

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM
VAZIRLIGI**



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

**BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI HUZURIDAGI PEDAGOG
KADRLARINI QAYTA TAYYORLASH VA ULARNING MALAKASINI
OSHIRISH MINTAQAVIY MARKAZI**

“TASDIQLAYMAN”

**Mintaqaviy markaz direktori
_____ B.R.Adizov**

“ ____ ” _____ 2025 yil

**“Astrofizik kompakt gravitatsion ob’ektlarni o‘qitishda ilg‘or xorijiy
texnologiyalardan foydalanish” modulining**

Ўқув услубий мажмуа

**AKADEMIK LISEYLAR O‘QITUVCHILARI MALAKA OSHIRISH
KURSLARI UCHUN**

Malaka oshirish kursi yo‘nalishi: “Fizika va astronomiya”

Tinglovchilar kontingenti: Akademik liseyning Fizika va astronomiya
fani o‘qituvchilari

BUXORO – 2024

Annotatsiya

Ushbu o'quv-uslubiy majmua «**Astrofizik kompakt gravitatsion ob'ektlarni o'qitishda ilg'or xorijiy texnologiyalardan foydalanish**» moduli bo'yicha tuzilgan bo'lib, unda fizika va astronomiya fanlarining ishchi dastur, kalendar reja, ta'lim texnologiyasi, ma'ruza matni, test savollari, nazorat savollari, BMI mavzulari, mustaqil ta'lim uchun savollar va topshiriqlar, glossariy, didaktik materiallar ishlanmalari yoritilgan.

Tuzuvchi: - Buxdpi FIZIKA kafedrası o'qituvchisi , Narzullaev Muxiddin Nasullaevich

Taqrizchilar:

..... - Buxdpi fizika kafedrai dotsenti, Nazarov M.R

..... - BuxDU fizika kafedrai dotsenti Saidov K.S.

O‘QUV –USLUBIY MAJMUA TARKIBI

Annotatsiya.....	2
O‘QUV –USLUBIY MAJMUA TARKIBI.....	3
I.ISHCHI DASTUR	4
1-Mavzu: Kompakt ob’ektlarning turlari va ularni kuzatish imkoniyatlari.....	6
2-Mavzu: Qora tuynuklar.	6
1-Mavzu: Neytron yulduzlar va oq mittilar haqidagi tushunchalarni farqlay olish.	6
2-Mavzu: Astrofizika nuqtai-nazaridan gravitatsion kollapsning turlarini farqlash.	6
II. MODULNI O‘QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTERFAOL TA’LIM METODLARI.	7
III.NAZARIY MASHG‘ULOTLAR MAZMUNI.....	10
1-Mavzu: Kompakt ob’ektlarning turlari va ularni kuzatish imkoniyatlari....	10
2-Mavzu: Qora tuynuklar.	23
IV.AMALIY MASHG‘ULOTLAR MAZMUNI	35
1-Amaliy mashg‘ulot: Neytron yulduzlar va oq mittilar haqidagi tushunchalarni farqlay olish.	35
2-Amaliy mashg‘ulot: Astrofizika nuqtai-nazaridan gravitatsion kollapsning turlarini farqlash.	39
V. KEYSLAR BANKI.....	45
VI. MUSTAQIL TA’LIM MAVZULARI.....	47
VII. GLOSSARIY	47
VIII. ADABIYOTLAR RO‘YXATI.....	57

I.ISHCHI DASTUR

KIRISH

Dastur O‘zbekiston Respublikasining 2020-yil 23-sentyabrda tasdiqlangan “Ta’lim to‘g‘risida”gi Qonuni, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 3-dekabrda “Iqtidorli yoshlarni saralab olish tizimi va akademik litseylar faoliyatini takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-4910-son hamda Vazirlar Mahkamasining 2022-yil 1-iyundagi “Akademik litseylar rahbar va pedagog xodimlarining uzduksiz malakasini oshirish tizimini joriy etish to‘g‘risida”gi 296-son Qarorlarida belgilangan ustuvor yo‘nalishlar mazmunidan kelib chiqqan holda tuzilgan bo‘lib, u zamonaviy talablar asosida malaka oshirish jarayonlarining mazmunini takomillashtirish hamda akademik litseylar pedagog xodimlarining kasbiy kompetentligini muntazam oshirib borishni maqsad qiladi.

Dastur doirasida berilayotgan tayanch modullari mavzulari orqali akademik litseylarda faoliyat olib borayotgan pedagog xodimlarning borliq haqidagi qarashlar evolutsiyasini o‘zlashtirish, yulduz turlari va ularning evolutsion bosqichlarini o‘rganish, astrofizik kompakt gravitatsion ob'ektlardan foydalanish darajasini oshirish hisobiga ularning pedagogik mahorat va kasbiy kompetentligini muntazam takomillashtirish bilan birgalikda pedagog xodimlarning ehtiyojlari asosida tanlab olingan tanlov modullari bo‘yicha bilim, ko‘nikma va malakalarga ega bo‘lishlari ta‘minlanadi.

Modulning maqsadi va vazifalari

Modulning **maqsadi** pedagog xodimlarning o‘quv-tarbiyaviy jarayonlarini yuqori ilmiy-metodik darajada ta‘minlashlari uchun zarur bo‘ladigan kasbiy bilim, ko‘nikma va malakalarini muntazam yangilash, kasbiy kompetentligi va pedagogik mahoratining uzluksiz rivojlanishini ta‘minlashdan iborat.

Modulning vazifalari

- pedagog xodimlarning kasbiy bilim, ko‘nikma, malakalarini uzluksiz yangilash va rivojlantirish;
- pedagoglