammasi va ayrim yulduzlar guruhlarining fazoviy xarakteristik tezliklari

Diagrammani pastki chap yarim qismida qaynoq biroq shunday temperturadagi bosh ketma-ketlik yulduzlaridan yuzlab minglab marta kam yorqinlikka ega yulduzlar joylashadilar. Bu yulduzlar bosh ketma-ketlik yulduzlaridan o'nlab marta kichik bo'lganliklari uchun oq mittilar deb atalaganlar.

Karlik yulduzlar spektral sinfi oldiga kichik d (dwarf), subkarliklar- sd, gigantlar-g, o'ta gigantlar-sg yoki xarf qo'yib belgilanganlar. Masalan, sA yoki sgA-A sinfga mansub o'tagigant, gG-G sinfga kiruvchi gigant, sdM-M sinfga kiruvchi sub karlik, dG-G sinfga kiruvchi bosh ketma-ketlik yulduzi va wA-A sinfga kiruvchi oq mittilar. Bunday ajratishda spektral chiziqlarni kengligi va intensivligi asos qilib olingan. Bu belgilar oldin chiqqan jadvallar va kitoblarda uchraydi. Xozirgi zamonda ular qo'llanilmaydi. Ular o'rnida rim raqamlari I, II, III, IV, V, VI, VII bilan ifodalanadigan yorqinlik sinflari qo'llaniladi.

### 3.4. Yulduzlarni aylanishi va magnit maydoni

Quyosh o'z o'qi atrofida aylanadi va uning aylanish tezligi ekvatorida 2 km/s. Quyoshning umumiy magnit maydoni kuchlanganligi 0.5 gs ga teng va u o'zgaruvchan (22 yillik sikl)dir. Yulduzlar ham o'z atrofida aylanishi va uning tezligiga mos ravishda kuchlanganlikka ega o'zgaruvchan magnit maydon hosil qilib turishi kerak. Agar yulduz o'z atrofida aylanayotgan bo'lsa uning bir cheti bizga tomon harakat qilsa qarama-qarishi bizdan uzoqlashadigan harakat qiladi.

Demak yulduzning butun gardishi bo'yicha yig'indi nurlanish spektrida chiziqlar doppler effekti tufayli kengaygan bo'ladi. Shuning uchun bir xil sinfga mansub ikkita yulduz chiziqlari farqi ularni o'q atrofida aylanishi va magnit maydoni bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Haqiqatdan chiziqlar profilini o'rganish shuni ko'rsatdiki, O5-G'0 sinfga mansub bosh ketma-ketlik yulduzlari o'q atrofida aylanishi ekvatorida 300-400 km/s ga yetishi mumkin. G'5-M sinfga mansub yulduzlarniki 10 km/s dan oshmaydi. o'tagigant va gigant O-F yulduzlar bosh ketma-ketlik yulduzlariga nisbatan sekin aylansalar, G-M yulduzlar tez (100 km/s gacha) aylanadilar<sup>32</sup>.

Hozirgi zamon usullari yulduzlar magnit maydoni kuchlanganligi  $N > 200$  gs bo'lsa o'lchay oladilar. Yuzdan yulduz magnit maydonga ega ekanligi aniqlagan.

### 3.5. Yangi va o'tayangi yulduzlar

Qisqa vaqt (1-2 kun) ichida yorug'ligini minglab yoki millionlab marta oshirib yuboradigan, ungacha hech qanday ko'rsatgichi bilan ko'zga tashlanmagan, chaqnash paytida esa atrofidagi yulduzlar orasida yaqqol ko'rinadigan yulduz yangi yoki o'tayangi yulduz deb ataladi. Ma'lum vaqt davomida (o'nlab yillar) yangi oldingi holatiga qaytadi, o'tayangi o'rnida esa neytron yulduz hosil bo'ladi. Yangi va o'tayangi hodisasi nafaqat yorug'likni o'zgarishi bilangina farq qilmay balki, ular yulduz faoliyatida butunlay boshqa-boshqa jarayonlardirlar. Yulduz bir necha marta yangi sifatida chaqnashi mumkin, biroq bir marta o'tayangi sifatida chaqnaydi. Yangi yulduzlar qatori chaqnovchi mitti yulduzlarga ulanib ketadi.

Biroq ularni hosil qiladigan yulduzlar zich qo'shaloq bo'lishi ta'kidlanmoqda.

**a) yangi yulduzlar.** O va V sinfga mansub havo rang karlik chaqnash sifatida ko'rinadigan bunday yulduzlarni ikki guruhga bo'lish mumkin. Birinchi guruhga juda tez va tez yangilar kiradi, ularning so'nish fazasida yorug'ligini o'zgarish egrisi nisbatan tekis bo'lib (3-rasm) maksimumida absolyut vizual kattaligi  $M_V = -8 \div -14^m$  oraliqda bo'ladi. Yorug'ligini o'zgarish amplitudagi  $A = 11.9^m$  gacha yetadi. Ikkinchi guruhga past darajada tez va juda sekin yangilar kiradi. Ularning yorug'lik egrisi silliq bo'lmay ichki tuzilishga ega va har xil yangilarniki bir-biriga o'xshamaydi. Bunday yangilarning absolyut vizual kattaligi  $M_V = -6 \div -7^m$  oraliqda, yorug'ligini o'zgarish amplitudasi  $A = 9.2^m$ . Yangilar boshqa galaktikalarda ham kuzatiladi<sup>33</sup>. Masalan, Andromeda tumanlii (M 31)da 300 yaqin yangi qayd qilingan. Andromeda tumanligida va bizning Galaktikada (~200 ta) yangilar yulduz tizimning asosiy tekisligi yaqinida, tizim markazi tomon zichlashib boradigan holda kuzatiladilar. Yangining maksimumida absolyut vizual kattaligi ( $M_{V,max}$ ) bilan uni uch birlikka kamayishi uchun ketgan vaqt ( $t_3$ ) orasida quyidagi statistik bog'lanish topilgan:

---

<sup>32</sup> Бочкарев Н.Г.6 Магнитные поля в космосе, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 216 с.

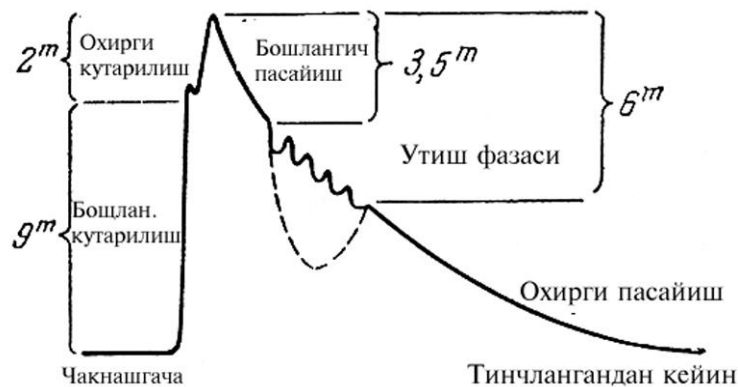
<sup>33</sup> Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.

$$M_{V,\max} = -11.75^m + 2.5 \lg t_3.$$

1975 y. Oqqushda kuzatilgan yangi uchun  $t_3 = 4.1^d$  va  $M_{V,\max} = -10.2^m$ . Ko'pchilik observatoriyalar ishtirokida o'tkaziladigan maxsus kuzatishlarda Andromeda tumanligida bir yilda 26 ta yangi qayd qilindi.

Yangilarni infraqizil (IQ) nurlarda kuzatishga ko'ra ayrim yangilarning IQ yorug' optik maksimumdan keyin kamayish o'rniga ortish ko'rsatadi. Misol uchun 1976 y. da chaqnagan NQV al yangining IQ ( $\lambda = 3.2 \text{ mkm}$ ) yorug'ligi 80 kun ichida  $3^m$  birlikka ortdi. Bu yangi atrofida hosil bo'lgan ( $T = 1000^\circ$ ) ulkan chang qobug' bilan bog'liq.

Chaqnash paytida maksimumgacha yangining spektri o'tagigantga xos xususiyatlari kuchaya boradigan normal yulduz spektridan iborat. Bu xususiyatlar spektral chiziqlarni juda ingichkalashib va keskinlasha borib namoyon bo'ladi. Bu yutilish chiziqlari spektrni binafsha qismi tomon siljigan va bu siljish kuzatuvchi tomon yo'nalgan birnecha yuz km/s tezlikdagi harakatga mos keladi.



8-rasm. Yangi yulduz yorug'ligini o'zgarish chizig'i shakli.

Maksimumdan keyin spektrda keskin o'zgarishlar ro'y beradi: qisqa to'liqlik tomoniga absorbsion (yutilish) chiziqlar yopishib turgan ko'plab emission polosa (tasma)lar paydo bo'ladi. Absorbsion chiziq'larga endi 1000 km/s dan ortiq harakat mos keladi. Maksimumdan keyin, yangi yorug'ligi 5-6<sup>m</sup> birlikkacha kamaygach tutash spektr juda xira, yulduzning spektri qaynoq gaz spektriga o'xshash emission chiziqlardan iborat. Bu paytda yangi spektri Volf-Raye yulduzlarinikiga o'xshaydi; chaqnashning oxirgi brsqichida emission chiziqlar yo'qoladi va yangi yorug'ligini pasayishiga mos keladigan tutash spektrga ega bo'lib qoladi.

Maksimumdan keyin yangi spektrini Volf-Raye yulduzlar spektriga o'xshashligi ularga qobug'i tez (1500 km/s gacha) kengayayotgan yuduz statusini berishga imkon beradi. Maksimumdan keyin yangi spektrida N, SaII, Ni, FeII, TiII, OI va Ci absorbsion chiziqlari kuzatiladi. Bu yangining bosh yutilish spektridir. Bulardan tashqari spektrda ta'qiqlangan chiziqlar [OI]  $\lambda\lambda 5577, 6300, 6363$ , [NII]  $\lambda 5755$  shuningdek kuchaygan HeI  $\lambda 5876$  chiziq kurinadi. Bosh spektr-diffuz-chaqmoq spektrga aylanadi (chiziqlar keng, yoyiq  $\nu_N 1500 \text{ km/s}$ ). Yagini yorug'ligi  $3.5^m$  birlikka pasaygach yangini yutilish spektri V sinfga mansub yulduzlarnikiga o'xshaydi. Bundan keyin yulduz o'tish fazasiga tushadi: bunda

yoki yulduz yorug‘ligi kichik tebranishlar ko‘rsata boshlaydi yoki  $5^m$  birlikka keskin pasayib ketadi. Bundan birnecha hafta keyin yulduz yorug‘ligi oldingi umumiy pasayish darajasigacha ko‘tariladi va yangini so‘nishi davom etadi. Spektrda yutilish chiziqlari yo‘qoladi, faqat keng emission chiziqlar qoladi. Yangi bu fazasi nebulyar (tumanlikka o‘xshash) faza deb ataladi va u yangi chaqnashdan avvaligi darajaga tushguncha davom etadi.

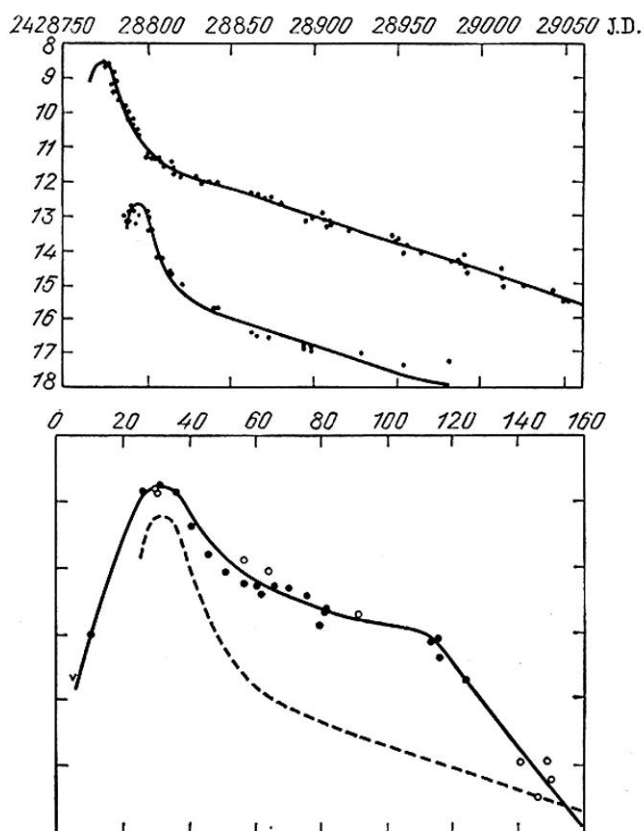
Yangi yorug‘ligi va spektrini o‘zgarishini “yulduz shishadi va yoriladi” deb tushuntirish mumkin. Haqiqatdan chaqnash boshlanishida uning yorug‘ligini ortishi va spektrini dyarli o‘zgarmasligini uning radiusini kattalashishi yoki yulduzni yetarli darajada qalin ( $r \gg 1$ ) qobug‘ qatlamini kengayishi bilan tushuntirish mumkin. Yulduz diametri Quyoshnikidan bir necha yuz marta kattalashgach, qobug‘ yupqalashadi va bir necha bulutsimon bo‘laklarga bo‘linib ketadi. Bu bo‘laklar yulduzdan barcha tomonga o‘zoqlasha boshlaydilar. Yulduzdan ketma-ket bir necha qobug‘ qatlamlar uzilib chiqadi va kenyadi. Yulduz atrofida tumanlik hosil bo‘ladi. Chaqnash natijasida yangi yulduzning  $10^4 - 10^5 m_{\odot}$  massasi fazoga uloqtirib yuboriladi, yoki uning atrofida gaz tumanlik hosil bo‘ladi.

Ayrim yangilar zich qo‘shaloq ekanligi aniqlangan. Misol uchun Gerkules yulduz turkumida 1934 y. da chaqnagan yangi NHer 1934 to‘silma qo‘shaloq bo‘lib yorug‘ligini o‘zgarish amplitudasi  $2^m$  birlik davri  $4^h 39^m$ –qisqa. Shunday ko‘rsatshichga ega yangilar T-Aur ( $B=4^h 54^m$ ), V603 Agl ( $3^h 20^m$ ). Bu yangilarni massasi kam degan xulosaga olib keladi:  $m=(0.87 \pm 0.33)m_{\odot}$

**b) O‘tayangi (SN) yulduzlar.** o‘tayangi (SN) chaqnashi natijasida ajralib chiqadigan energiya butun bir galaktika sochayotgan energiyaga yaqin bo‘ladi. 1885 yilda Andromeda tumanligida kuzatilgan N5  $6^m$  yulduziy kattalikka ega bo‘lgan. Solishtirish uchun Andromeda tumanligi yig‘ma yorug‘ligi  $4.4^m$ . Masimumda SN larni absolyut kattaligi o‘rtacha  $M_V = -15^m$ , ya‘ni yangilarnikidan  $7^m$  birlikka yuqori. Ayrim o‘tayangilar maksimumda  $M_V = -20^m$ ga yetadi bu Quyoshnikidan 10 mlrd. marta ortiq demakdir. Bizning Galaktikada oxiri 1000 yil ichida uch marta (1054 y. da Savrda, 1572 y. da Kassiopeyada, 1604 y. da Iloneltuvchida) SN chaqnagan. 1670 yilda Kasseopeyada chaqnagan o‘tayangi tasodifan qayd qilinmagan. Hozir bu yulduz atrofida gaz tumanlik kuzatiladi va kuchli radionurlanish (CasA) sochiladi<sup>34</sup>.

---

<sup>34</sup>T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume II, Cambridge University Press, 2010.



9-rasm. SNI(a) va SNII(b) turdagi o'ta yangilarni yorug'ligini o'zgarish chizig'i.

Boshqa galaktikalarda ko'plab SN kuzatilgan. o'rtacha har bir galaktikada 200 yilda bitta SN chaqnaydi. 1957-61 yillarda o'tkazilgan maxsus xalqaro patrul natijasida 42 o'tayangi kashf etildi. Hozirgacha o'tayangilar soni 500 dan oshdi.

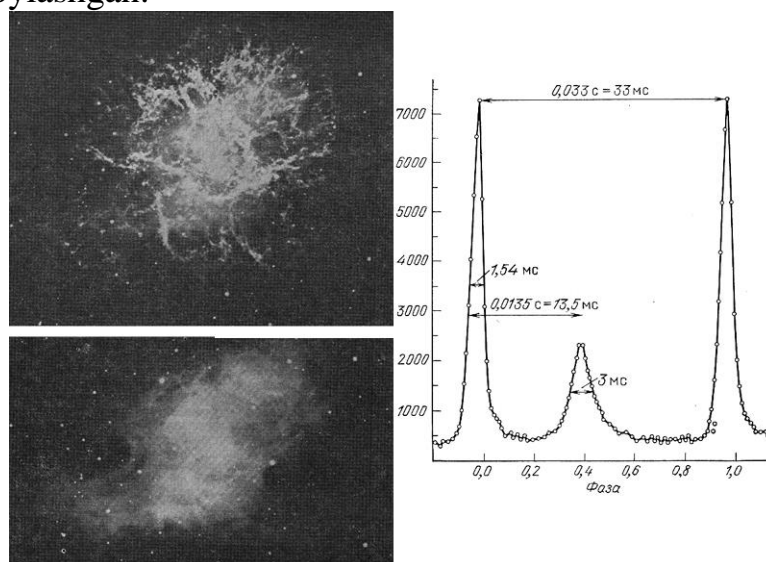
Yorug'ligini o'zgarish egrisiga ko'ra SN larni ikki turga bo'lish mumkin: SNI va SNII. SNI-maksimumi tez (bir havta) o'tadi va undan keyingi 25 kun ichida yorug'ligi kuniga  $0.1^m$  dan kamaya boradi. Shundan keyin yorug'ligini pasayishi sekinlashadi (4 rasm) va shu tarzda to yulduz qayd qilib bo'lmaydigan darajagacha xiralashguncha bir xil surat kuniga ( $0.014^m$  dan) bilan so'nadi. SN ni yorug'ligi eksponensial tarzda 55 kunda ikki marta kamaya boradi. Savr yulduz turkumida 1054 yilda chaqnagan yulduz maksimumida  $m_v = -5^m$  kattalikka yetgan va bir oy davomida kunduzi ko'ringan, u kechasi 2 yil davomida teleskopsiz oddiy ko'zga ko'rinib turgan. SNI maksimumda  $M_{Pg} = -19^m$ , yorug'ligini o'zgarish amplitudasi  $A = -20^m$ .

SNII-ning yorqinligi pastroq: maksimumda  $M_{Pg} = -17^m$ , (A-noma'lum) va shu darajada bir necha vaqt (20 kun) turadi. Undan 100 kun keyin har 20 kunda  $1^m$  birlikka kamaya boradi (4 rasmda b). SN lar galaktika tekisligi chegaralari yaqinida kuzatiladi. SNI-ixtiyoriy shakldagi galaktikalarda, SNII-faqat spiral galaktikalarda kuzatiladi.

SNI spektri yangilarnikidan butunlay farq qiladi. Spektridagi keng emission tasmalar hech bir element atomi chiziqlarga mos kelmagandan bu tasmalar chiziq emas balki tutash spektr sohalaridir. Ularni ajratib turuvchi qora sohalar kengaygan

va siljigan yutilish chiziqlari degan xulosaga kelindi (E.R. Mustel, Y.P. Pskovskiy, Rossiya). Bu qora tasmalarni tekshirish natijasida SNI paytida yulduzdan massasi  $0.3 m_{\odot}$  bo‘lgan qobug‘ ajraladi va  $15\,000\text{ km/s}$  tezlik bilan kengaya boshlaydi. Tezliklar keng oraliqni egallaydi. Qobug‘ bo‘laklarga ajralib ketgan. SNII-spektri oddiy yangi yulduzlar spektriga o‘xshash: qisqa to‘lqinli tomoniga yutilish chizig‘i yopishib turgan keng emission tasmalardan iborat. Vodород chiziqlari intensiv. SNI-vodorodi yonib tugagan yulduzlardir. SNII-esa yosh yulduzlardir<sup>35</sup>.

SN chaqnashi natijasida chaqnagan yulduz atrofida gaz tumanlik hosil bo‘ladi. SN 1054 -o‘rnida Qisqichbaqasimon tumanlik sifatida ko‘rinadi. SN 1054 va SN 1572 (Kassiopeya) o‘rnida hozirgi kunda kuchli radionurlanish manbalari (TauA va CasA) joylashgan.



10-rasm. Qisqichbaqasimon tumanlik va uning ichida kuzatiladigan pulsarning intensivligini o‘zgarish chizig‘i.

Qisqichbaqasimon tumanlik  $16^m$  kattalikdagi ichida qo‘shaloq yulduz joylashgan. Yulduzlarni bari quyi spektral sinfga mansub ikkinchisi esa juda qaynoq, kuchli ultrabinafsha rang ortiqlikka ega yulduz. Bu yulduz radio va rentgen diapozonlarda impulslar tariqasida nurlanish sochadi. Impulslar oralig‘i –davri  $0.033\text{ sek}$ . Bu neytron yulduz bo‘lib o‘q atrofida tez aylanishi (sekundiga 33 marta) natijasida pulsar sifatida ko‘rinadi. NP 0532 raqam bilan ro‘yxatga olingan bu pulsarni davri sistematik ravishda ortib bormoqda (aylanish tezligi kamaymoqda): 2500 yilda 2.7 marta. Bunday sekinlashuv energiyani  $10^{38}\text{ erg/s}$  ga kamayishini ko‘rsatadi. (Rasm-5).

### 3.6. Yulduzlar evolyusiyasi

Yulduzlarning fizik xarakteristikalarini, ichki tuzilishini va kimyoviy tarkibini vaqt bo‘yicha o‘zgarishi yulduzni evolyusiyasi yoki rivojlanish jarayonida o‘zgarishi deb ataladi. Statsionar holatdagi yulduz bu gidrostatik (gravitatsion kuch ichki bosim kuchiga teng) va energetik (atrofga sochilayotgan nuriy energiya yulduz o‘zagida ajralayotgan energiyaga teng) muvozanatdagi gaz (plazma) shar.

<sup>35</sup>Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

Yulduzni «tugʻilishi» bu atrof fazoga sochilayotgan energiyasini oʻzining ichki energiya manbai hisobiga toʻldirib turuvchi gidrostatik muvozanatdagi obyektning hosil boʻlishidir. Yulduzni «oʻlishi» bu tiklanmaydigan muvozanatni buzilishi yoki uni halokatli holatda siqilishidir<sup>36</sup>.

Yulduz sirtidan energiya sochilishi uning ichki qatlamlarini sovishi, uni siqilishi natijasida ajralib chiqayotgan gravitatsion potensial energiya yoki yadro reaksiyalar hisobiga roʻy berishi mumkin. Sovish va gavitatsion siqilish, masalan, Quyoshni 10 million yil hozirgi kundagidek nurlanish sochib turishi uchun yetadi. Holbuki, Quyosh bilan birga hosil boʻlgan Yerning yoshi 4.5 milliard yilga teng, demak uning energiyasi siqilish energiyasi emas.

Yulduzning evolyusiyasi boshidan oxirigacha kuzatib boʻlmaydigan juda uzoq davom etadigan jarayon. Shuning uchun, yulduz evolyusiyasini tekshirishda har xil massaga ega yulduzlarning ichki tuzilishi va kimyoviy tarkibini vaqt boʻyicha oʻzgarishini namoyish etuvchi evolyusion modellarni tuzish usuli qoʻllaniladi. Bu evolyusion modellar kuzatish natijalari, masalan, har xil evolyusiya bosqichidagi koʻplab yulduzlarning yorqinligi bilan temperaturasini bogʻlovchi Gershprung-Rassel diagrammasi bilan solishtiriladi va bu yulduzni evolyusion ketma-ketlikda oʻrnini aniqlashga yordam beradi. Bu usul yulduz toʻdalari (tarqoq va sharsimon) uchun qoʻllanilganda ayniqsa yaxshi natija beradi. Chunki toʻda aʼzolari bir vaqtda bir xil kimyoviy tarkibdagi tumanlikdan hosil boʻlganlar.

Yulduzlarni evolyusion ketma-ketliklari ularning ichida massani, zichlikni, temperaturani va yorqinlikni ifodalovchi differensial tenglamalarni gazlarning holat tenglamasi, energiya ajralish qonunlari, ichki qatlamlarni notiniqligini hisoblash formulalari va bu qatlamlarning kimyoviy tarkibini vaqt boʻyicha oʻzgarish tenglamalari bilan birgalikda yechiladi.

#### **a) yulduzlarni hosil boʻlishida gravitatsion siqilish bosqichi.**

Eng keng tarqalgan qarashga koʻra yulduzlar yulduzlararo muhitdagi moddani kondensatsiyalanishi natijasida hosil boʻladilar. Buning uchun yulduzlararo muhit ikki bosqichni oʻtishi zarur: zich sovuq bulut va yuqoriroq temperpturadagi siyraklashgan muhit. Birinchi bosqich yulduzlararo muhitdagi magnit maydonda Reley-Teylor noturgʻunligi tufayli roʻy bersa ikkinchisiga zich bulut moddasini kosmik va rentgen nurlar tomonidan ionlantirish natijasida roʻy bergan issiqlik noturgʻunligi sabab boʻladi. <sup>2</sup>aqiqatdan massasi  $M = (10^5 - 10^6) M_{\odot}$  ( $M_{\odot}$ - Quyosh massasi) teng, oʻlchamlar 10 – 100 parsek, zarra konsentratsiyasi  $n = 10^8 \text{ m}^{-3}$  boʻlgan chang+gaz komplekslar kuzatiladi. Bunday komplekslar siqilishi uchun ularda zarralarning gravitatsion bogʻlanish energiyasi zarralarning issiqlik harakati, bulutning yaxlit holda aylanish energiyalar yigʻindisidan kata boʻlishi kerak (Jins kriteriyasi). Agar faqat issiqlik energiyasi hisobga olinsa Jins kriteriyasiga koʻra hosil boʻlgan bulutning massasi

---

<sup>36</sup>Arnab Rai Choudhuri, *Astrophysics for Physics*, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

$$M > M_j \cong 150 T^{2/3} n^{-1/2} M_{\odot},$$

bo'lishi kerak. Bu yerda  $T$  - kelvinlarda hisoblangan temperptura,  $n$  – bir  $\text{sm}^3$  da zarra konsentratsiyasi. Gaz+chang bulutlar uchun hozirgi zamonda aniqlangan  $T$  va  $n$  larda ularning massasi  $M > 10^3 M_{\odot}$  bo'lishi kerak<sup>37</sup>.

Jins kriteriyasiga ko'ra massasi hozir ma'lum bo'lgan oraliqdagi ( $0.01 - 100 M_{\odot}$ ) yulduz hosil bo'lishi uchun siqilayotgan bulutda  $n = 10^3 - 10^6 \text{sm}^{-3}$  bo'lishi kerak. Bu gaz+chang bulutlarda kuzatilayotgandan  $10 - 100$  - marta ko'p demakdir. Biroq bunday zarralar konsentratsiya bulut o'zagida bo'lishi mumkin. Demak massiv bulutda ketma-ket ro'y beradigan bo'laklarga ajralish natijasida yulduz hosil bo'lishi mumkin. Bu yulduzlar to'da holda paydo bo'ladi, degan xulosa qilishga imkon beradi.

Keyinchalik kollaps natijasida yulduzga aylanadigan obyekt (bulut bo'lagi) protoyulduz deb ataladi. Bunda magnit maydonsiz va aylanmaydigan sferik simmetrik protoyulduz birnecha bosqichlarni bosib o'tadi. Dastavval birjinsli va izotermik bulut o'zining issiqlik nurlanishi uchun tiniq va kollaps energiya yo'qotish natijasida boshlanadi. Chang gaz zarralarini kinetik energiyasi hisobiga issiyboshlaydi va unda energiya issiqlik uzatuvchanlik natijasida tarqalaboshlaydi va protoyulduzni tashqi chegarasidan issiqlik nurlanishi sifatida fazoga sochiladi (energiya yo'qotish). Birjinsli bulutda bosim gradiyenti yo'q va siqilish erkin tushish sifatida boshlanadi. Siqilish boshlangandanoq bulutda tovush tezligida uning markazga tomon tarqaladigan siyraklashish to'liqini hosil bo'ladi. Chunki kollaps zichlik yuqori joyda tez, natijada protoyulduz kuyuq o'zakka va keng siyrak qobuqqa ajraladi. o'zakda zarra konsentratsiyasi  $10^{11} \text{sm}^{-3}$  ga yetgach u o'zining infraqizil nurlanishi uchun notiniqlashadi. o'zakda ajralayotgan energiya uning sirtiga nuriy yo'l bilan chiqaboshlaydi. Temperatura adiabatik ko'tarilaboshlaydi va bu bosimni ko'tarilishiga olib keladi va o'zak gidrostatik muvozanatga o'tadi. Qobuq moddasi o'zakka tushishini davom etadi va o'zak chetida zarb to'liqini hosil bo'ladi. Bu paytda o'zak parametrlari protoyulduz massasiga kam bog'liq va uning massasi, radiusi, zichligi, va temperaturasi quyidagicha

$$M_{o'} = 5 * 10^{-3} M_{\odot}, r_{o'} = 100 R_{\odot}, \rho = 2 * 10^{-10} \text{g/sm}^3, T = 200 \text{K}.$$

Qobug'dan o'zakka modda tushishi (akkreksiya) natijasida uning temperaturasi  $2000 \text{K}$  ga yetguncha adiabatik ko'tariladi. Temperatura  $2000 \text{K}$  ga yetgach vodorod molekulari parchalanaboshlaydi va adiabata ko'satqichi  $4/3$  dan kamayadi. Bu holatda bosimning o'zgarishi gravitatsiya kuchlarini yengishga yetmaydi. o'zak yana siqiladi (kollaps) va uning parametrlari endi quyidagicha

$$M_{o'} = 5 * 10^{-3} M_{\odot}, r_{o'} = 1 R_{\odot}, \rho = 2 * 10^{-2} \text{g/sm}^3, T = 2 * 10^4 \text{K}.$$

Qobug'dan o'zakka modda akkreksiyasi davom etadi, temperaturani ko'tarilishi davom etadi. Endi o'zakda vodorodni ionlanishi boshlanadi va yuqoridagi o'zakni qayta tuzilishi ro'y beradi.

<sup>37</sup>Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.



O‘zakniqobug‘ hisobiga kattalashuvi qobug‘da modda tugaguncha davom etadi. Qobug‘ moddasining bir qismi yulduzning nuriy bosimi tasirida fazoga tarqalib ketadi, o‘zak va qobug‘dan iborat yulduzlar IQ nur manbai sifatida kuzatiladi. Qobug‘ optik yupqa bo‘lgach protoyulduz yulduz maqomiga ega obyekt sifatida kuzatiladi. Ayrim massiv yulduzlarda qobug‘ o‘zakda yadro reaksiyalari boshlanguncha qoladi. Protyulduz kollapsi  $10^5 - 10^6$  yil davom etadi. o‘zak tomonidan yoritilayotgan qobug‘ qoldiqlari yulduz shamoli tasirida tezlatiladi. Bunday obyektlar Xerbig - Aro obektlari deb ataladi. Kam massadagi yulduzlar ko‘rinaboshlaganda ular Savrning T – si singari xususiyatlarga ega bo‘ladi.

Gidrostatik muvozanatdagi kam massaga ega yulduzlar o‘zagidan energiya konveksiya yo‘li bilan chiqadi. Massasi Quyoshnikining uchdan biridan ko‘p yulduzlar o‘zagida nuriy muvozanat qaror topadi. Massasi uch Quyosh massasidan ko‘p yulduzlar o‘zagida nuriy muvozanat tezda shakillanadi.

### b) yadro reaksiyalari asosida yulduz evolyusiyasi.

Dastlabki yadro reaksiyalar taxminan million K temperaturada deyteriy, litiy va bor ishi bilan boshlanadi. Bu elementlarni dastlabki miqdori shu darajada kam ularning yonishi amalda protoyulduz siqilishini to‘xtataolmaydi. Yulduz markazida temperatura  $\cong 10^7$  K ga yetganda va vodorodni yonishi boshlanganda uni gravitatsion siqilishi to‘xtaydi. Chunki faqat vodorodni yonish energiyasi yulduz fozoga sochayotgan energiyani to‘ldirib turish uchun yetarli. o‘zagida vodorodni yonishi boshlangan birjinsli yulduzlar G-D da dastlabki bosh ketma-ketlikni (BKK) tashkil qiladi. Massiv yulduzlar BKK ga kam massalilarga qaraganda tezroq tushadilar. BKK ga tushgandan boshlab yulduz evolyusiyasi yadrolarni yonishi asosida (yadroviy bosqichlar jadvalda keltirilgan) boradi.

2-jadval. Yadroviy yulduz evolyusiyasining asosiy bosqichlar

Yadroviy yoqilg‘i	Yonish mahsuloti	Yonish temperaturasi, K	Energiya chiqarish, erg/g	Energiyani olib ketuvchi zarra	Dovomiyligi, yulduz yoshi foizlarida
H	He	$(1-3) \cdot 10^7$	$7 \cdot 10^{18}$	fotonlar	$\cong 90 \%$
He	C, O	$2 \cdot 10^8$	$7 \cdot 10^{17}$	fotonlar	$\leq 10$
C	Ne, Na,	$1 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{17}$	neytrino	$< 1$
Ne	Mg	$1.3 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^{17}$	neytrino	$< 1$
O	O, Mg	$1.8 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{17}$	neytrino	$< 1$
Si	Si ÷ Ca Sc ÷ Ni	$3.4 \cdot 10^9$	$3.4 \cdot 10^{17}$	neytrino	$< 1$
Yadroviy yoqilg‘i	Yonish mahsuloti	Yonish temperaturasi, K	Energiya chiqarish, erg/g	Energiyani olib ketuvchi zarra	Dovomiyligi, yulduz yoshi foizlarida

Temperatura  $\leq 18 \cdot 10^6$  bo‘lganda proton-proton sikli, undan yuqori bo‘lganda

uglerod-azot sikli (CNO) asosiy energiya manbai bo‘ladi. Eng massiv yulduzlarda massaning 50% konveksiyalanadi. Vodorodni to‘la yonish vaqti massasi  $M \cong 1 M_{\odot}$  bir quyosh massasiga teng yulduzlarda  $10^{10}$  yil,  $M \cong 50 M_{\odot}$  - yulduzlarda  $3 \cdot 10^6$  yil. Jadvaldan ko‘rinib turipti, boshqa reaksiyalar hisobiga yulduzni yashash vaqti umumiy yashash vaqtini 10% dan oshmaydi. Shuning uchun G-D diagrammada ko‘pchilik yulduzlar o‘rni bosh ketma-ketlikdir (BKK). Vodorodni yonishi o‘zak moddasini o‘rtacha molekulyar massasi oshiradi, gidrostatik muvozanat uchun markazda bosim va temperatura ko‘tariladi, yorqinlik oshadi, qobug‘ tiniqlashadi. Katta miqdordagi energiya yo‘qotishni taminlash uchun o‘zak siqilaboshlaydi, qabug‘ esa kengayaboshlaydi. G-D diagrammada yulduz BKK dan o‘nga siljiydi. Massasi katta yulduzlar BKK ni birinchilar qatori tark etadi.  $M \cong 15 M_{\odot}$  yulduzlarni BKK da bo‘lish vaqti 10 mln yil,  $M \cong 5 M_{\odot}$  larniki - 70 mln yil va  $M \cong 1 M_{\odot}$  larniki 10 mliard yil.

v) **yulduz evolyusiyasining oxirgi bosqichi.** Massasi  $M > 5 M_{\odot}$  bo‘lgan yulduzlarning markaziy qisimlarida jadvalda ko‘rsatilgan barcha reaksiyalar ro‘y berishi mumkin. Temir o‘zakni hosil bo‘lishi ayrim hollarda undan ham oldin gidrostatik muvozanat yo‘qotilishi mumkin va gravitatsion kollaps ro‘y beradi. Kollaps natijasida zichlik  $10^{12} \text{ g/sm}^3$  ga yetadi va modda neytrallashadi<sup>38</sup>. Agar  $M < 2 M_{\odot}$  bo‘lsa aynigan gaz va  $\gamma = 5/3$  da bosim va tortishish tenglashadi. Aks holda kollaps cheksiz va yulduz qora o‘raga aylanadi. Kollaps to‘xtatilganda neytron yulduz sirtida zarb to‘lqin ro‘y beradi va u tashqi tomon tarqaladi va qobuqni uloqtirib yuboradi (o‘tayangi yulduz).

### 5.1. Yulduzlarning so‘nishi va kompakt obyektarning paydo bo‘lishi

Qora tuynuklar – bu fazo-vaqtning shunday soxasiki, kuchli gravitatsion maydon hisobiga u yerni xatto yorug‘lik tezligida xarakatlanuvchi zarralar, shuningdek yorug‘lik kvantlari ham tark eta olmaydilar. Ushbu sohaning chegarasi xodisalar gorizonti deb ataladi, uning o‘lchami esa gravitatsion radius deyiladi. Eng sodda holda – sferik-simmetrik qora tuynuklar uchun ushbu o‘lcham Shvarsschild radiusiga teng. Nazariy jixatdan bunday obyektarning mavjudligi Eynshteyn tenglamalarining ba‘zi aniq yechimlari tomonidan kelib chiqadi. Bunday yechimlarning birinchisi Karl Shvarsschild tomonidan 1915 yili topilgan<sup>39</sup>.

Zamonaviy fan bizga so‘nuvchi massiv yulduzlar bilan bog‘liq ko‘pgina hayratomus hodisalarni tanishtiradi. Ularni million yillar davomida saqlab kelgan yonilg‘isining yetarli bo‘lmay qolishi bilan yulduz ortiq muvozanat holatini saqlab qola olmaydi va o‘z og‘irligi ta’sirida markazi tomon siqiladi, ya’ni kollapsga uchraydi. Inson hayotiga o‘hshab yulduzlar ham o‘zining yashash sikliga ega. Ular chang bulutlarida tug‘iladi, o‘sadi va million yillar yorug‘lik sochib parlanadi va o‘ladi. Yulduz o‘zining dastlabki bosqichlarida hosil bo‘lgan vodoroddan, keyin bosqichlarda geliydan va nihoyat og‘ir elementlardan iborat ichki yonilg‘isi

<sup>38</sup>T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume II, Cambridge University Press, 2010.

<sup>39</sup> James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein’s General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

xisobiga yorug'lik sochadi. Har bir yulduz o'zining markazga tortuvchi gravitatsiyasi va unga qarama qarshi yo'nalishlardagi ichki bosim kuchlari bilan muvozanatga ega. Bu muvozanat yonilg'i temirga aylanadigan vaqtgacha saqlanadi. Gravitatsiya bosim kuchlaridan kattalashadi va yulduz siqila boshlaydi.

## **5.2. Oq mittilar, neytron yulduzlar va qora tuynuklar.**

Ma'lumki, yulduz energiya zahirasi juda katta bo'lishiga qaramay bu energiya vaqt o'tishi bilan bosqichma-bosqich yaroqsizlashib boradi. Yulduzlar xuddi insonlarga o'hshab yashaydi, qariydi va o'ladi. Ularning yashash vaqti-paydo bo'lganidan to yadro yonilg'i resurslari yulduz bo'lib nur sochib turishiga yetarli bo'lmay qolishigacha bo'lgan vaqtdir. Bu vaqt har bir yulduzning massasiga bog'liqdir. Xususan, eng yaqin yulduz- bu 5 milliard yillardan beri yadro sintezi jarayoni xisobiga hozirda o'zining aktiv bosqichida bo'lgan Quyoshdir va uning yonilg'i zahirasi yana 5 milliard yilga yetadi<sup>40</sup>. Quyosh o'z yonilg'isini sarflab tugatayotgan bosqichda o'zining gravitatsiyasi hisobidan Yer sayyorasi o'lchamidan katta bo'lmagan o'lchamgacha siqiladi. Bunda u xosil bo'lgan elektron gaz bosimi bilan muvozanatlashgandan so'ng siqilishdan to'htab oq mittiga aylanadi. Massasi Quyosh massasidan 3-5 marta katta bo'lgan Yulduzlar o'z umrini boshqacha-neytron yulduzlarga aylangan holda yakunlaydi, bunda gravitatsiya shunday kuchliki elektronlarni atom yadrosiga joylashtiradi. Endi ichki bosim kuchi elektron gaz bosimi emas balki neytronlar bosimi xisobiga gravitatsiya kuchlarini muvozanatlaydi va 10 km gacha siqilib boradi.

Yanada og'irroq va ko'proq vodorod yonilg'i zahirasi ega bo'lgan yulduzlar kuchli gravitatsiya kuchlari ta'siri ostida tez yonadi va yashash vaqti ham qisqa bo'ladi. Massasi jihatdan yirik bo'lgan yulduzlar tom ma'noda bir necha million yil davomida "yonib turadi", mayda yulduzlar esa yuzlab milliard yillar davomida "yashaydi". Shunday ekan, bu ma'noda bizning Quyosh "mustaxkam o'rta" likka kiradi.

Nazariy jihatdan yulduzlar dastlabki massalariga bog'liq holda uch hil ko'rinishda hayotini yakunlaydi: 1. Agar yulduz yadrosining dastlabki massasi Chandrasekar chegarasi deb ataladigan (tahminan) 1.4 Quyosh massasidan kichik bo'lsa qisqa vaqt qizil gigant holatidan keyin oq mittiga aylanadi. Oq mitti hoida bir kecha million yillar yashab sovuq qora mittiga, ya'ni haqiqiy kosmik o'lik jism- yulduzning murdasiga aylanadi. 2. Agar yulduzning dastlabki massasi Chandrasekar chegarasidan oshib Volkov chegarasi deb ataladigan tahminan 2-3 Quyosh massasidan katta bo'lsa, yadro yonilg'isining asosiy qismi kamayishidan keyin elektron gazning bosimi qarshilik qila olmagach gravitatsiya kuchlari ta'siri ostida tashqi qatlami yulduzning markaziga tushadi. Buning natijasida yulduz hajmi 100000 marta kamayadi, uning o'rtacha zichligi shuncha marta ortadi, radiusi esa atigi 10km atrofida bo'ladi. Deyarli shu bilan birgalikda yulduzning ustki qatlami portlash natijasida 10 000 km/s tartibidagi katta tezlik bilan har

---

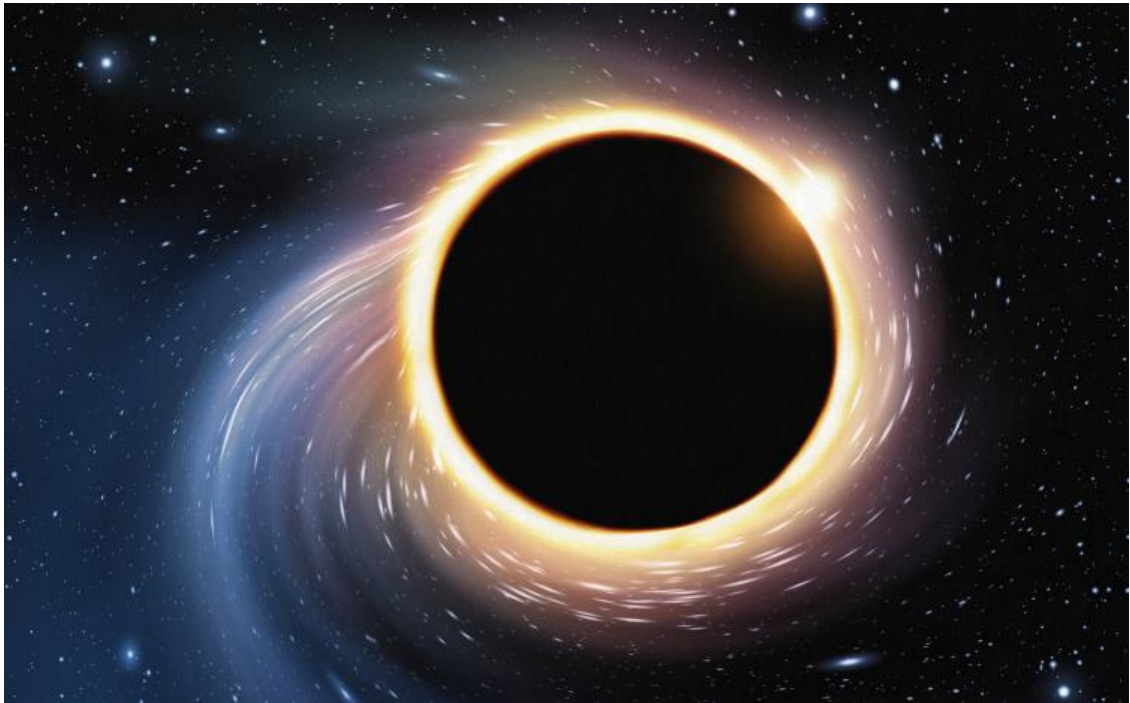
<sup>40</sup> Arnab Rai Choudhuri, *Astrophysics for Physics*, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

tomonga otilib ketadi. Bu hodisa markazida neytron yulduz hosil bo'lishi bilan yakunlanuvchi o'ta yangi yulduzning portlashidek kuzatiladi<sup>41</sup>. Bu Xitoy va Yapon tarixida aytib o'tilgan 1054 yilda xozirda markazida neytron yulduz joylashgan Kraborid tumanligi o'rnida yorqin yulduz kabi yarqirab, ikki hafta davomida hattoki kunduzlari ham ko'rinib turgan. 3. Kollapsga uchrayotgan yulduzning massasi kandaydir kritik qiymatdan katta bo'lsa (3 Quyosh massasidan) gravitatsiya shunchalik katta bo'ladiki buni hech narsa to'htata olmaydi. Gravitatsiya kuchlari yulduzni tashkil qiluvchi moddalarni shunday siqib boradiki bunda yulduz o'lchami eng kichik o'lchamgacha kichrayadi.



---

<sup>41</sup> Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.



1-rasm. Qora tuynuklarning rasmlari.

Bu uchala kompakt obyektlar oddiy yulduzlardan ikkita fundamental belgi bilan farqlanadi. Birinchidan, yadro yonilg'isini sarflab ular gravitatsion kollapsga termodinamik bosim hisobidan qarshilik ko'rsatadi. Oq mittilar gravitatsion kollapsiga elektron gaz bosimi bilan qarshilik qiladi, neytron yulduzlar- neytronlar bosimi bilan. Qora tuynuklar esa- o'zining gravitatsiya kuchlariga qarshilik qila olmasdan yanoga bir nuqtagacha siqilib borgan. Uchala kompakt obyektlar Koinotning yoshi tartibidagi davrda turg'un obyektlar hisoblanidi. Ularni yulduzlarning eng oxirgi bosqichidagi obyekt deb hisoblash mumkin. Ikkinchi farqi- oddiy o'zlarining massasi tartibidagi yulduzlarning o'lchamlariga nisbatan ancha kichikligidir<sup>42</sup>.

Bu uchala yulduzlarning oxirgi bosqichidagi obyektlardan eng birinchi bo'lib oq mittilar astronomik kuzatishlar natijasida topilgan. Oq mitti tajribada astronomlar bunday yulduz qanday qilib nur sochib turishini tushinidan oldin topilgan. 1914 yili amerikalik astronom Adams osmonimizdagi eng yorqin yulduz bo'lgan Siriusning yo'ldoshi Sirius V ning spektrini analiz qilayotib yuqori haroratga - Sirius yulduzining haroratiga yaqin haroratga ega va massasi Quyosh massasi tartibida bo'lsa ham radiusi Yer radiusidan kichik degan hulosaga keladi<sup>43</sup>.

Neytron yulduzlari tarixi esa aksincha, 1934 yil Baade va Svikki neytron yulduzlar –yuqori zichlikka, kichik radiusga va boshqa oddiy yulduzlarga nisbatan kuchli gravitatsiyaga ega bo'lgan yulduzlar g'oyasini taklif qiladi.

---

<sup>42</sup> L. Rezzolla, O. Zanotti, *Relativistic Hydrodynamics*, Oxford University Press, 2013, 752 p.

<sup>43</sup> T. Padmanabhan, *Theoretical Astrophysics, Volume I-III*, Cambridge University Press, 2010.

Neytron yulduzlar aslida astronomlar tomonidan kashf etilgunga qadar nazaraivotchilar tomonidan bir asr oldin qalam uchida kashf qilingan. Ularning astronomik kuzatuvlarda topilishi bunchalik kechikishining sababi tez oradi to'liq tushinarli bo'ldi. Agar kosmik jismning radiusi 10km bo'lsa hattoki ungacha masofa eng yaqin yulduzgacha (Quyoshdan tashqari) masofaga (10 yorug'lik yili) teng bo'lsa ham uni eng qudratli teleskop yordamida ham kuzatish mumkin emas. Va hattoki neytron yulduzgacha masofa mumkin qadar kichik bo'lsa ham! Bundan kelib chiqadiki neytron yulduzlarni optik usullar bilan kuzatishlar muvofaqqiyatga uchraydi.

Va birdan kutilmagan narsa sodir bo'ldi: neytron yulduzlari topildi. Ular tamoman qidirilmagan joydan, izlamagan odamlar tomonidan topildi. 1968 yil fevralida mashhur Nature ilmiy jurnali sahifalarida taniqli ingliz astronomi Xyush va uning hamkasblari tomonidan pulsardarning kashf etilishiga bag'ishlangan maqola paydo bo'ladi. Astronomiyaning XX asrdagi eng buyuk kashfiyoti 1967 yil Kembridje Universiteti Mallard radioastronomik observatoriyasida Djoselin Bell tomonidan ochilgan tez aylanuvchi neytron yulduzlar-pulsarlarning kashf etilishi bo'lgan. Bu pulsarlar radio diapozonda urganilgan<sup>44</sup>. Ularning ochilishi sharafiga Bell, Entoni Xyushlarga 1974 yil Nobel mukofoti berildi. Hozirgacha 2000 ga yaqin pulsarlar ma'lum, keyinchalik pulsarlar rentgen diapozonida va keyinroq faqat shu diapozonda ko'rinadigan gamma-pulsarlar ham aniqlandi.

Yulduzni shunday radiusgacha siqib boramizki, bunda undan fazoga yorug'lik tarqilmaydi. Bu radius Shvarsshild radiusi deyiladi. Quyosh uchun bu 3 km atrofida. Agar Quyosh ham 3 km va undan kichik o'lchamgacha siqilsa yorug'lik nurlari Quyosh tashqarisiga chiqa olmaydi. Qora tuynukga aylangan osmon jismlari Koinotda yo'qolib ketmaydi. U o'zi haqida tashqi olamga o'zining gravitatsiyasi hisobidagina ma'lumot beraldi. Qora tuynuk yaqinidan o'tgan yorug'likni yutadi (u Shvarsshild radiusidan kichik masofalargacha yaqinlashsa) va yonidan o'tayotgan nurlarni sezilarli masofalargacha og'diradi.

O'ta og'ir yulduzlar oq mitti ham neytron yulduz ham bo'la olmaydi, chunki ularning ichki bosimlari gravitatsiyani kompensatsiya qilishga yetarli emas. Hattoki boshqacha ko'rinishdagi bosimlar kuchga kirgan taqdirda ham gravitatsion kollaps baribir qaytmas bo'lib qolaveradi. Gravitatsiya hal qiluvchi kuch bo'ladi, natijada yulduzning yakuniy holati (hodisalar gorizonti bilan o'ralgan singulyar nuqta) faqtgina Eynshteynning gravitatsiya nazariyasi yordamida yoritiladi. Shunday qilib, qora tuynuklar Koinotdagi jumboqli xususiyatga ega bo'lgan sirli obyektlardan biri. Ma'lumki, qora tuynuk fazo-vaqt sohasi deyiladi, gravitatsiya maydoni shunchalik kuchliki, hattoki yorug'lik ham bu sohani tashlab chiqib keta olmaydi. Bu jism o'lchami uzining gravitatsion o'lchamidan kichik bo'lganda sodir bo'ladi. Gravitatsion radius Quyosh uchun 3km, Yer uchun esa 9mm atrofida. A. Eynshtenning umumiy nisbiylik nazariyasi qora tuynuklarning ajabtovur xususiyati-qora tuynuk uchun muhim bo'lgan xodisalar gorizonti

---

<sup>44</sup> Бочкарев Н.Г.6 Магнитные поля в космосе, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 216 с.

mavjudligini ko'rsatadi. Qora tuynuk xodisalar gorizonti ichkarisi tashqi ko'zatuvciga ko'rinmaydi, xamma jarayonlar xodisalar gorizonti tashqarisida sodir bo'ladi. Shu sababdan, xodisalar gorizontiga erkin tushayotgan fazogir extimol tamoman boshqa Koinotni va hattoki o'z kelajagini ham ko'rishi mumkin. Bu shuni bildiradiki, qora tuynuk ichkarisida fazo va vaqt koordinatalari o'z o'rnini almashtiradi va biz qora tuynuk ichida (xodisalar gorizonti ichkarisida) fazo bo'yicha emas balki vaqt bo'yicha sayohat qilamiz.

Qora tuynuklarning bunday g'ayri oddiy xususiyati ko'pchilikka shunchvki fantastika bo'lib tuyiladi va ularning mavjudligiga shubha paydo bo'ladi. Ammo shuni ta'kidlash joizki, eng yangi kuzatuv ma'lumotlariga ko'ra qora tuynuklar haqiqatan ham mavjud. Masalan, XXI asr bo'sag'asida bizning galaktikamiz markazida o'ta og'ir, massasi 4 million Quyosh massasiga teng bo'lgan qora tuynuk mavjudligi topildi. Bu- qora tuynuklar va ularning xususiyatlari izlanishidagi yangi bosqich keldi va yaqin kelajakda ushbu sohada ilmiy tadqiqotlar sezilarli darajada rivojlanishga erishishimizga olib kelishi kerak degani<sup>45</sup>.

Shu o'rinda birinchi navbatda mashhur fizik, astrofizika va nazariy fizika sohasida ko'pgina yorqin ishlar muallifi, bir vaqtlar Isaak Nyuton va Pol Diraklar raxbarlik qilgan Kembrij Universiteti kafedrasida a'zosi Stiven Xokingni ta'kidlab o'tish joiz. Uning izlanishlarining asosiy obyekti bu qora tuynuklar fizikasidir. Uning asarlari orasida "Vaqtning qisqacha tarixi" kitobi eng sodda tilda fizikaning qiyin va dolzarb muammolarini hammaga tushinarli qilib yozilgan. Bu Xoking haqida hammasi emas. U juda og'ir kasal bo'lib uning xozirda faqatgina ikkita o'ng qo'l barmoqlari harakati saqlab qolingan va oxirgi 30 yil davomida gapirishdan ham mahrum bo'lgan. U atrofida bilan nutq sinezatori va kompyuter yordamida gaplashadi. Shunga qaramasdan, u foal va dohiyona ilmiy izlanishlar olib bormoqda.

1974 yilda Stiven Xoking qora tuynuklar atrofida vakuumdan zarralarning paydo bo'lishi ko'rib chiqadi. Uning hisoblashlari shuni ta'kidlaydiki aylanuvchi qora tuynuklar nurlanadi va bu qora tuynuk aylanishini sekinlashtiradi. Bu nurlanish spektri issiqlik nurlanishiga mos kelishi aytib o'tadi. Biroq natijalar yarim klassik usulda olingan, aslida gravitatsiya maydoni umumiy nisbiylik nazariyasi tenglamalari bilan, qora tuynuk yaqinidagi vakuum kvanlangan maydon nazariyasi bilan yoritilishi kerak<sup>46</sup>. Ko'pchilik olimlar Xoking ikkita nazariyani birlashtirib xatoga yo'l quydi deb xisoblashadi. Uning qora tuynuklar uchun oldin qabul qilingan barcha qonunlarni buzadi. Keyinroq esa Xoking haq bo'lib chiqadi va uning natijalari egrilangan vaqt-fazodasigi kvanlangan maydonlarning qonunlari ko'rinishida rasman qobul qilindi. Shu sababdan gravitatsion, elektromagnit va boshqa turdagi nurlanishlarni kvanlangan maydonlar deb qaraladi. Boshqacha so'z

---

<sup>45</sup> James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

<sup>46</sup> T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.

bilan aytganda to‘lqinlar qanchalik kvant mexanikasi tenglamalari bilan yoritilmasin, ular o‘zini bir vaqtning o‘zida ham to‘lqin ham zarradek tutadi.

Shuningdek, Xoking xisob kitoblari qora tuynuklarning nurlanishini ham ko‘rsatadi. Portlashdan xosil bo‘lgan yangi obyekt juda kichik haroratga ega bo‘ladi ( $3 \cdot 10^{-8}$  K dan kichik), Qora tuynukning siqilishi uchun esa  $10^{67}$  yildan ko‘proq vaqt kerak bo‘ladi. Siqilish natijasida uning harorati oshib boradi, nurlanishlar ham kuchayadi va “bug‘lanishi” tezlashadi. Nihoyat massasi bir necha million tonnagacha kamayganida va uning hodisalar gorizonti radiusi atom yadrosi o‘lchamiga teng bo‘lib, u juda katta (yuzlab million K) haroratgacha qiziydi.

Xoking xisolashlaridan yana shuni ko‘rish mumkin: agar qora tuynuk to‘liq nurlanib ketsa, uning holati to‘g‘risida ma‘lumot uzoqdagi kuzatuvchi uchun butunlay yo‘qoladi. Bu klassik nazariya doirasida to‘g‘ri. Boshqa tomndanqora tuynukning “bug‘lanishi” xisobidan yo‘qotilgan axborot kvant mexanikasining axborot mavjudligining to‘g‘risidagi unitarlik tamoyiliga zid va uni aniqlash qiyin. Faraz qilaylik, bizda ikkita o‘ng qizil paypoq va chap ko‘k paypoq bor. Agar biz chap ko‘k paypoqni qora tuynukga tashlasak va kimdir o‘ng qizil paypoqni juftisiz topib olsa va u o‘ylaydiki chap qizil paypoqni qora tuynukga tashlagan deb taxmin qiladi ya‘ni modomiki hech qanday axborot qora tuynukdan chiqib ketolmas ekan uzoqdagi kuzatuvchi uning ichida nima borligini bila olmaydi<sup>47</sup>.

Shunday qilib, qora jismning nurlanishi uning ichki tuzilishi to‘g‘risida hech qanday axborot olib chiqmaydi, demak Xokingning kashfiyoti ham qora tuynukga tushib qolgan jism haqida biror narsa bilishimizga yordam bera olmaydi. Boshqa so‘z bilan aytganda, Xoking takidlayotgan qora tuynukning nurlanishi uning ichki tuzilishi to‘g‘risida bizga ma‘lumot bermaydi. Bu Xoking tomonidan kiritilgan axborotni yo‘qolish paradoksi deyiladi. U shuni ta‘kidlaydiki, bizning Koinotdan axborot yo‘qolar ekan boshqa joyda paydo bo‘ladi. Lekin, kvant nazariyasiga binoan qora jismga yutilgan axborot to‘la yo‘qoladi<sup>48</sup>.

Hulosa o‘rnida shuni takidlash joizki, qora tuynuklar– o‘zida ko‘plab sinoat yashirib kelayotgan Koinotning jumboqli obyektlaridir. Ko‘pgina baxs va munozalarga sabab bo‘layotgan ko‘p sonli paradoks va muammolarga qaramasdan ishonch bilan aytish mumkinki, hozirda javobsiz qolayotgan savollar kelajakda o‘z javobini topadi.

### **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.

---

<sup>47</sup> L. Rezzolla, O. Zanotti, *Relativistic Hydrodynamics*, Oxford University Press, 2013, 752 p.

<sup>48</sup> Max Camenzind, *Compact Objects in Astrophysics*, Springer, 2007, 682 p.



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: YUQORI ENERGIYALAR FIZIKASI VA ZAMONAVIY EKSPERIMENTLAR**

### **REJA**

- 4.1. Zanjir reaksiyalar
- 4.2.  $\gamma$ -jarayon
- 4.3. Teleskoplar. Yorug'lik saralagichlari . Spektral apparatlar

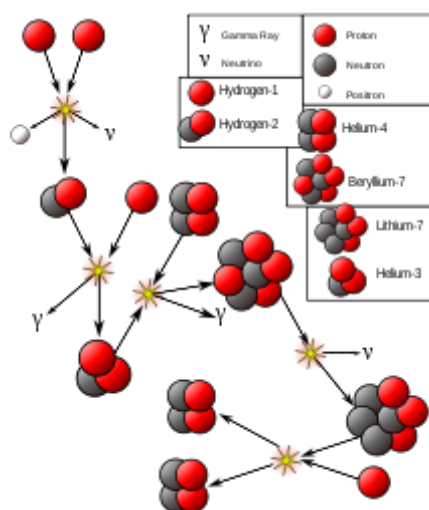
## 4.4. Radioteleskoplar

### 4.1. Zanjir reaksiyalar

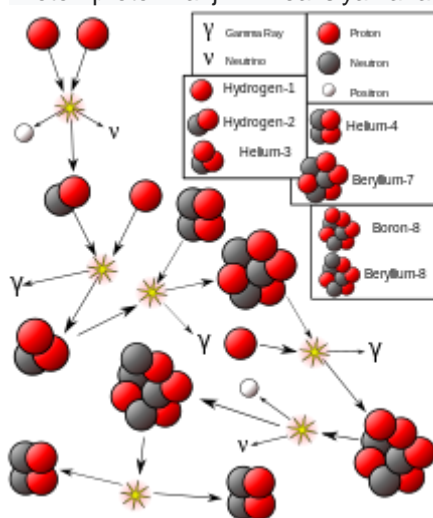
rr-zanjir reaksiyasi yulduzlardagi vodorodning geliyga aylantiradigan reaksiyalardan biri. Bu zanjir reaksiyasi massasi Quyosh massasiga teng yoki undan kichik bo'lgan yulduzlarda sodir bo'ladi. Boshqa ya'ni massasi Quyosh massasidan deyarli 1.3 marta katta bo'lgan yulduzlarda esa *SNO-sikllari* rotonlarni geliyga aylanishini ta'minlaydi.

Asosan, proton-proton reaksiya ularning kinetik energiyasi ya'ti harorati elektrostatik potentsiyal energiyada katta bo'lgandagina sodir bo'ladi.

Quyoshda deyteriy hosil bo'lishi jarayonlari juda qaynoq kechadi. Ularning yashash vaqti- paydo bo'lganidan to yadro yonilg'i resurslari yulduz bo'lib nur sohib turishiga yetarli bo'lmay qolishigacha bo'lgan vaqtdir. Bu vaqt har bir yulduzning massasiga bog'liqdir. Xususan, eng yaqin yulduz- bu 5 milliard yillardan beri yadro sintezi jarayoni xisobiga xozirda o'zining aktiv bosqichida bo'lgan Quyoshdir va uning yonilg'i zahirasi yana 5 milliard yilga yetadi.

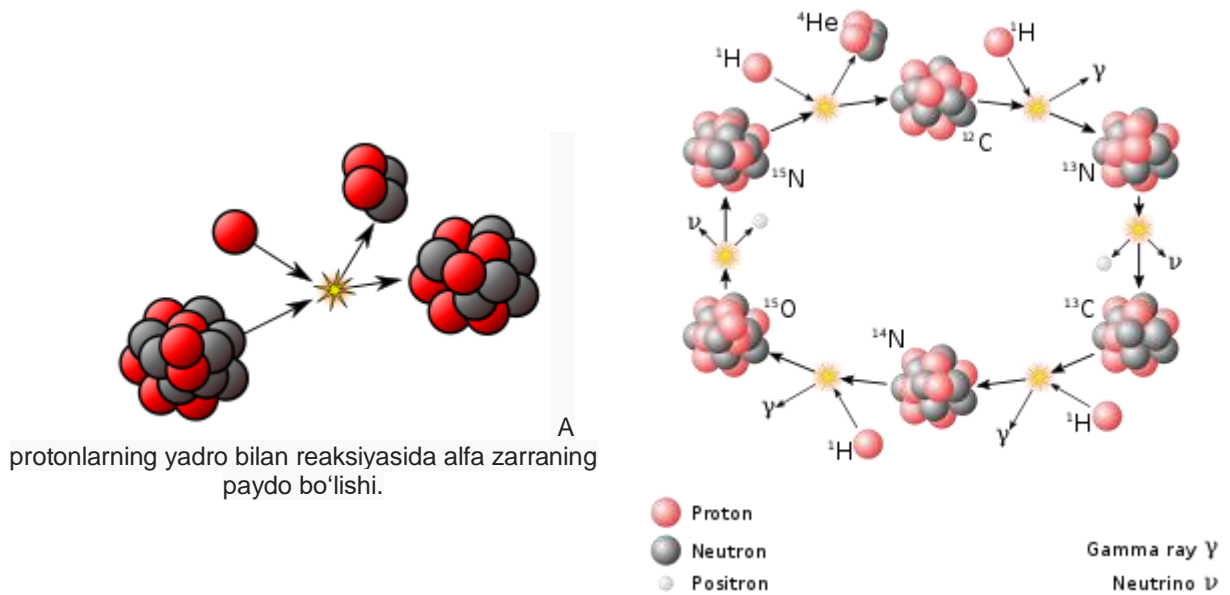


Proton-proton zanjiri 1- reaksiya kanali

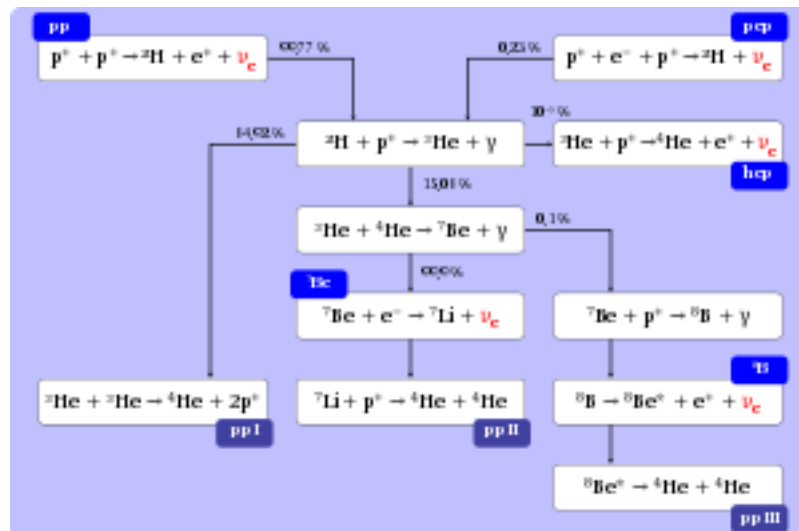


Proton-proton zanjiri 2- reaksiya kanali

*SNO-sikli* (carbon–nitrogen–oxygen, «uglerod-azot-kislorod») bu protonlar ishtirokida yulduzlardagi vodorodning geliyga almashini bilan kechadigan zanjir reaksiyalarning biri hisoblaniladi. *SNO-siklik* katalizator sikli bo‘lib, u odatda massasi Quyosh massasidan 1.3 marta katta bo‘lgan yulduzlardagina uchraydi. Ushbu siklda 4 ta proton uglerod, azot, yonishi natijasida



*SNO-siklining* sxematik ko‘rinishi.

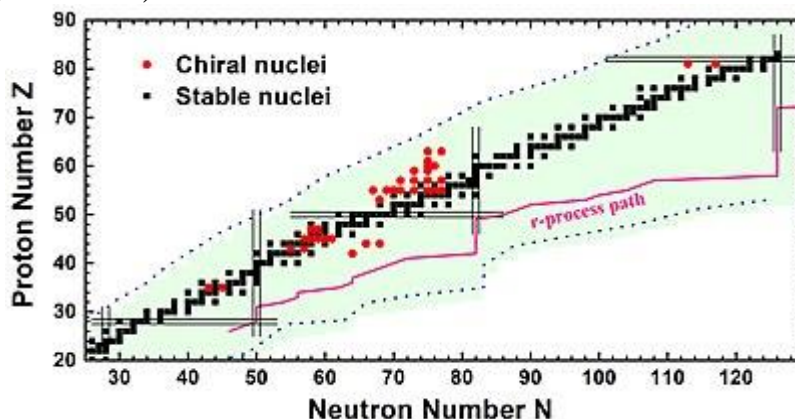


Yulduzlardagi proton-proton reaksiyasi va elektron kamralishi kanallari.

## 8.2. *r*-jarayon

Ushbu jarayon tez neytronlar qamralishi orqali kechadi va shuning uchun *r*-jarayoni (rapid-tez) deb ataladi. Aslida, *r*-jarayoni bu yadro astrofizikasida temirdan og‘ir elementlar paydo bo‘lishini ta‘minlaydigan yadro reaksiyalarning deyarli yarmidir. Ko‘pchilik hollarda bu jarayon o‘zining jadalligiga erishadi atom

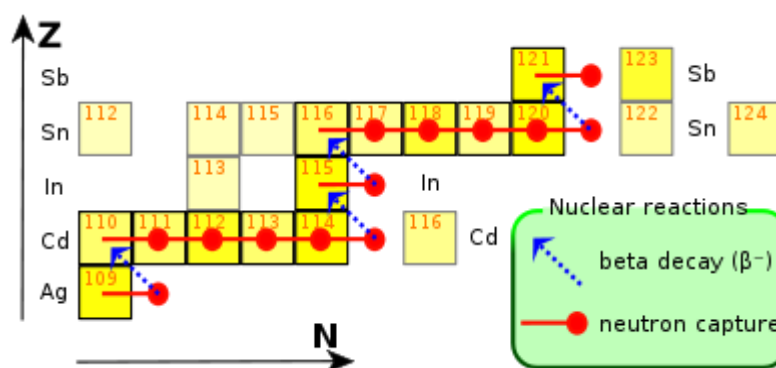
og'irligi  $A = 82$  (elements Se, Br and Kr),  $A = 130$  (elements Te, I, and Xe) va  $A = 196$  (elements Os, Ir and Pt) elementlari uchun.



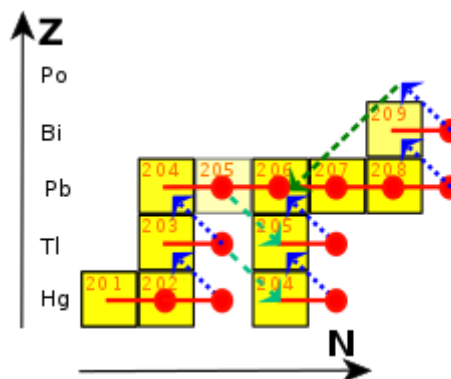
$r$ -jarayonining neytron yulduzlar to'qnashuvi yoki supernovaye portlashida sodir bo'lishining sxematik ko'rinishi. Neytronlar beta yemrilishga qaraganda yadroda tezroq yutiladi.; bu ushbu jarayonning neytronga boy yadrolar hosil bo'lishiga yordam berishini ko'rsatadi. Bu yerda kutish nuqtalari sehri raqamlari  $N = 50, 82, 126$ .

### s-jarayon

ushbu jarayon sekin yadro reaksiyalarida neytronlarni qamralishi bilan kechadigan jarayon bo'lib asosan asimtotik gigant branch yulduzlarda kuzatiladi. S-jarayon yadrosintez reaksiyalarda temirdan og'ir elementlarning paydo bo'lishiga javob beradi.



$s$ -jarayonining Ag dan to Sb gacha kechishi.



$s$ -jarayoni xirgi bosqichining sxemasi. Qizil gorizontol katta nuqtali chiziqlar neytron qamralishga uchrab tugaydi. Ko'k uzuk chiziqlar esa betta parchalanish

orqali o'rishni ko'rsatsa, yashillari alfa parchalanish orqali o'tishlar. Havoranglari esa elektron qamralish bilan boradigan reaksiyalarni tasvirlaydi.

### **4.3. Teleskoplar**

1609 yilda Galiley teleskopni ilk bor astronomik kuzatuvlarda qo'llagandan so'ng bu kuzatuvlarning imkoniyatlari nihoyatda ortdi. O'sha yil fanda yangi davrdan, ya'ni, teleskopik astronomiya davri boshlanishidan darak berdi. Xozirgi tushunchalarga ko'ra Galiley teleskopi unchalik yaxshi, mukammal bo'lmasada, o'z zamondoshlariga u ajoyib mo'jiza bo'lib tuyulardi. Boshqa ko'pgina buyuk kashfiyotlar singari teleskopning ixtiro qilinishi tasodifiy bir hol bo'lmagan, u fan va texnikaning avvaldan rivojlanishi tufayli tayyorlanib kelingan.

Teleskop uchta asosiy vazifani bajaradi, bular: 1) osmon obyektlardan kelayotgan nurlanishni to'plash va qabul qilgichga (ko'z, fotografik plastinka, spektrograf va h.k.) yo'naltirish; 2) o'zining fokal tekisligida obyekt yoki osmonning ma'lum sohasining tasvirini tuzish; 3) biri biriga yaqin burchak masofada joylashgan, binobarin, qurollanmagan ko'z bilan ajratib bo'lmaydigan obyektlarni ajrataolishga ko'maklashish.

Linzali obyektivga ega teleskop refraktor, ya'ni, sindiruvchi teleskop deyiladi. Turli to'lqin uzunlikdagi yorug'lik nurlari obyektivdan o'tishda turlicha singani tufayli yakka linza bo'yalgan tasvirni beradi. Bu hodisa xromatik aberrasiya deyiladi.

Astrofizik tadqiqotlarda eng muhimi - o'rganilayotgan to'lqin uzunliklariga teleskopning optikasi hech qanday chegaralashlar qo'ymasligi lozim. Chu bilan birga, shishadan yasalgan linzalar ultrabinafsha va infraqizil nurlanishlarni yutib qoladi. Fotografik emulsiyalar va fotoyelementlar ko'zga nisbatan spektrning kengroq sohasiga sezgirroq bo'lgani uchun bu qabul qilgichlardan foydalanganda xromatik aberrasiya o'z ta'sirini kuchliroq o'tkazadi.

Chunday qilib, astrofizik tadqiqotlar uchun reflektor kerak bo'ladi, u astrofizikaning asosiy asbobi bo'lib qoldi. Astrometrik ishlarda avvalgidek refraktorlar qo'llaniladi.

Parabolik ko'zguli reflektor optik o'qqa yaqin tevarakda tasvirni tiniq qilib tuzadi. Optik o'qdan uzoqlashgan sari buzilishlar (optik o'qdan tashqari aberrasiyalar) yuzaga kela boshlaydi. Chuning uchun bitta parabolik ko'zguga ega reflektor osmonning katta sohaslarini tasvirga olishga imkon bermaydi, bu esa yulduzli to'dalar, galaktikalar va galaktikalardan tashqari tumanliklarni tadqiq qilishda zarur. Chuning uchun katta ko'rish maydonni talab etadigan kuzatuvlarda qurama, ya'ni, ko'zgu va linzalardan iborat teleskoplardan foydalaniladi, ularda ko'zguning aberrasiyasi yupqa linza orqali tuzatiladi.

#### **Teleskopning ajrata olish kuchi**

Cheksiz uzoqlashgan yorug'lik manбайдan kelayotgan yassi to'lqin obyektiv yoki ko'zguga tushganda, uning chetida difraksion hodisalar yuzaga keladi, natijada obyektiv fokusida yoritilib turgan nuqta tasviri emas, balki murakkab difraksion tasavvur hosil bo'ladi. Buni tadqiq qilinayotganda obyektivning bo'sh tuynugi

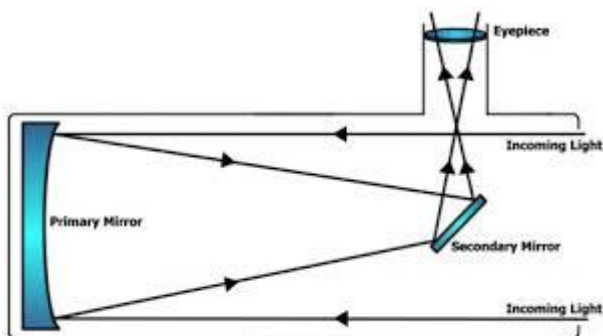
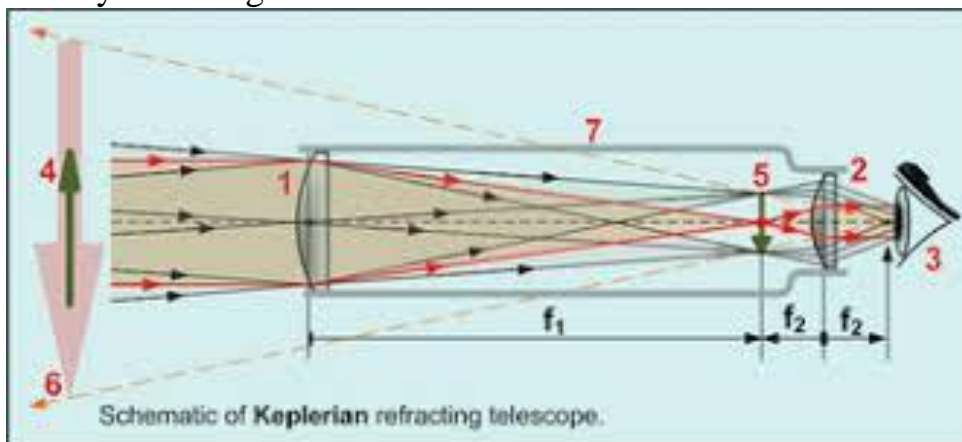
aylana shaklga ega bo'lganda eng qiziqarli holdir. Undan, nuqta tasviri sekin astalik bilan intensivligi kamayib boruvchi halqalar bilan o'ralgan dumaloq disk shaklida bo'lganligi ko'rinib turadi.

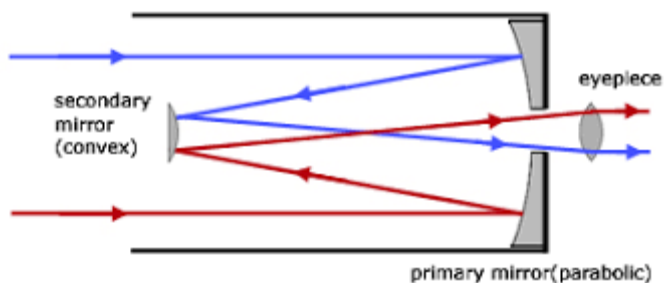
Difraksiya hodisasi teleskopning ajrataolish kuchini chegaralab qo'yadi. Haqiqatdan ham, agarda ikkita yulduz orasidagi  $\alpha$  burchak masofa  $2\alpha$  dan kichik bo'lsa, ularning difraksiyon diskleri qisman ustma-ust tushadi. Yuqoriroq kattalashtirishdan foydalanish kattalashgan holdagi aynan shu manzarani ko'rsatadi.

### Atmosferadagi turbulent harakatlar

Yor atmosferasida bir xil zichliklarga, binobarin, bir xil sinish koeffitsiyentga ega qatlamlar odatda bir-biriga parallel joylashmaydilar, ular turg'un emas, va xatto uncha katta bo'lmagan maydondagi chegaralarini ham tekislik ko'rinishida tasavvur etib bo'lmaydi. Atmosferaning optik xususiyatlari orasidagi uzilishlari tufayli yorqinlik to'lqinlarining sinishi, shuningdek, difraksiya ham sodir etilishi g'alayonlangan dengiz sathini eslatadi, yulduzdan obyektivga yetib kelgan yassi yorug'lik to'lqini ham xuddi shunday to'lqinlangan shaklga kiradi. Buning natijasida 3 xil effekt paydo bo'ladi:

- 1) teleskopning ko'rish maydonidagi tasvirning tezkor va sekin kechuvchi, ya'ni, 1 gersdan 1000 gersgacha chastotasi bilan to'lqinlanishi kuzatilishi;
- 2) yulduzlarning 2000 gersgacha chastotasi bilan rangi va ravshanligi o'zgarishi, ya'ni, miltillashi;
- 3) yulduz diskining chegaraviy o'lchamlari vaqt bo'yicha o'zgarishi va ayrim hollarda yulduzning difraksiyon diskini o'lchamidan ham ancha kattalashib ketishi.





Optich teleskoplarining sxematik ko'rishini

### 1. Yorug'lik saralagichlari

Yorug'lik saralagichide belektr tebranishlar spektrining ma'lum sohasini o'tkazadigan, boshqa spektral sohalarni nurlanishlarini o'tkazmaydigan optik muhitga aylantiriladi.

Yorug'lik saralagichi oddatda yassi-parallel plastinka ko'rinishidagi shakllantiriladi, u obyektiv oldiga qo'yishga mo'ljallansa, o'tayuq orianiqlikda tayyorlanishi lozim, agar da nurlanish qabul qilgichi, masalan, ko'zyokifoto plastinka oldiga qo'yilsa, uni tayyorlashda katta aniqlik talab etilmaydi.

Yorug'lik saralagichlari qattiq hamdasuyuq bo'ladi.

Oddiy optik shisha yorug'lik saralagich sifatida ishlatilishi mumkin,

chunki to'lqin uzunligi 0,3 mikrometrga ultrabinafshan nurlanishini to'lqin uzunligi 3 mikrometrdan kattabo'lgan infragizil nurlanishini deyarli o'tkazmaydi,

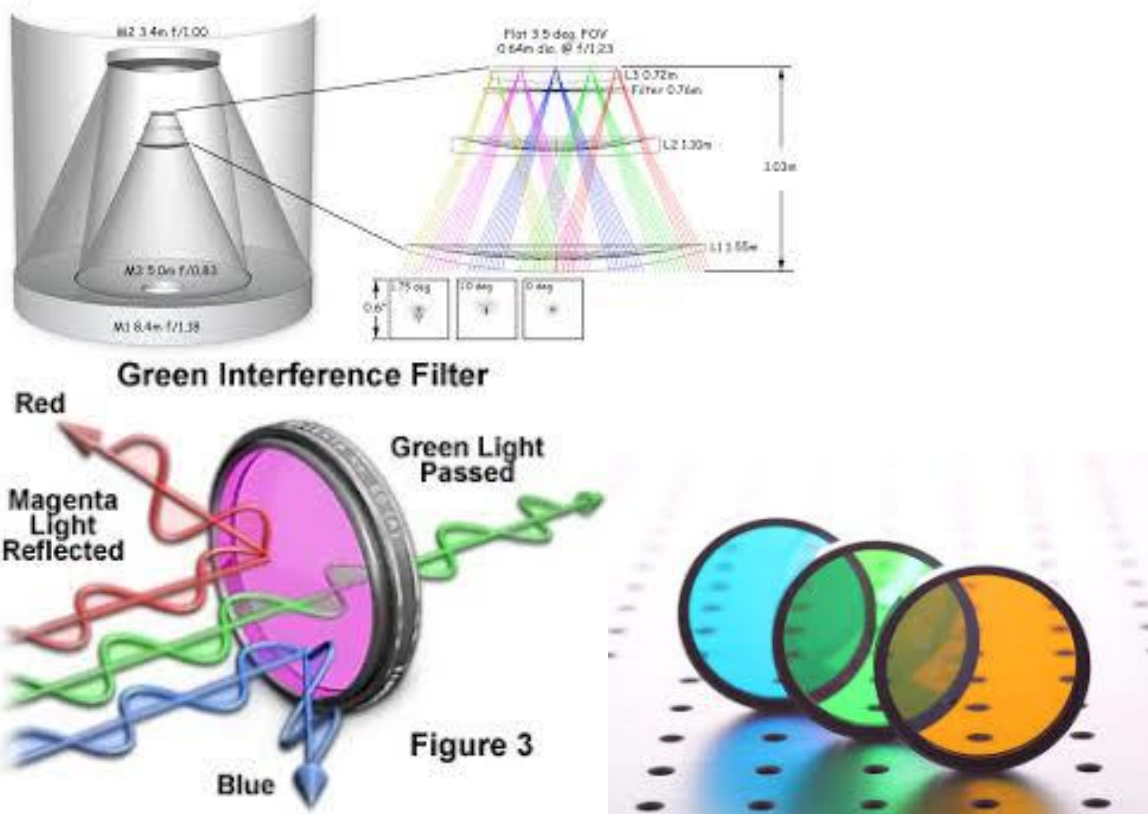
va aksincha to'lqin uzunliklar uchun parafin yaxshigina shaffof hisoblanadi. 10

sm qalinlikdagi suv to'lqin uzunligi 1,2

mikrometrdan kattabo'lgan nurlanish uchun umumanshaffof emas.

Yorug'lik saralagichni yasashda ko'pincha rangli shishalardan foydalaniladi. Agar ayrim rangli shishalarning o'tkazish ko'effitsiyentlarini olib ko'radigan bo'lsak, ularning farqlanuvchi xususiyatlari shundan iboratki, ular to'lqin uzunliklari bo'yicha katta o'tkazish kenglikka egadirlar. Sariq va qizil yorug'lik saralagichlari o'tkazishning juda keskin qisqa to'lqinli chegaraga ega bo'lib, uzun to'lqinlar tomon esa ularning o'tkazishi spektrning uzoq infragizil sohasiga kirib boradi.

Yorug'lik saralagichlar plastinkaga organik bo'yoq bilan rang berilgan jelatina quyish yo'li bilan tayyorlanishi mumkin. Ishlov berilmagan fotoplastinkani bo'yoq eritmasida bir qancha vaqt tutib turish ham yaxshi natija beradi. Jelatina qatlami tezda tiralib ketishi va u namlikka chidamsiz bo'lgani uchun bunday yo'l bilan yasalgan saralagichlar bilan ishlaganda nihoyatda ehtiyot bo'lish zarur yoki jelatina qatlami himoyalovchi shisha bilan yopilgan bo'lishi lozim, bu esa, uning qalinligi ancha oshiradi. Bunday yorug'lik saralagichning yassi parallelligi yo'qoladi va u faqat fokus yaqinida ishlatilishi mumkin.



Interferension saralagichlarning -eng yaxshi namunalarida yarim oʻtkazish qalinligi deb atalmish kattaligi 50% dan ortigʻini oʻtkazishda atigi 1 Å ga teng. Buning uchun diyelektrik qatlamlaridan biri oʻta yupqa boʻlgan slyuda plastinkasi yordamida amalga oshiriladi. Bunday saralagich yordamida 5890 – 5896 Å toʻlqin uzunlikdagi natriy dublet deb nomlangan ikkita chizigʻidan birini ajratib olish mumkin.

### Qutblagichlar

Qutblagichlar yassi qutblangan nurni beruvchi moslamalardir. Odatda ularning oʻrnida kristallardan yasalgan turli prizmalar namoyon boʻladi, misol tariqasida Nikol prizmasini koʻrsatishimiz mumkin. Qutblagichlarning yana boshqa turi dixroizm hodisasiga asoslangan boʻlib, bunga misol qilib turmalin kristallidan nurning oʻtishini olishimiz mumkin, bunda oddiy nur juda kuchli yutilishga uchraydi, natijada kristallning atigi 1 mm qalinligidayok undan faqat gʻayrioddiy nur chiqadi. Gʻayrioddiy nur ham turmalinda kuchli saralanish yutilishga uchraydi, natijada turmalindan oʻtgan oq nurdan faqat yashil-sariq qismi qoladi, yaʼni, u oʻziga xos qutblanishga ega yorugʻlik saralagichidir ham. Hozirgi vaqtda dixroizmga asoslangan ancha qulayroq qutblagichlar mavjud. Bular polyaroidlar boʻlib, ulardan gerapatitli va polivinilli polyaroidlar eng keng tarqalgan. Gerapatitli polyaroid mayda qorishma sifatida va bir xilda yoʻnaltirilgan xinin sulfati poliyodidining oʻta mayda ignasimon kristallari koʻrinishida kiritilgan oʻta yupqa nitro yoki asetil sellyuloza pardadan iborat. Polivinilli polyaroidlarni tayyorlash uchun polivinil pardaga kuchli tortish taʼsir etib, yod bilan ishlov beriladi. Gerapatitli saralagichlar 450 - 700 m $\square$  spektr sohasida 98 – 99% qutblanishni beradi. Polivinilli polyaroidlar 400 - 750 m $\square$  spektr sohasida 100% qutblanishni va



□ □ 800 m□ da 98% qutblanishni ta`minlaydi.

#### 4.4. Radioteleskoplar

kosmik nurlanishning ochilishi

1931 - 1932 yillarda radio to`lqinlarni qabul qilishda yuzaga keladigan xalallarni o`rgangan muxandis Yanskiy qisqa to`lqinlarda har kuni yulduz vaqti bilan bir xil paytda takrorlanuvchi radioshowqinlar foni kuchayishini aniqlaydi. Hech qanday qiyinchiliksiz showqinlarning bu kuchayishi qabul qiluvchi antenaning eng effektiv yo`nalishidan Somon Yo`li o`tayotganda sodir bo`lishi aniqlandi.

Kosmik nurlanish ana shu tarzda kashf qilingan edi. O`n yildan so`ng, 1942 yilda AQChda Sausvors va King hamda Angliyada Xey Quyoshdan kelayotgan nurlanishni payqaydilar. Xuddi shu yillarda harbiy radiolokasion marosimlari o`tkazilishi munosabatlari bilan meteorlarning radiolokasiyasi amalga oshirildi, 1946 yilda esa Oy ham radiolokasiya qilindi, buning imkonini 1928 yili L.I.Mandelshtam va N.D.Papaleksilar bashorat qilgandilar. Xuddi shu yili Quyosh sistemasidan tashqarida - Galaktikada va uning chegaralari ortida joylashgan ilk bor radionurlanishning diskret manbalari topildi. Nihoyat, 1955 yilda Yupiterdan, 1956 yili esa, Veneradan, so`ng Marsdan kelayotgan radioshowqinlar topildi.

Kosmik radionurlanish, odatda, tutash spektrga ega, biroq radionurlanish qabul qilgichlari undan faqat juda tor to`lqin uzunliklar yoki chastotalar oralig`ini ajratib oladilar, bu radioastronomik asboblarni optik asboblarning o`tkazish oarlig`idan ham tor bo`lgan tasmaga ega monoxromatorlarga o`xshatib qo`yadi. Ikkinchi tomondan, Yor atmosferasi radiodiapazonning barcha chastotalari uchun shaffof emas. Unda sezilarli yutilmasdan to`lqin uzunliklarning faqat 20 - 25 m dan 1 sm gacha bo`lgan kosmik nurlanishning oralig`i o`tadi. Ammo, bu 11 oktavali anchagina katta oraliqdir, optik astronomiyada biz kosmik nurlanishning atigi uch oktavali oraliqqa egamiz, Quyosh va sayyoralarni o`rganishda biroz kattaroq bo`ladi. Chuning uchun radioteleskoplar va ulardagi qabul qilgichlar qaysi to`lqin uzunlikda, metrli, desimetrli, santimetrli, to`lqinlarda ishlashiga qarab turli bo`lishi ajablanarli emas.

Radioastronomik qabul qilgich qurilma asosida kosmik elektromagnit to`lqinlarni qabul qiluvchi radioteleskop-antenna bo`ladi, u hosil qilgan elektr tebranishlar kabel yoki to`lqin uzatkich orqali radiopriyomnikga uzatiladi, u yerda ular kuchaytiriladi, detektorlanadi va maxsus yozib boruvchi asbob yordamida qayd etiladi. Uchli sozlashga ega radiopriyomnik qabul qilinayotgan tebranishlarning nisbatan tor diapazon bo`lishini ta`minlaydi. Antenna ham odatda o`rganilayotgan elektromagnit tebranishlar bilan rezonansga sozlanadi, biroq u unchalik uchli bo`lmaydi. Hozircha faqat radioteleskop-antennalarni



o'rganaylik.

### **Nazorat savollari:**

1. Teleskoplarning qanday turlari bor?
2. Linzali va ko'zguli teleskoplarning maqsadga ko'ra ishlatilishi
3. Radioteleskoplar. Millimetrlil va submillimetrlil radioteleskop.
4. Teleskoplarda yorug'lik filtrlari nima maqsadda ishlatiladi?
5. Teleskoplarning ajratish qobiliyati nimalarga bog'liq?
6. Teleskoplar optik quvvati deganda nimani tushinasiz?

### **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.: 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/)

## **5-MAVZU: Fundamental kuchlar.**

### **REJA**

#### **5.1. Fundamental o‘zaro ta‘sir kuchlari.**

#### **5.2. Katta portlash**

#### **5.3. Qizil siljishlarning manbayi**

#### **5.4. Masshtab**

**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.

#### **5.1. Fundamental o‘zaro ta‘sir kuchlari.**

Maktab fizikasi davridan biz “kuch” tushunchasi bilan tanishmiz. Kuchlar turlicha bo‘ladi: tortishish kuchlari, ishqalanish kuchi, elastik kuchlari va x.k. Tabiatda turli xil kuchlar mavjud. Lekin bu kuchlarning xammasi xam fundamental xarakterga ega emas. Masalan, ishqalanish kuchi molekulalar o‘zaro ta‘sirining natijasi bo‘lib, ikkilamchi xodisa sifatida namoyon bo‘ladi. Molekulalarning o‘zaro ta‘siri xam ikkilamchi hisoblanadi, masalan, Van-der-Vaals kuchlari elektromagnit o‘zaro ta‘sir kuchlarining ikkilamchi ko‘rinishda namoyon bo‘lishidir<sup>49</sup>.

Inson doim tabiatdagi ikkilamchi kuchlarni keltirib chiqaruvchi fundamental tashkil etuvchilarini aniqlashga intilib kelgan. Elektromagnit kuchlar yoki elektr kuchlari fundamental o‘zaro ta‘sir ekanligi bizga ma‘lum. Ushbu kuchlar Maksvell tenglamalaridan kelib chiquvchi o‘zaro ta‘sir kuchlaridir. Maksvell tenglamalari tabiatdagi barcha elektr va magnit o‘zaro ta‘sirilarini tavsiflab berganligi tufayli, ular tabiatdagi fundamental o‘zaro ta‘sir kuchlaridan biri bo‘lib hisoblanadi.

Boshqa yorqin misol bu gravitatsiyadir. Bizga Nyutonning butun olam tortishish qonuni orqali gravitatsion kuchlar tanish, xozirda bu o‘zaro ta‘sir kuchlari Eynshten tenglamalari orqali umumlashtirilgan va bizda xozir Eynshteynning gravitatsiya nazariyasi mavjud. Shuning uchun gravitatsion o‘zaro ta‘sir – fundamental o‘zaro ta‘sir kuchlaridan biri bo‘lib hisoblanadi. Qachonlardir bu ikkala o‘zaro ta‘sirgina fundamental o‘zaro ta‘sir kuchi deb hisoblangan. Keyinchalik, atom yadrosi kashf etilgandan so‘ng ulardagi zarralarning zarrchalarning o‘zaro ta‘sirlashishi yangi fundamental kuchlarning paydo bo‘lishiga olib keldi. Ushbu yadro kuchlari o‘lchandi, tushunildi va tavsiflandi. Ular xam o‘z navbatida fundamental xarakterga ega emasligi va qaysidir ma‘noda Van-der-Vaals kuchlarini eslatishi aniqlandi.

Kuchli o‘zaro ta‘sirni vujudga keltiruvchi xaqiqiy fundamental o‘zaro ta‘sir – bu kvarklar orasidagi o‘zaro ta‘sir kuchlaridir. Kvarklar o‘zaro bir-biri bilan ta‘sirlashadi va buning natijasi o‘laroq yadrodagi proton va neytronlar orasidagi o‘zaro ta‘sir vujudga keladi. Tabiatdagi uchinchi fundamental o‘zaro ta‘sir bu kvarklar orasida glyuonlarning almashishi natijasida o‘zaro ta‘sirning paydo bo‘lishidir.

---

<sup>49</sup>Arnab Rai Choudhuri, *Astrophysics for Physics*, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

Shu bilan xikoyamiz tamom bo‘lmaydi. Elementar zarralarning parchalanishi (barcha og‘ir zarrachalar yengilroq zarrachalarga parchalanadi) yangi o‘zaro ta’sir kuchlari oraqali ifodalanadi. Ushbu ta’sir fanda kuchsiz o‘zaro ta’sir kuchlari deb nomlanadi. Kuchsiz deb nomlanishi ushbu o‘zaro ta’sir kuchlarining elektromagnit o‘zaro ta’sir kuchlariga nisbatan anchi kichikligidir<sup>50</sup>.

Shunday qilib, xozirgi zamonda to‘rtta fundamental o‘zaro ta’sir kuchlari mavjud. Bular – elektromagnit, kuchli, kuchsiz va gravitatsion o‘zaro ta’sir kuchlari – bitta umumiy prinsip asosida quriladi. Bu prinsip o‘zaro ta’sir kuchlari zarralar orasida qandaydir vositachi yordamida amalga oshishiga asoslangan.

Elektromagnit o‘zaro ta’sir fotonlarning – elektromagnit to‘lqinlarning kvantlarining – almashishi xodisasiga asoslangan. Kuchli o‘zaro ta’sirlar glyuonlarning almashishi xodisasiga asoslangan. Kuchsiz o‘zaro ta’sir esa oraliq vektor bozonlar almashishi xodisasiga asoslangandir. To‘rtinchi o‘zaro ta’sir – gravitatsion o‘zaro ta’sir esa graviton deb nomlanuvchi gravitatsion maydonlarning kvantlari orqali tushuntiriladi.

## 5.2. Katta portlash

Koinotning kengayayotganligi 1929-yili Yedvin Habbl tomonidan tasdiqlangan. Bu g‘oya, gallaktikalar orasidagi masofani hisoblashga, ya’ni, ulardan kelayotgan nur spektorini siljishini hisoblashga asoslanga(20-rasm). Ilgari biz ikki manba bir-biriga tomon harakatlanayotgan vaqtda ovoz chastotasining **yuqorilashishi** va to‘lqin uzunligini qisqarishini ko‘rgan edik. Agar ular bir-biridan uzoqlashayotgan bo‘lsa aksincha, chastota kamayadi, to‘lqin uzunlik esa ortadi. Bu Dopler effekti bo‘lib, u yorug‘lik to‘lqini uchun ham o‘rinlidir, biroq formulasi boshqacharoq ko‘rinishda bo‘ladi:

$$\lambda_{obs} = \lambda_{rest} \sqrt{\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}}$$

bu Yerda L tinch holatdagi kuzatuvchiga nisbatan o‘lchangan to‘lqin uzunligi, A esa v tezlik bilan harakatlanayotgan kuzatuvchiga nisbatan o‘lchangan to‘lqin uzunligi. Agar manba bizdan uzoqlashayotgan bo‘lsa, undan chiqqan to‘lqin uzunligi kattalashib boradi va yorug‘lik rangi qizil spektr tomon siljiydi. Aksincha manba biz tomonga qarab harakatlanayotgann bo‘lsa spektrning ko‘k tomoniga, yoki qisqa to‘lqin uzunlik tomon siljiydi.

Yulduzlar va gallaktikalardan kelayotgan nurlarning spektori ham huddi atomning nurlanish spektori kabi bo‘ladi. Habbl shuni aniqlaganki, bizga kelayotgan yorug‘lik spektori uning bizga nisbatan masofasiga mos ravishda o‘zgarar ekan. YA’ni, galaktika qanchalik uzoqda bo‘lsa uning yorug‘lik spektori qizil tomon siljigan bo‘ladi. Bundan ko‘rinib turibdiki, ular bizdan qanchalik uzoqda bo‘lsa shunchalik tezroq uzoqlashmoqda:

$$v = H_0 d$$

<sup>50</sup>Сивухин Д.В, Курс общей физики, учебное пособие для вузов, т. 5 – Атомная и ядерная физика, 3-е издание, ФИЗМАТИЗ, 2011.

Habblning bu qonuni astronomik qonuniyatlar ichida eng asosiy fundamental qonunlardan biri hisoblanadi. Bu g'oya birinchi bo'lib 1927 yilda belgiyalik olim Jorj Lemetr tomonidan ilgari surilgn bo'lib, keyinchalik Buyuk portlash nazariyasi deb nomlana boshladi. H Habbl doymiyisi deb ataladi.

H ning qiymati yaqinlargachayam tahminan 20% aniqlikda aniqlangan deb kelinar edi, ya'ni 15km/s va 20km/s oraliq'ida deb hisoblanar edi, ammo yaqinda uning qiymati 21km/s deb deyarlik aniq o'lchandi.

$$H_0 = \frac{21km}{My}$$

### 5.3. Qizil siljishlarning manbai

Bizgayaqingallaktikalarhuddibetartibharakatlanayotgangao'hshaydi, ayrimlaribiztomonga qarab (binafshaspektrhosilqilib), ayrimlariesaaksincha, bizdanuzoqlashayotgandek (qizilspektrhosilqilib), ularningtezligi 0.001c atrofida. Ammoanchauzoqdagigallaktikalaruchuntezlikiyaqingallaktikalarga qaragandaancha katta, shuninguchunbu erda Habblqonuniningkattaahamiyatibor. Uzoqgallaktikalarninguzoqlashishteziyanadakattaroqbo'lganidan, ulardakosmologikqizilsilijishkuzatiladi.

Bundayqizilsiljishorqalikoinotningkengayayotganliginitushuntirishmumkin. 21-rasmdako'rsatilganidek,

bizdastlabkinurlanganto'lqinuzunligihaqidagapirishimizmumkin.

Habblbuni oddiy Dopler effektibilan bog'lagan bo'lsada,

bizbunikoinkengayayotganibilanizohlaymiz.

Qizilsiljishningpaydobo'lishininguchunchiko'rinishinihamaytishmumkin.

Bugravitatsionqizilsiljish.

Yulduzdanchiqqanyorug'liknurima'lumgravitatsionenergiyaga (huddi Yerda otilgant oshkabi) egabo'ladi. Shundayqilib, har bir fotonningkinetic

energiyasikichikroqbo'ladi. Energiyaningkichikligibuchastotaningkichikligi,

buesao'znavbatidakattaroqto'lqinuzunligidemakdir. Buesaqizilsiljishnianglatadi.

Qizilsiljishningqiymati quyidagicha aniqlanadi.

$$z = \frac{\lambda_{obs} - \lambda_{rest}}{\lambda_{rest}} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_{rest}}$$

Bu Yerda  $\lambda_{rest}$  manbaga nisbatan tinch holatda bo'lgan kuzatuvchi o'lchagan to'lqin uzunligi,  $\lambda_{obs}$  esa harakatlanuvchi kuzatuvchi o'lchagan to'lqin uzunligi. bu tenglamani quyidagicha yozib olishimiz mumkin:

$$z = \frac{\lambda_{obs}}{\lambda_{rest}} - 1 \quad 3-1$$

Va

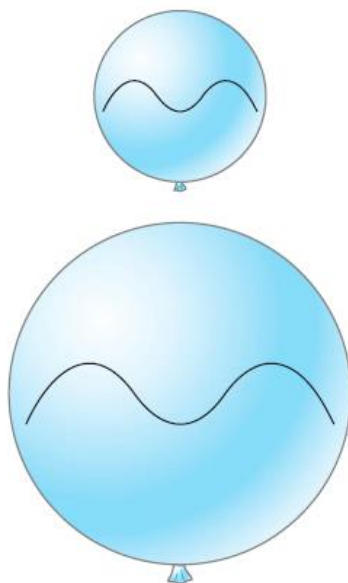
$$z + 1 = \frac{\lambda_{obs}}{\lambda_{rest}} \quad 3-2$$

Yorug'lik tezligidan ancha kichik bo'lgan tezliklarda ( $v \leq 0.1c$ ), oddiy Dopler

effektini manbaning yo‘nalishiga zning bog‘liq bo‘lishini kuzatamiz.

$$z = \frac{\lambda_{obs} - \lambda_{rest}}{\lambda_{rest}} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_{rest}} \approx \frac{v}{c} \quad 3-3$$

Ammo qizil siljishning qiymati katta bo‘lganda 3-3 tenglama o‘rinli bo‘lmaydi.



Koinotning o‘lchovli modeli. Shar kengaygan sari uning sirtidagi to‘lqinlar kattalashib boradi.

havo shariga o‘hshagan ikki hajmi kattalashgan sari, ya’ni

#### 5.4. Masshtab

Fazoning kengayishini, biridan uzoqlashish sifatida tushuntirish mumkin.

huddi ikkinuqtaning bir-

Agar ikki tagallaktika boshlang‘ich vaqt dabir-biridan masofa  $d_0$  joylashgan bo‘lsa, ma’lum  $t$  vaqtdan keyin ular orasidagi masofa  $D$  ga teng bo‘ladi.

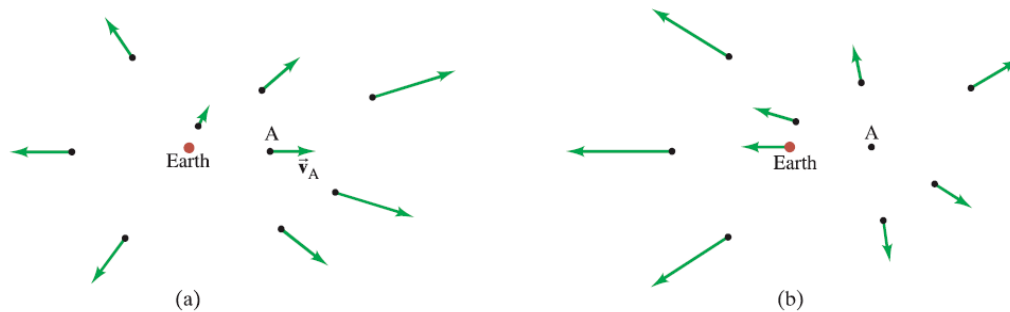
Yorug‘lik uchun ham siljish koeffitsiyenti huddi 3-5 tenglamada gapib bo‘ladi.

$$\frac{d(t) - d_0}{d_0} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = z$$

Yoki

$$\frac{d(t)}{d_0} = 1 + z$$

Masalan, gallaktika  $Z=3$  ga teng qizil siljish koeffitsiyentiga teng bo‘lsa, masshtab koeffitsiyenti  $1+3=4$  ga teng marta katta bo‘ladi. YA’ni gallaktikalar aro masofa 4 marta kattalashdi. Demak to‘lqin uzunligining kattalashishini ko‘rsatuvchi parameter aslida gallaktikaning kengayishini ko‘ratadi.



Koinotning kengayishi har qanday nuqtadan bir hil ko‘rinadi.

$$H_0 = \frac{21 \text{ km}}{\frac{\text{s}}{\text{Miy}}}$$

### 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. Antizarrachalar.

### Foydalanilgan adabiyotlar

13. James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein’s General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.
14. Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.
15. Sivuxin D.V, Kurs obshey fiziki, uchebnoye posobiye dlya vuzov, t. 5 – Atomnaya i yadernaya fizika, 3-ye izdaniye, FIZMATIZ, 2011.
16. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
17. Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.
18. Filchenkov M.L., Gravitatsiya, astrofizika, kosmologiya: dopolnitelniye glavi, «LIBROKOM», 2010.

### Internet ma’lumotlari

9. [http://hea.iki.rssi.ru/HEAD\\_RUS/links\\_k.htm](http://hea.iki.rssi.ru/HEAD_RUS/links_k.htm)
10. <https://books.google.com/books?isbn=0226069710>
11. <https://books.google.com/books?isbn=0226724573>
12. [https:// nuclphys.sinp.msu.ru/](https://nuclphys.sinp.msu.ru/)

## 6-MAVZU: QORA MATERIYA VA QORA ENERGIY.

### REJA

- 6.1. Yulduzlarning soʻnishi va kompakt obyektning paydo boʻlishi
- 6.2. Oq mittilar, neytron yulduzlar va qora tuynuklar.
- 6.3. Materiyaning yangi shakllari: qorongʻi modda va qorongʻi energiya.
- 6.4. Gravitatsion toʻlqinlar.

**Tayanch iboralar:** oq mittilar, neytron yulduzlar, qora tuynuklar, qorongʻi materiya, qorongʻi energiya, gravitatsion toʻlqinlar.

#### 6.1. Yulduzlarning soʻnishi va kompakt obyektning paydo boʻlishi

Qora tuynuklar – bu fazo-vaqtning shunday soxasiki, kuchli gravitatsion maydon hisobiga u yerni xatto yorugʻlik tezligida xarakatlanuvchi zarralar, shuningdek yorugʻlik kvantlari ham tark eta olmaydilar. Ushbu sohaning chegarasi xodisalar gorizonti deb ataladi, uning oʻlchami esa gravitatsion radius deyiladi. Eng sodda holda – sferik-simmetrik qora tuynuklar uchun ushbu oʻlcham Shvarsschild radiusiga teng. Nazariy jixatdan bunday obyektning mavjudligi Eynshteyn tenglamalarining baʼzi aniq yechimlari tomonidan kelib chiqadi. Bunday yechimlarning birinchisi Karl Shvarsschild tomonidan 1915 yili topilgan<sup>51</sup>.

Zamonaviy fan bizgasoʻnuvchi massiv yulduzlar bilan bogʻliq koʻpgina hayratomus hodisalarni tanishtiradi. Ularni million yillar davomida saqlab kelgan yonilgʻisining yetarli boʻlmay qolishi bilan yulduz ortiq muvozanat holatini saqlab qola olmaydi va oʻz ogʻirligi taʼsirida markazi tomon siqiladi, yaʼni kollapsga uchraydi. Inson hayotiga oʻhshab yulduzlar ham oʻzining yashash sikliga ega. Ular chang bulutlarida tugʻiladi, oʻsadi va million yillar yorugʻlik sochib parlanadi va oʻladi. Yulduz oʻzining dastlabki bosqichlarida hosil boʻlgan vodoroddan, keyin bosqichlarda geliydan va nihoyat ogʻir elementlardan iborat ichki yonilgʻisi xisobiga yorugʻlik sochadi. Har bir yulduz oʻzining markazga tortuvchi gravitatsiyasi va unga qarama qarshi yoʻnalishlardagi ichki bosim kuchlari bilan muvozanatga ega. Bu muvozanat yonilgʻi temirga aylanadigan vaqtgacha saqlanadi. Gravitatsiya bosim kuchlaridan kattalashadi va yulduz siqila boshlaydi.

#### 6.2. Oq mittilar, neytron yulduzlar va qora tuynuklar.

Maʼlumki, yulduz energiya zahirasi juda katta boʻlishiga qaramay bu energiya vaqt oʻtishi bilan bosqichma-bosqich yaroqsizlashib boradi. Yulduzlar xuddi insonlarga oʻhshab yashaydi, qariydi va oʻladi. Ularning yashash vaqti-paydo boʻlganidan to yadro yonilgʻi resurslari yulduz boʻlib nur sochib turishiga yetarli boʻlmay qolishigacha boʻlgan vaqtdir. Bu vaqt har bir yulduzning massasiga bogʻliqdir. Xususan, eng yaqin yulduz- bu 5 milliard yillardan beri yadro sintezi jarayoni xisobiga hozirda oʻzining aktiv bosqichida boʻlgan Quyoshdir va uning yonilgʻi zahirasi yana 5 milliard yilga yetadi<sup>52</sup>. Quyosh oʻz yonilgʻisini sarflab tugatayotgan bosqichda oʻzining gravitatsiyasi hisobidan Yer sayyorasi oʻlchamidan katta boʻlmagan oʻlchamgacha siqiladi. Bunda u xosil

<sup>51</sup>James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

<sup>52</sup>Arbab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.



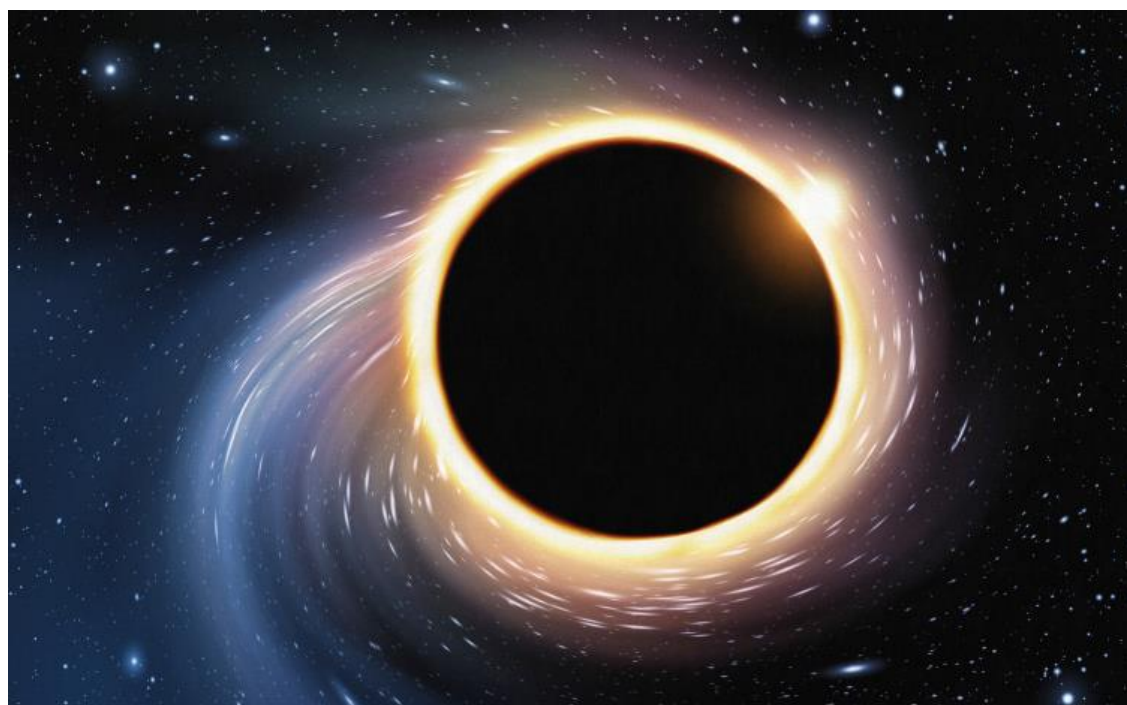
bo‘lgan elektron gaz bosimi bilan muvozanatlashgandan so‘ng siqilishdan to‘htab oq mittiga aylanadi. Massasi Quyosh massasidan 3-5 marta katta bo‘lgan Yulduzlar o‘z umrini boshqacha-neytron yulduzlarga aylangan holda yakunlaydi, bunda gravitatsiya shunday kuchliki elektronlarni atom yadrosiga joylashtiradi. Endi ichki bosim kuchi elektron gaz bosimi emas balki neytronlar bosimi xisobiga gravitatsiya kuchlarini muvozanatlaydi va 10 km gacha siqilib boradi.

Yanada og‘irroq va ko‘proq vodorod yonilg‘i zahirasiga ega bo‘lgan yulduzlar kuchli gravitatsiya kuchlari ta’siri ostida tez yonadi va yashash vaqti ham qisqa bo‘ladi. Massasi jihatdan yirik bo‘lgan yulduzlar tom ma’noda bir necha million yil davomida “yonib turadi”, mayda yulduzlar esa yuzlab milliard yillar davomida “yashaydi”. Shunday ekan, bu ma’noda bizning Quyosh “mustaxkam o‘rta” likka kiradi.

Nazariy jihatdan yulduzlar dastlabki massalariga bog‘liq holda uch hil ko‘rinishda hayotini yakunlaydi: 1. Agar yulduz yadrosining dastlabki massasi Chandrasekar chegarasi deb ataladigan (tahminan) 1.4 Quyosh massasidan kichik bo‘lsa qisqa vaqt qizil gigant holatidan keyin oq mittiga aylanadi. Oq mitti holda bir kecha million yillar yashab sovuq qora mittiga, ya’ni haqiqiy kosmik o‘lik jism- yulduzning murdasiga aylanadi. 2. Agar yulduzning dastlabki massasi Chandrasekar chegarasidan oshib Volkov chegarasi deb ataladigan tahminan 2-3 Quyosh massasidan katta bo‘lsa, yadro yonilg‘isining asosiy qismi kamayishidan keyin elektron gazning bosimi qarshilik qila olmagach gravitatsiya kuchlari ta’siri ostida tashqi qatlami yulduzning markaziga tushadi. Buning natijasida yulduz hajmi 100000 marta kamayadi, uning o‘rtacha zichligi shuncha marta ortadi, radiusi esa atigi 10km atrofida bo‘ladi. Deyarli shu bilan birgalikda yulduzning ustki qatlami portlash natijasida 10 000 km/s tartibidagi katta tezlik bilan har tomonga otilib ketadi. Bu hodisa markazida neytron yulduz hosil bo‘lishi bilan yakunlanuvchi o‘ta yangi yulduzning portlashidek kuzatiladi<sup>53</sup>. Bu Xitoy va Yapon tarixida aytib o‘tilgan 1054 yilda xozirda markazida neytron yulduz joylashgan Kraborid tumanligi o‘rnida yorqin yulduz kabi yarqirab, ikki hafta davomida hattoki kunduzlari ham ko‘rinib turgan. 3. Kollapsga uchrayotgan yulduzning massasi kandaydir kritik qiymatdan katta bo‘lsa (3 Quyosh massasidan) gravitatsiya shunchalik katta bo‘ladiki buni hech narsa to‘htata olmaydi. Gravitatsiya kuchlari yulduzni tashkil qiluvchi moddalarni shunday siqib boradiki bunda yulduz o‘lchami eng kichik o‘lchamgacha kichrayadi.

---

<sup>53</sup>Max Camenzind, *Compact Objects in Astrophysics*, Springer, 2007, 682 p.



1-rasm. Qora tuynuklarning rasmlari.

Bu uchala kompakt obyektlar oddiy yulduzlardan ikkita fundamental belgi bilan farqlanadi. Birinchidan, yadro yonilg'isini sarflab ular gravitatsion kollapsga termodinamik bosim hisobidan qarshilik ko'rsatadi. Oq mittilar gravitatsion kollapsga elektron gaz bosimi bilan qarshilik qiladi, neytron yuduzlar- neytronlar bosimi bilan. Qora tuynuklar esa- o'zining gravitatsiya kuchlariga qarshilik qila olmasdan yanoga bir nuqttagacha siqilib borgan. Uchala kompakt obyektlar

Koinotning yoshi tartibidagi davrda turg'un obyektlar hisoblanadi. Ularni yulduzlarning eng oxirgi bosqichidagi obyekt deb hisoblash mumkin. Ikkinchi farqi- oddiy o'zlarining massasi tartibidagi yulduzlarning o'lchamlariga nisbatan ancha kichikligidir<sup>54</sup>.

Bu uchala yulduzlarning oxirgi bosqichidagi obyektlardan eng birinchi bo'lib oq mittilar astronomik kuzatishlar natijasida topilgan. Oq mitti tajribada astronomlar bunday yulduz qanday qilib nur sochib turishini tushinidan oldin topilgan. 1914 yili amerikalik astronom Adams osmonimizdagi eng yorqin yulduz bo'lgan Siriusning yo'ldoshi Sirius V ning spektrini analiz qilayotib yuqori haroratga - Sirius yulduzining haroratiga yaqin haroratga ega va massasi Quyosh massasi tartibida bo'lsa ham radiusi Yer radiusidan kichik degan hulosaga keladi<sup>55</sup>.

Neytron yulduzlari tarixi esa aksincha, 1934 yil Baade va Svikki neytron yulduzlar –yuqori zichlikka, kichik radiusga va boshqa oddiy yulduzlarga nisbatan kuchli gravitatsiyaga ega bo'lgan yulduzlar g'oyasini taklif qiladi. Neytron yulduzlar aslida astronomlar tomonidan kashf etilgunga qadar nazaraiyotchilar tomonidan bir asr oldin qalam uchida kashf qilingan. Ularning astronomik kuzatuvlarda topilishi bunchalik kechikishining sababi tez oradi to'liq tushinarli bo'ldi. Agar kosmik jismning radiusi 10km bo'lsa hattoki ungacha masofa eng yaqin yulduzgacha (Quyoshdan tashqari) masofaga (10 yorug'lik yili) teng bo'lsa ham uni eng qudratli teleskop yordamida ham kuzatish mumkin emas. Va hattoki neytron yulduzgacha masofa mumkin qadar kichik bo'lsa ham! Bundan kelib chiqadiki neytron yulduzlarni optik usullar bilan kuzatishlar muvofaqqiyatga uchraydi.

Va birdan kutilmagan narsa sodir bo'ldi: neytron yulduzlari topildi. Ular tamoman qidirilmagan joydan, izlamagan odamlar tomonidan topildi. 1968 yil fevralida mashhur Nature ilmiy jurnali sahifalarida taniqli ingliz astronomi Xyush va uning hamkasblari tomonidan pulsardarning kashf etilishiga bag'ishlangan maqola paydo bo'ladi. Astronomiyaning XX asrdagi eng buyuk kashfiyoti 1967 yil Kembridje Universiteti Mallard radioastronomik observatoriyasida Djosefin Bell tomonidan ochilgan tez aylanuvchi neytron yulduzlar-pulsarlarning kashf etilishi bo'lgan. Bu pulsarlar radio diapozonda urganilgan<sup>56</sup>. Ularning ochilishi sharafiga Bell, Entoni Xyushlarga 1974 yil Nobel mukofoti berildi. Hozirgacha 2000 ga yaqin pulsarlar ma'lum, keyinchalik pulsarlar rentgen diapozonida va keyinroq faqat shu diapozonda ko'rinadigan gamma-pulsarlar ham aniqlandi.

Yulduzni shunday radiusgacha siqib boramizki, bunda undan fazoga yorug'lik tarqilmaydi. Bu radius Shvarsschild radiusi deyiladi. Quyosh uchun bu 3 km atrofida. Agar Quyosh ham 3 km va undan kichik o'lchamgacha siqilsa yorug'lik nurlari Quyosh tashqarisiga chiqa olmaydi. Qora tuynukga aylangan

---

<sup>54</sup>L. Rezzolla, O. Zanotti, *Relativistic Hydrodynamics*, Oxford University Press, 2013, 752 p.

<sup>55</sup>T. Padmanabhan, *Theoretical Astrophysics, Volume I-III*, Cambridge University Press, 2010.

<sup>56</sup>Бочкарев Н.Г.6 Магнитные поля в космосе, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 216 с.

osmon jismlari Koinotda yo‘qolib ketmaydi. U o‘zi haqida tashqi olamga o‘zining gravitatsiyasi hisobidagina ma‘lumot beraldi. Qora tuynuk yaqinidan o‘tgan yorug‘likni yutadi (u Shvarsschild radiusidan kichik masofalargacha yaqinlashsa) va yonidan o‘tayotgan nurlarni sezilarli masofalargacha og‘diradi.

O‘ta og‘ir yulduzlar oq mitti ham neytron yulduz ham bo‘la olmaydi, chunki ularning ichki bosimlari gravitatsiyani kompensatsiya qilishga yetarli emas. Hattoki boshqacha ko‘rinishdagi bosimlar kuchga kirgan taqdirda ham gravitatsion kollaps baribir qaytmas bo‘lib qolaveradi. Gravitatsiya hal qiluvchi kuch bo‘ladi, natijada yulduzning yakuniy holati (hodisalar gorizonti bilan o‘ralgan singulyar nuqta) faqtgina Eynshteynning gravitatsiya nazariyasi yordamida yoritiladi. Shunday qilib, qora tuynuklar Koinotdagi jumboqli xususiyatga ega bo‘lgan sirli obyektlardan biri. Ma‘lumki, qora tuynuk fazo-vaqt sohasi deyiladi, gravitatsiya maydoni shunchalik kuchliki, hattoki yorug‘lik ham bu sohani tashlab chiqib keta olmaydi. Bu jism o‘lchami uzining gravitatsion o‘lchamidan kichik bo‘lganda sodir bo‘ladi. Gravitatsion radius Quyosh uchun 3km, Yer uchun esa 9mm otrofida. A. Eynshtenning umumiy nisbiylik nazariyasi qora tuynuklarning ajabtovur xususiyati-qora tuynuk uchun muhim bo‘lgan xodisalar gorizonti mavjudligini ko‘rsatadi. Qora tuynuk xodisalar gorizonti ichkarisi tashqi ko‘zatuvchiga ko‘rinmaydi, xamma jarayonlar xodisalar gorizonti tashqarisida sodir bo‘ladi. Shu sababdan, xodisalar gorizontiga erkin tushayotgan fazogir extimol tamoman boshqa Koinotni va hattoki o‘z kelajagini ham ko‘rishi mumkin. Bu shuni bildiradiki, qora tuynuk ichkarisida fazo va vaqt koordinatalari o‘z o‘rnini almashtiradi va biz qora tuynuk ichida (xodisalar gorizonti ichkarisida ) fazo bo‘yicha emas balki vaqt bo‘yicha sayohat qilamiz.

Qora tuynuklarning bunday g‘ayri oddiy xususiyati ko‘pchilikka shunchvki fantastika bo‘lib tuyiladi va ularning mavjudligiga shubha paydo bo‘ladi. Ammo shuni ta‘kidlash joizki, eng yangi kuzatuv ma‘lumotlariga ko‘ra qora tuynuklar haqiqatan ham mavjud. Masalan, XXI asr bo‘sag‘asida bizning galaktikamiz markazida o‘ta og‘ir, massasi 4 million Quyosh massasiga teng bo‘lgan qora tuynuk mavjudligi topildi. Bu- qora tuynuklar va ularning xususiyatlari izlanishidagi yangi bosqich keldi va yaqin kelajakda ushbu sohada ilmiy tadqiqotlar sezilarli darajada rivojlanishga erishishimizga olib kelishi kerak degani<sup>57</sup>.

Shu o‘rinda birinchi navbatda mashhur fizik, astrofizika va nazariy fizika sohasida ko‘pgina yorqin ishlar muallifi, bir vaqtlar Isaak Nyuton va Pol Diraklar raxbarlik qilgan Kembridje Universiteti kafedrasida a‘zosi Stiven Xokingni ta‘kidlab o‘tish joiz. Uning izlanishlarining asosiy obyekti bu qora tuynuklar fizikasidir. Uning asarlari orasida “Vaqtning qisqacha tarixi” kitobi eng sodda tilda fizikaning qiyin va dolzarb muammolarini hammaga tushinarli qilib yozilgan. Bu Xoking haqida hammasi emas. U juda og‘ir kasal bo‘lib uning xozirda faqatgina ikkita o‘ng qo‘l barmoqlari harakati saqlab qolingan va oxirgi 30 yil davomida

---

<sup>57</sup>James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein’s General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

gapirishdan ham mahrum bo'lgan. U atrofida gilari bilan nutq sinezatori va kompyuter yordamida gaplashadi. Shunga qaramasdan, u foal va dohiyona ilmiy izlanishlar olib bormoqda.

1974 yilda Stiven Xoking qora tuynuklar atrofida vakuumdan zarralarning paydo bo'lishi ko'rib chiqadi. Uning hisoblashlari shuni ta'kidlaydiki aylanuvchi qora tuynuklar nurlanadi va bu qora tuynuk aylanishini sekinlashtiradi. Bu nurlanish spektri issiqlik nurlanishiga mos kelishi aytib o'tadi. Biroq natijalar yarim klassik usulda olingan, aslida gravitatsiya maydoni umumiy nisbiylik nazariyasi tenglamalari bilan, qora tuynuk yaqinidagi vakuum kvanlangan maydon nazariyasi bilan yoritilishi kerak<sup>58</sup>. Ko'pchilik olimlar Xoking ikkita nazariyani birlashtirib xatoga yo'l quydi deb xisoblashadi. Uning qora tuynuklar uchun oldin qabul qilingan barcha qonunlarni buzadi. Keyinroq esa Xoking haq bo'lib chiqadi va uning natijalari egrilangan vaqt-fazodasigi kvanlangan maydonlarning qonunlari ko'rinishida rasman qobul qilindi. Shu sababdan gravitatsion, elektromagnit va boshqa turdagi nurlanishlarni kvanlangan maydonlar deb qaraladi. Boshqacha so'z bilan aytganda to'lqinlar qanchalik kvant mexanikasi tenglamalari bilan yoritilmasin, ular o'zini bir vaqtning o'zida ham to'lqin ham zarradek tutadi.

Shuningdek, Xoking xisob kitoblari qora tuynuklarning nurlanishini ham ko'rsatadi. Portlashdan xosil bo'lgan yangi obyekt juda kichik haroratga ega bo'ladi ( $3 \cdot 10^{-8}$  K dan kichik), Qora tuynukning siqilishi uchun esa  $10^{67}$  yildan ko'proq vaqt kerak bo'ladi. Siqilish natijasida uning harorati oshib boradi, nurlanishlar ham kuchayadi va "bug'lanishi" tezlashadi. Nihoyat massasi bir necha million tonnagacha kamayganida va uning hodisalar gorizonti radiusi atom yadrosi o'lchamiga teng bo'lib, u juda katta (yuzlab million K) haroratgacha qiziydi.

Xoking xisolashlaridan yana shuni ko'rish mumkin: agar qora tuynuk to'liq nurlanib ketsa, uning holati to'g'risida ma'lumot uzoqdagi kuzatuvchi uchun butunlay yo'qoladi. Bu klassik nazariya doirasida to'g'ri. Boshqa tomndanqora tuynukning "bug'lanishi" xisobidan yo'qotilgan axborot kvant mexanikasining axborot mavjudligining to'g'risidagi unitarlik tamoyiliga zid va uni aniqlash qiyin. Faraz qilaylik, bizda ikkita o'ng qizil paypoq va chap ko'k paypoq bor. Agar biz chap ko'k paypoqni qora tuynukga tashlasak va kimdir o'ng qizil paypoqni juftisiz topib olsa va u o'ylaydiki chap qizil paypoqni qora tuynukga tashlagan deb taxmin qiladi ya'ni modomiki hech qanday axborot qora tuynukdan chiqib ketolmas ekan uzoqdagi kuzatuvchi uning ichida nima borligini bila olmaydi<sup>59</sup>.

Shunday qilib, qora jismning nurlanishi uning ichki tuzilishi to'g'risida hech qanday axborot olib chiqmaydi, demak Xokingning kashfiyoti ham qora tuynukga tushib qolgan jism haqida biror narsa bilishimizga yordam bera olmaydi. Boshqa so'z bilan aytganda, Xoking takidlayotgan qora tuynukning nurlanishi uning ichki tuzilishi to'g'risida bizga ma'lumot bermaydi. Bu Xoking tomonidan kiritilgan axborotni yo'qolish paradoksi deyiladi. U shuni ta'kidlaydiki, bizning Koinotdan

---

<sup>58</sup>T. Padmanabhan, *Theoretical Astrophysics, Volume I-III*, Cambridge University Press, 2010.

<sup>59</sup>L. Rezzolla, O. Zanotti, *Relativistic Hydrodynamics*, Oxford University Press, 2013, 752 p.

axborot yo‘qolar ekan boshqa joyda paydo bo‘ladi. Lekin, kvant nazariyasiga binoan qora jismga yutilgan axborot to‘la yo‘qoladi<sup>60</sup>.

Hulosa o‘rnida shuni takidlash joizki, qora tuynuklar– o‘zida ko‘plab sinoat yashirib kelayotgan Koinotning jumboqli obyektlaridir. Ko‘pgina baxs va munozalarga sabab bo‘layotgan ko‘p sonli paradoks va muammolarga qaramasdan ishonch bilan aytish mumkinki, hozirda javobsiz qolayotgan savollar kelajakda o‘z javobini topadi.

#### **6.4. Gravitatsion to‘lqinlar.**

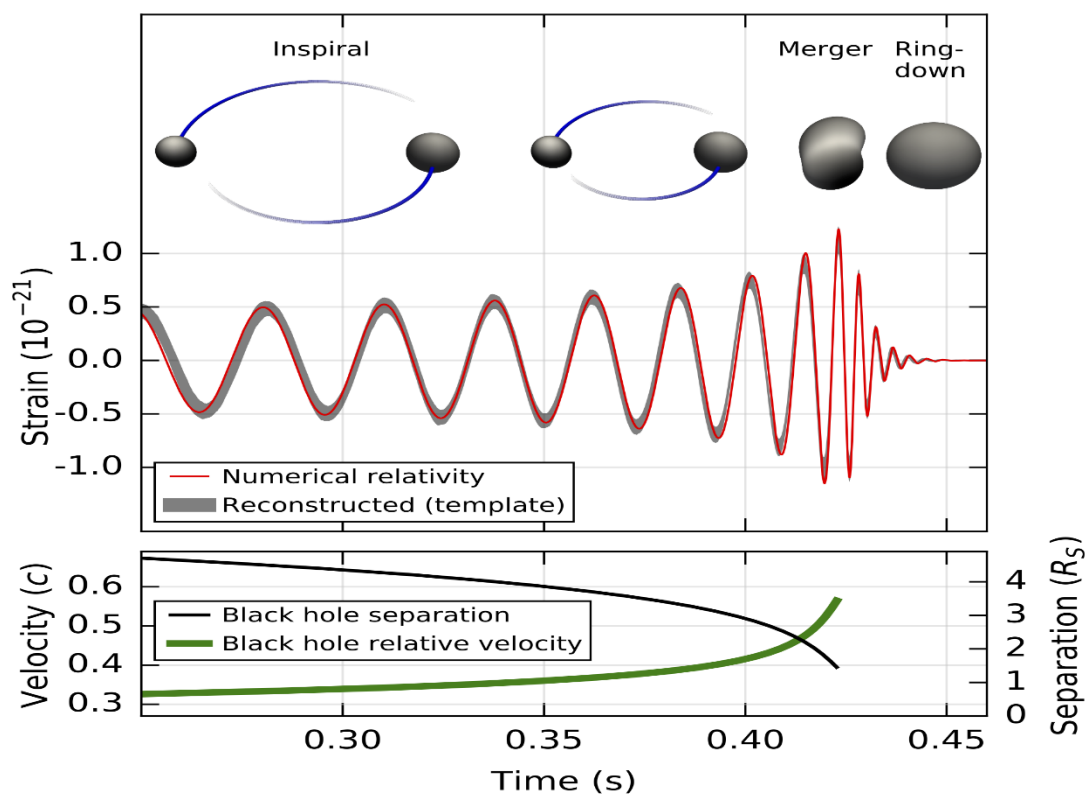
XX asrga qadar astronomlar osmon jismlarini faqatgina yorug‘likning ko‘rinma (inson ko‘zi bilan ko‘ra oladigan) nurlaridagina kuzatish bilan chegaralanar edilar. XX asrga kelib texnika rivoji natijasida astronomlarning imkoniyatlari jadallik bilan ortdi. Osmonni radiodiapazonda kuzatish (xamda eshitish) imkoniyati paydo bo‘ldi (radioastronomiya). Ma‘lumki, Yer atmosferasi xayot uchun xavfli bo‘lgan ultrabinafsha, rentgen va gamma nurlanishlarni yutib qoladi. Biroq osmon jismlarini elektromagnit nurlanishning bunday to‘lqin uzunliklarida kuzatish ularning tabiati xaqida ko‘plab yangi ma‘lumotlarni berishi mumkin. Bunday imkoniyat o‘tgan asrning 70 yillarida paydo bo‘ldi, o‘shanda astronomik uskunalarni avval raketalariga, so‘ng sun‘iy yo‘ldoshlarga, so‘ng esa sayyoralararo kosmik apparatlarga o‘rnatila boshlandi. Shunday qilib astronomlar omon jisimlarni elektromagnit spektrining barcha sohalarida kuzatish imkoniga ega bo‘ldilar. Oddiy qilib aytganda astronomlar Koinotni barcha to‘lqin uzunliklarida kuzata boshladilar.

Koinotda ba‘zi-bir jarayonlar paytida (masalan, yulduzlar ichidagi yadroviy reaksiyalarda yoki o‘ta yangi yulduzlar paydo bo‘lishi paytlarida) elektromagnit to‘lqinlardan tashqari kuplpb neytrinolar paydo bo‘ladi. XXI asr boshlariga kelib neytrino astronomiyasi yuzaga kelganligi konstatatsiya qilindi. 2015 yilning kuzida biz astronomiyaning yana bir yangi yo‘nalishi, gravitatsion to‘lqinlar astronomiyasining paydo bo‘lishina guvohi bo‘ldik. 2016 yilning 11 fevralida AQSH Milliy ilmiy fondi (National Science Foundation – NSF) tomonidan gravitatsion to‘lqinlarning ilk bora tajribada qayd etilgani e‘lon qilindi. Ushbu kashfiyot olamshumul kashfiyot bo‘lib, zamonaviy astrofizikada yangi ilmiy yo‘nalishlarni ochadi<sup>61</sup>.

---

<sup>60</sup>Max Camenzind, *Compact Objects in Astrophysics*, Springer, 2007, 682 p.

<sup>61</sup>James B. Hartle, *Gravity: An Introduction to Einstein’s General Relativity*, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.



- 7.
8. 2-rasm. Ikkita qora tuynuklarning qo‘shilishi natijasida tarqalgan gravitatsion to‘lqinlarning qayd etilishi.

Gravitatsion to‘lqinlar mavjud bo‘lishi nazariy jixatdan Albert Eynshteyn tomonidan umumiy nisbiylik nazariyasini yaratganidan so‘ng 1916 yildayoq aytilgan edi. Oradan 100 yil o‘tib, gravitatsion to‘lqinlar kashf etildi. AQSH dagi gravitatsion to‘lqinlarni qayd etuvchi LIGO – observatoriyasi tomonidan 2015 yilning 14 sentabrda ikkita qora tuynuklarning birlashishi natijasida yangi bitta Qora tuynukning paydo bo‘lishi natijasida ajralib chiqqan gravitatsion to‘lqinlarni qayd etdi<sup>62</sup>. Gravitatsion to‘lqinlar tabiatan kichik intensivlikka ega bo‘lib, ularning intensivligi gravitatsion to‘lqin manbasining massasiga to‘g‘ri proporsionaldir. Qora tuynuklar massalari yetarlicha katta bo‘lganligi tufayli ulardan kelayotgan gravitatsion to‘lqinning intensivligi tajriba qurilmalari aniqligi intervalida bo‘ldi. Gravitatsion to‘lqinlar yorug‘lik tezligida tarqaluvchi, fazodagi massiv obyektlarning o‘zgaruvchan tezlanishi natijasida fazoda paydo bo‘luvchi yuguruvchi tebranishlardir. Ikkinchi tarafdin esa gravitatsion o‘zaro ta‘sir juda ham kuchsiz (tabiatdagi boshqa mavjud o‘zaro ta‘sirlarga nisbatan), uning ustiga kvadrupol xarakterga ega bo‘lgan gravitatsion to‘lqinlar amplitudasi kichik bo‘lgani uchun ularning mavjudligini tajribada tasdiqlash uzoq yillar davomida imkonsiz vazifa bo‘lib kelgan.

1974 yili Rassel Xals va Djozef Teylor tomonidan PSR B1913+16 qo‘shaloq neytron yulduzidan iborat tizimni kuzatuv natijasida gravitatsion to‘lqinlarning mavjudligining bilvosita tasdig‘i olindi va 1993 yilda ushbu olimlar fizika bo‘yicha

<sup>62</sup>T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.

Nobel mukofotiga sazovor bo'ldilar. Yulduzlarning bir-birining atrofida aylanishi natijasida ular gravitatsion to'liqlar tarqatishadi va buning natijasida ularning xarakat kinetik energiyasi kamayib boradi. Yulduzlar energiyalarining kamayishi ularning xarakat orbitalari radiuslarining kamayishiga, bu esa o'z navbatida aylanish davrlarining kamayishiga olib keladi. Umumiy nisbiylik nazariyasi tomonidan qilingan ushbu hisob-kitoblar kuzatuv natijalar bilan mos keldi.

Gravitatsion to'liqlarni bevosita qayd etish masalasi 1960 yillarda Djozef Veber tajribalari va undan keyin Veber tomonidan taklif etilgan hamda takomillashtirib borilgan gravitatsion to'liqlar rezonans detektorlari yordamida qayd etishga urinishlari bilan bog'liq. Ushbu detektorlarning ishlash prinsipi gravitatsion to'liqlarning katta – taxminan bir metrlik odatda alyumin silindr bo'ylab o'tishida uning siqilishi va kengayishi natijasida unda tebranishlarni vujudga kelishi va ushbu silindr qo'ng'iroq singari “jaranglay” boshlab, ularni qayd etish imkoni paydo bo'lishiga asoslangan.

Gravitatsion to'liqlar detektorlarining keyingi avlodi esa Maykelson interferometrlarini ishlatishga asoslangan. Ushbu asboblarning ishlash prinsipi gravitatsion to'liq interferometrning yelkalar orasida yorug'lik yo'llarining farqini katta aniqlik bilan o'lchashga asoslangan. Xozirgi paytda o'lchash aniqligi yuqori bo'lgan gravitatsion to'liq interferometrlari AQSH da joylashgan LIGO observatoriyasi (yelkalarining uzunliklari 4 km dan bo'lgan ikkita interferometr) va Yevropadagi VIRGO (yelkasining uzunligi 3 km ga teng bo'lgan interferometr) observatoriyalari bo'lib, ushbu observatoriyalar o'zaro xamkorlikda ishlashadi.

Ikkita qora o'raning qo'shilishi natijasida ajralib chiqqan amplitudasi  $10^{-21}$  bo'lgan gravitatsion to'liqlar 2015 yilning 14 sentabrida LIGO observatoriyasida dastavval Livingstondagi, so'ngra 7 millisekunddan so'ng Xenforddagi interferometrlar yordamida qayd etilgan. Bunda o'lchash mumkin bo'lgan signalning davomiyligi bor yo'g'i 0.2 sekund bo'lgan. Ushbu xodisaga GW150914 raqami berildi (bunda xodisaning sanasi — YYOOKK shaklida yozilgan).

Ushbu xamkorlikda ishlayotgan olimlar qayd etilgan signalni qayta ishlash 2015 yilning 18 sentabrdan 5 oktabrgacha davom etgan. Bu paytga kelib ilmiy jamiyatda olamshumul kashfiyot xaqida gap-so'zlar tarqala boshladi. Aynan shu paytda men va Astronomiya institutining katta ilmiy xodimi Axmadjon Abdujabbarov ilmiy safar bilan Germaniyaning Frankfurt universitetining Nazariy fizika institutida edik va ushbu olamshumul kashfiyotning xorijiy olimlar orasida muxokamasida qatnashish baxtiga muyassar bo'ldik. Shunday qilib, o'zbekistonlik olimlar ham ushbu olamshumul yangilikdan xabardor bo'lgan kamsonli mutaxassislar qatorida bo'lib qoldi.

2016 yilning 11 fevralida xalqaro LIGO ilmiy xamkorligidagi mutaxassislar Vashingtonda maxsus matbuot anjumanida gravitatsion to'liqlari xaqiqatda mavjudligi va qayd etilganini e'lon qilishdi (Ma'luot uchun, 1887 yilda Gersga o'zi tomonidan mavjudligi aytilgan elektromagnit to'liqlarini qayd etish uchun bir yil yetarli bo'lgan). Qayd etilgan signalning shakli umumiy nisbiylik nazariyasi doirasida qilingan ikkita massasi mos ravishda 36 va 29 Quyosh massasiga teng



bo'lgan qora o'ralarning qo'shilishida chiqadigan gravitatsion to'lqinning shakli bilan mos keldi. Natijada xosil bo'lgan qora o'raning massasi esa 62 Quyosh massasiga teng ekan. 0,43 sekundda ajralib chiqqan gravitatsion to'lqinning energiyasi 3 Quyosh massasiga teng bo'lgan energiyaga teng ekan. Solishtirish uchun bizning Quyoshimiz 10 milliard yil davomida o'zining massasining mingdan bir qimini nurlanish energiyasi tariqasida yo'qotadi. Ushbu GW150914 obyektigacha bo'lgan masofa esa taxminan 1,3 mlrd yorug'lik yiliga yoki 41 megaparsekka teng.

Signal manbasining joylashganlik yo'nalishi detektorlarda signalning o'tish vaqtlari farqi bilan aniqlanadi. Ikkita detektor mavjud bo'lganda esa, ushbu vaqtlar farqi faqat detektorlarni tutashtiruvchi to'g'ri chiziq va manbagacha bo'lgan yo'nalish orasidagi burchakningina aniqlash imkonini beradi. Yulduz osmoni xaritasida gravitatsion to'lqinning joylashgan sohasi ingichka xalqa ko'rinishida bo'ladi. Ushbu xalqaning ingichkaligi o'lchash natijalarining aniqligiga bog'liq – qanchalik aniq o'lchashlar olib borilsa, shunchalik xalqa ingichkalashib boraveradi. GW150914 obyektidan kelayotgan signalning kechikishi  $6,9+0,5-0,4$  ms ga teng va bu manba joylashgan soxa yulduzlar osmon xaritasida maydoni 140 kv. gradus yoki 590 kv. gradusga teng yarim oy shaklida ekanligi aniqlandi va bu uning optik va rentgen nurlar diapazonida kuzatish imkoni yo'qligini bildirdi.

LIGO dagi keyingi kuzatuvlar endi VIRGO (keyinchalik aniqligi yanada yuqoriroq bo'lgan Yaponiyaning KAGRA) observatoriyasi bilan xamkorlikda 2016 yilning avgust oyidan boshlab o'tkazilishi rejalashtirilgan. Gravitatsion to'lqinlarni qayd etishda yana bitta interferometrning qatnashishi gravitatsion to'lqinlarning qutblanishini aniqlash va manba joylashgan soxaning kichiklashtirish imkonini beradi. Uchta bitta to'g'ri chiziqda joylashmagan detektorning mavjudligi manbaning joylashgan koordinatasini aniqlash va ushbu manbani O'zRFA Astronomiya instituti va LIGO observatoriyasi bilan xamkorlik doirasida Maydanak balandtog' observatoriyasida optik diapazonda kuzatuv olib borish imkoniyatini ochib beradi. Bundan tashqari, LIGO observatoriyasi yordamida gravitatsion to'lqinlarni qayd etish orqali aniqlanishi kutilayotgan neytron yulduzlarning qo'shilishi xodisasi natijasida keng diapazonda kuchli elektromagnit to'lqinlar ham tarqalishi mumkin. Ushbu xolatda turli astronomik xodisalarni turli uzunlikdagi elektromagnit to'lqinlar yordamida kuzatish va gravitatsion to'lqinlar yordamida ushbu xodisalar xaqida to'laroq ma'lumot olish mumkin bo'ladi.

Ma'lumki, osmonni turli diapazondagi elektromagnit to'lqinlar yordamida o'rganish koinot xaqida yangi ma'lumotlar olish imkonini beradi. XX asrgacha ko'p asrlardan beri astronomlar faqat optik diapazonda kuzatuvlar olib borilgan. Biroq, XX asrga kelib koinotni o'rganish rentgen nurlar, radioto'lqinlar, ultrabinafsha vva gamma nurlar yordamida kuzatuvlar olib borish imkonini beruvchi teleskoplar orqali xam amalga oshirila boshladi. XXI asrda esa gravitatsion to'lqinlarni qayd etish yangi gravitatsion to'lqin astronomiyasini yaratilishi va rivojlanishi bilan bog'liq bo'ladi. Ushbu yangi soxa yordamida turli

kompakt gravitatsion obyektlar – qora o‘ralar, neytron yulduzlar va boshqa obyektlar tabiati, ichki tuzilishi xaqida to‘laroq ma’lumot olish mumkin bo‘ladi.

#### **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 xarakteristikalarini 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 energiya.
9. Galaktikadagi yulduzlarning orbital chiziqli 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. [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://journals.aps.org/prd/abstract/10.1103/PhysRevD.96.083003>

## V. AMALIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI

### **1-Amaliy mashg‘ulot. Koinotni katta portlash natijasida yaratilishi, inflyatsiya jarayoni. Fundamental o‘zaro ta’sirlar.**

Xabbl doimiysini xisoblash bo‘yicha masalalar yechish. Birlamchi yadroviy reaksiyalar, xususan deytron, geliy va litiy yadrolarining hosil bo‘lishi reaksiyalar energiyalarini xisoblash.

### **2-Amaliy mashg‘ulot. 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. Ekperiment va kuzatishlarga mo‘ljallangan uskunalar. Tezlatgichlar. Teleskoplar.**

Yadro reaksiyalarini ekperimentda kuzatishlar va ushbu masalaga mo‘ljallangan uskunalar, tezlatgichlar. Katta adron kollayderi (SERN) va boshqa ilmiy markazlarda mavjud bo‘lgan tezlatgichlar va uskunalar. Teleskoplar, Xabbl va Chandra teleskopi. Maydanak teleskopi va uning yordamida yechiladigan vazifalar.

### **4-Amaliy mashg‘ulot. Galaktikalarva ularning evolyusiyasi.**

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

### **5-Amaliy mashg‘ulot. Astrofizikadagi kompakt obyektlar. Qorong‘i materiya va qorong‘i energiY. Gravitatsion to‘lqinlar.**

Qora tuynuklar gravitatsion radiusini aniqlash bo‘yicha masalalar yechish. GW150914 obyektining gravitatsion to‘lqinlar orqali ilk bor qayd etilishi. Gravitatsion to‘lqinlar observatoriyalari: LIGO, VIRGO, KAGRO, LISA.

## VI. KEYSLAR BANKI

### Mini-keys 1.

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

Tinglovchilarni bilimini 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”**

Gersshprut-Rassel diagrammasi yulduzlar yorqinligi yoki temperaturasining uning massasiga bog'lanishini ifodalaydi. Kuzatuvlar natijasida olingan yorqinlik yordamida va diagrammadan foydalangan xolda 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 taqrizini maxsus savatga solishadi.

Keys o‘tkazish bo‘yicha umumiy xulosa qiling (assesment).

## **VII. MUSTAQIL TA'LIM MAVZULARI**

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

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.

## VIII. 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	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

	fundamental fizikaviy hodisalarning nazariy modeli	interactions. There are four conventionally accepted 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> .
<b>Vaynberg-Salam nazariyasi</b>	elektromagnit va kuchsiz o‘zaro ta’sirlarning birlashgan nazariyasi.	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> .
<b>Galaktika</b>	yulduzlar, yulduz turkumlari, yulduzlararo gaz va chang, xamda qorong‘i moddadan iborat gravitatsion bog‘langan tizim	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.
<b>Gamma-Astronomiya</b>	turlicha kosmik manbalarini ularning gamma diapazonidagi (to‘lqin uzunliklari $\lambda < 10^{-12}m$ , foton energiyasi esa $\varepsilon >$	<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</a>



	<p><math>10^5 eV</math> bo'lgan) elektromagnit nurlanishlari bo'yicha o'rganuvchi astronomiya bo'limi.</p>	<p><a href="#">astronomy</a>. September 02 2011 Fermi Second catalog of Gamma Ray Sources constructed over 2 years. An all sky image showing energies greater than 1 billion electron volts (1 GeV) ub. Brighter colors indicate gamma-ray sources. Gamma rays in the MeV range are generated in <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.</p>
<p><b>Glyuon</b></p>	<p>birga teng spinli va nolga teng tinchlik massali hamda kvarklar orasidagi kuchli o'zaro ta'sirni tashuvchi elektrik neytral zarra.</p>	<p><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="#">vectorgauge 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.</p>
<p><b>Yorug'lik yili</b></p>	<p>astronomiyada qo'llaniladigan uzunlik birligi; yorug'lik bir yilda bosib o'tadigan masofaga teng. (1 YO.y. = <math>9,4605 \cdot 10^{15}m</math>)</p>	<p>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="#">trillionkilometres</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</p>

		misinterpreted as a unit of time.
<b>Kuchsiz o‘zaro ta’sir</b>	bir necha attometr <span>dan</span> ( $10^{-18}\text{m}$ ) kichik masofalarda elementar zarralar orasidagi o‘zaro ta’sir; bunday o‘zaro ta’sir xususan atom yadrolarining betta yemirilishiga olib keladi.	<p>In <a href="#">particle physics</a>, the <b>weak interaction</b> is the mechanism responsible for the <b>weak force</b> or <b>weak nuclear force</b>, one of the four known <a href="#">fundamental interactions</a> of nature, alongside the <a href="#">strong interaction</a>, <a href="#">electromagnetism</a>, and <a href="#">gravitation</a>.</p> <p>The weak interaction is responsible for the <a href="#">radioactive decay</a> of <a href="#">subatomic particles</a>, and it plays an essential role in <a href="#">nuclear fission</a>. The theory of the weak interaction is sometimes called <b>quantum flavordynamics (QFD)</b>, in analogy with the terms <a href="#">QCD</a> and <a href="#">QED</a>, but the term is rarely used because the weak force is best understood in terms of <a href="#">electro-weak theory (EWT)</a>.</p>
<b>Kvazar</b>	uzoqlashgan gallaktikaning faol o‘zagidan iborat bo‘lgan qudratli kosmik elektromagnit nurlanish manbai.	<p><b>Quasars</b> or <b>quasi-stellar radio sources</b> are the most energetic and distant members of a class of objects called <a href="#">active galactic nuclei</a> (AGN). Quasars are extremely luminous and were first identified as being high <a href="#">redshift</a> sources of <a href="#">electromagnetic energy</a>, including <a href="#">radio waves</a> and <a href="#">visible light</a>, that appeared to be similar to <a href="#">stars</a>, rather than extended sources similar to <a href="#">galaxies</a>. Their spectra contain very broad <a href="#">emission lines</a>, unlike any known from stars, hence the name "quasi-stellar."</p>
<b>Kvarklar</b>	hozirga tasavvurga ko‘ra barcha adronlarning tarkibiy qismlarini tashkil qiluvchi fundamental zarrachalar.	<p>A <b>quark</b> (<a href="#">/'kwɔ:rk/</a> or <a href="#">/'kwa:rk/</a>) is an <a href="#">elementary particle</a> and a fundamental constituent of <a href="#">matter</a>.</p> <p>Quarks combine to form <a href="#">composite particles</a> called <a href="#">hadrons</a>, the most stable of which are <a href="#">protons</a> and <a href="#">neutrons</a>, the components of <a href="#">atomic nuclei</a>.<sup>[1]</sup></p> <p>Due to a phenomenon known as</p>

		<p><u>color confinement</u>, quarks are never directly observed or found in isolation; they can be found only within hadrons, such as <u>baryons</u> (of which protons and neutrons are examples), and <u>mesons</u>. For this reason, much of what is known about quarks has been drawn from observations of the hadrons themselves.</p>
<b>Koinot</b>	<p>moddiy dunyoning kuzatish mumkin bo'lgan qismi.</p>	<p>part of the material world that can be observed. The <b>Universe</b> is all of <u>time</u> and <u>space</u> and its contents. The Universe includes <u>planets</u>, <u>natural satellites</u>, <u>minor planets</u>, <u>stars</u>, <u>galaxies</u>, the contents of <u>intergalactic space</u>, the smallest <u>subatomic particles</u>, and all <u>matter</u> and <u>energy</u>. The <u>observable universe</u> is about 28 <u>billion parsecs</u> (91 billion <u>light-years</u>) in <u>diameter at the present time</u>. The size of the whole Universe is not known and may be either finite or infinite.</p>
<b>Kollayder</b>	<p>zaryadlangan zarralarning qarama – qarshi dastalarining uchrashuvi yuz beradigan tezlatgich.</p>	<p>A <b>collider</b> is a type of <u>particle accelerator</u> involving directed beams of <u>particles</u>. Colliders may either be <u>ring accelerators</u> or <u>linear accelerators</u>, 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 <u>particle physics</u> by accelerating <u>particles</u> to very high <u>kinetic energy</u> 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.</p>

<p style="text-align: center;"><b>Kosmik radionurlanish</b></p>	<p style="text-align: center;">kosmik obektlarning radioto‘lqinlar sohasida elektromagnit nurlanishi.</p>	<p>Space objects in the field of radio 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 style="text-align: center;"><b>Kuchli o‘zaro ta’sir</b></p>	<p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;"><b>Leptonlar</b></p>	<p style="text-align: center;">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 ½) 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</p>

		<p><a href="#">composite particles</a> such as <a href="#">atoms</a> and <a href="#">positronium</a>, while neutrinos rarely interact with anything, and are consequently rarely observed. The best known of all leptons is the <a href="#">electron</a>.</p>
<p><b>Maydon yagona nazariyasi</b></p>	<p>elementar zarralar xossalari va o‘zaro ta’sirlarining barcha xilma – xilligini uncha kam sonli universal tamoyillarga keltirishga qaratilgan materiyaning yagona nazariyasi.</p>	<p>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>.</p>
<p><b>Myuonlar</b></p>	<p>massasi elektron massasidan taqriban 207 marta katta va elektromagnit hamda kuchsiz o‘zaro ta’sirlarda ishtirok etuvchi zaryadlangan elementar zarralar.</p>	<p>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 <math>-1 e</math> and a <a href="#">spin of <math>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 <a href="#">μs</a>. 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.</p>
<p><b>Neytron yulduzlar</b></p>	<p>yulduzlarning ichki</p>	<p>A <b>neutron star</b> is a type of <a href="#">compact</a></p>

	<p>tuzilishi nazariyasiga ko'ra ozgina elektronlar aralashgan neytronlardan o'ta og'ir atom yadrolari va protonlardan tashkil topgan eng zich yulduzlar.</p>	<p><a href="#">star</a>. Neutron stars are the smallest and densest stars known to exist in 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</p>

		<p><a href="#">luminosity</a> comes from the <a href="#">emission</a> of stored <a href="#">thermal energy</a>; no fusion 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 <a href="#">Sirius 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; <math>1\text{pk}=3,0857 \cdot 10^{16}\text{m}</math>.</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</a> subtends 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 <math>+1 e</math>, a <a href="#">spin</a> of <math>\frac{1}{2}</math>, 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>).</p>

		<p>Positrons may be generated by <a href="#">positron emission</a> radioactive decay (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.</p>
<p><b>Fermion</b></p>	<p>yarim butun spinga ega bo‘lgan zarracha.</p>	<p>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.</p>
<p><b>Xabbl doimiysi</b></p>	<p>ko‘rinuvchi Koinotning kosmologik kengayishi tufayli gallaktikadan tashqari obektlarning uzoqlashishi tezliklari bilan ulargacha bo‘lgan masofalar orasidagi bog‘lanishlardagi mutanosiblik koeffitsiyenti.</p>	<p>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</p>



		<p>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.</p>
<p><b>Yulduz turkumlari</b></p>	<p>birday yoshdagi va birgalikda vujudga kelgan gravitatsion bogʻlangan yulduzlar guruhlari.</p>	<p><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>.</p>
<p><b>Yulduzlar</b></p>	<p>gravitatsiya kuchlarining issiq modda (gaz) ning bosimi hamda nurlanishlar bilan muvozanati xisobiga barqaror boʻlgan ulkan nurlanuvchi plazmaviy sharlar.</p>	<p>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</p>

		<p>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>.</p>
<b>Yadroviy astrofizika</b>	<p>yulduzlar va boshqa samoviy obektlarda sodir bo‘luvchi barcha yadroviy jarayonlarni tadqiq qiluvchi fan.</p>	<p><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>.</p>
<b>Qora tuynuk</b>	<p>gravitatsiya kuchlari jismni uning gravitatsiyaviy radiusidan kichikroq o‘lchamlargacha siqilishi natijasida yuzaga keluvchi kosmik obyekt.</p>	<p>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>.</p>

## **VIII. ADABIYOTLAR RO‘YXATI:**

### **ADABIYOTLAR RO‘YXATI**

#### **I. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining asarlari**

1. Mirziyoyev SH.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan birga quramiz. – T.: “O‘zbekiston”, 2017. – 488 b.
2. Mirziyoyev SH.M. Milliy taraqqiyot yo‘limizni qat’iyat bilan davom ettirib, yangi bosqichga ko‘taramiz. 1-jild. – T.: “O‘zbekiston”, 2017. – 592 b.
3. Mirziyoyev SH.M. Xalqimizning roziligi bizning faoliyatimizga berilgan eng oliy bahodir. 2-jild. T.: “O‘zbekiston”, 2018. – 507 b.
4. Mirziyoyev SH.M. Niyati ulug‘ xalqning ishi ham ulug‘, hayoti yorug‘ va kelajagi farovon bo‘ladi. 3-jild.– T.: “O‘zbekiston”, 2019. – 400 b.
5. Mirziyoyev SH.M. Milliy tiklanishdan – milliy yuksalish sari. 4-jild.– T.: “O‘zbekiston”, 2020. – 400 b.

#### **II. Normativ-huquqiy hujjatlar**

6. O‘zbekiston Respublikasining Konstitusiyasi. – T.: O‘zbekiston, 2018.
7. O‘zbekiston Respublikasining 2020 yil 23 sentabrda qabul qilingan “Ta’lim to‘g‘risida”gi O‘RQ-637-sonli Qonuni.
8. O‘zbekiston Respublikasining “Korrupsiyaga qarshi kurashish to‘g‘risida”gi Qonuni.
9. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2015 yil 12 iyun “Oliy ta’lim muassasalarining rahbar va pedagog kadrlarini qayta tayyorlash va malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-4732-sonli Farmoni.
10. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevral “O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risida”gi 4947-sonli Farmoni.
11. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 20 aprel "Oliy ta’lim tizimini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-2909-sonli Qarori.
12. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018 yil 5 iyun “Oliy ta’lim muassasalarida ta’lim sifatini oshirish va ularning mamlakatda amalga oshirilayotgan keng qamrovli islohotlarda faol ishtirokini ta’minlash bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-3775-sonli Qarori.
13. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018 yil 21 sentabr “2019-2021 yillarda O‘zbekiston Respublikasini innovatsion rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-5544-sonli Farmoni.
14. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 27 may “O‘zbekiston Respublikasida korrupsiyaga qarshi kurashish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-5729-son Farmoni.
15. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 17 iyun “2019-2023 yillarda Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universitetida talab yuqori bo‘lgan malakali kadrlar tayyorlash tizimini tubdan takomillashtirish va ilmiy salohiyatini rivojlantiri chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-4358-sonli Qarori.

16. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 27 avgust “Oliy ta’lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining uzluksiz malakasini oshirish tizimini joriy etish to‘g‘risida”gi PF-5789-sonli Farmoni.

17. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 8 oktabr “O‘zbekiston Respublikasi oliy ta’lim tizimini 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-5847-sonli Farmoni.

18. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 29 oktabrdagi “Ilm-fanni 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-6097 – sonli Farmoni.

19. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019 yil 23 sentabr “Oliy ta’lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi 797-sonli Qarori.

### **SH. Maxsus adabiyotlar**

20. A.A. Abdujabbarov, B.J. Ahmedov, Photons Motion and Optical Properties of Black holes, Tashkent, 2019, 184 pp.

21. Andi Klein and Alexander Godunov. “Introductory Computational Physics”. Cambridge University Press 2010.

22. David Spencer “Gateway”, Students book, Macmillan 2012.

23. Dieter Vollath Nanoparticles-Nanocomposites-Nanomaterials. An introduction for beginners. – Wiley-VCH VerlagGmbH&Co.KGaA, Boschstr. Weinheim, Germany, 2013. – P. 322.

24. English for Specific Purposes. All Oxford editions. 2010, 204.

25. Harvey Gould, Jan Tobochnik, Wolfgang Christian. “An introduction to computer simulation methods. Applications to Physical Systems”. Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley, 2007.

26. <http://phet.colorado.edu>

27. Isabel Gedgrave” Modern Teaching of Physics”. 2009

28. Lindsay Clandfield and Kate Pickering “Global”, B2, Macmillan. 2013. 175.

29. Mitchell H.Q. “Traveller” B1, B2, MM Publications. 2015. 183.

30. Mitchell H.Q. MarileniMalkogianni “PIONEER”, B1, B2, MM Publications. 2015. 191.

31. Mustafa Akay. Introduction to Polymer Science and Technology &Ventus Publishing ApS, 2012, - P.169.

32. Rolf Klein. Material Properties of Plastics, - Wiley-VCH VerlagGmbH&Co. KGaA, Boschstr. Weinheim, Germany, 2011. – P. 68.

33. S. SitiSuhaily, H.P.S. Abdul Khalil, W.O. Wan Nadirah and M. JawaidBamboo Based BiocompositesMaterial, Design and Applications Additional information is available at the end of the chapter 2013.

34. S.M.Lindsay, Introduction to nanoscience, Oxford University Press, 2010
35. Steve Taylor “Destination” Vocabulary and grammar”, Macmillan 2010.
36. Thomas Hanemann. Polymer-Nanoparticle composites: From Synthesis to Modern Applications. – Materials, 2010. – P.50.
37. Viatcheslav Mukhanov, Physical Foundations of Cosmology Cambridge University Press, 2012, DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511790553>
38. Vittorio Degiorio, Iliaria Cristiani /Photonics. A short course/ Springer International Publishing Switzerland 2014.
39. William D. Callister Jr. Materials Sciences and Engineering. An Introduction. John Wiley & Sons. Inc. 2010. – P. 1000.
40. Arxangelskaya I.V., Rozental I.L., Chernin A.D. Kosmologiya i fizicheskiy vakuum. Izd. stereotip. URSS. 2020. 214 s. ISBN 978-5-396-00993-6.
41. Asekretov O.K., Borisov B.A., Bugakova N.Y. i dr. Sovremenniy obrazovatelniye texnologii: pedagogika i psixologiya: monografiya. – Novosibirsk: Izdatelstvo SRNS, 2015. – 318 s. <http://science.vvsu.ru/files/5040BC65-273B-44BB-98C4-CB5092BE4460.pdf>
42. Belogurov A.Y. Modernizatsiya protsessa podgotovki pedagoga v kontekste innovatsionnogo razvitiya obshestva: Monografiya. — M.: MAKSS Press, 2016. — 116 s. ISBN 978-5-317-05412-0.
43. Gulobod Qudratulloh qizi, R. Ishmuhamedov, M. Normuhamedova. An’anaviy va noan’anaviy ta’lim. – Samarqand: “Imom Buxoriy xalqaro ilmiy-tadqiqot markazi” nashriyoti, 2019. 312 b.
44. Djorayev M., Fizika o’qitish metodikasi. Guliston davlat universiteti. Guliston, 2017. – 256 b.
45. Ibraymov A.YE. Masofaviy o’qitishning didaktik tizimi. metodik qo’llanma/ tuzuvchi. A.YE. Ibraymov. – Toshkent: “Lesson press”, 2020. 112 bet.
46. Ignatova N. Y. Obrazovaniye v sifrovuyu epoxu: monografiya. M-vo obrazovaniya i nauki RF. – Nijniy Tagil: NTI (filial) UrFU, 2017. – 128 s. [http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/54216/1/978-5-9544-0083-0\\_2017.pdf](http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/54216/1/978-5-9544-0083-0_2017.pdf)
47. Ishmuhamedov R.J., M. Mirsoliyeva. O’quv jarayonida innovatsion ta’lim texnologiyalari. – T.: «Fan va texnologiya», 2014. 60 b.
48. Muslimov N. Ava boshqalar. Innovatsion ta’lim texnologiyalari. O’quv-metodik qo’llanma. – T.: “Sano-standart”, 2015. – 208 b.
49. Noxara X. Reforma gosudarstvennix universitetov i nauchnix issledovaniy v Yaponii. // Ekonomika obrazovaniya. – 2008. – № 3. – S. 77–82
50. Oleg Verxodanov, Yuriy Pariyskiy. Radiogalaktiki i kosmologiya. Litres, 2018-12-20. — 304 s. — ISBN 978-5-457-96755-7.

51. Oliy ta'lim tizimining raqamli avlodgamoslashtirish konsepsiyasi. Yevropa Ittifoqi Erasmus+ dasturining ko'magida. [https://hiedtec.ecs.uniruse.bg/pimages/34/3\\_UZBEKISTAN-CONCEPT-UZ.pdf](https://hiedtec.ecs.uniruse.bg/pimages/34/3_UZBEKISTAN-CONCEPT-UZ.pdf)

52. S.G. Moiseyev, S.V. Vinogradov. Osnovi nanofiziki. Ulyanovsk, 2010.

53. Usmonov B.SH., Habibullayev R.A. Oliy o'quv yurtlarida o'quv jarayonini kredit-modul tizimida tashkil qilish. O'quv qo'llanma. T.: "Tafakkur" nashriyoti, 2020 y. 120 bet.

54. Sherbak YE.N. Zarubejniye obrazsisistemi upravleniyavisshim obrazovaniyem (na primere obrazovatelnix standartov Fransii i SSHA) // Obrazovaniye i pravo. – 2012. – № 9 (37). – S.79-87

#### IV. Internet saytlar

55. <http://edu.uz> – O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi

56. <http://lex.uz> – O'zbekiston Respublikasi Qonun hujjatlari ma'lumotlari milliy bazasi

57. <http://bimm.uz> – Oliy ta'lim tizimi pedagog va rahbar kadrlarini qayta tayyorlash va ularning malakasini oshirishni tashkil etish bosh ilmiy-metodik markazi

58. <http://ziyonet.uz> – Ta'lim portali ZiyonET

59. <http://www.nobelprizes.com/>

60. <http://www.wittenborg.eu>

61. <http://www.physics.ox.ac.uk>

62. <http://www.phy.cam.ac.uk>

63. <http://www.physics.uni-heidelberg.de>

64. [www.cultinfo./fulltext/1/008/077/561/htm](http://www.cultinfo./fulltext/1/008/077/561/htm)

65. <http://www.unibo.it>

66. <http://www.iau-aiu.net/>

67. <https://en.wikipedia.org/wiki/>

68. <http://www.aca-secretariat.be/>

69. <https://ui.adsabs.harvard.edu/>

70. <https://arxiv.org/>

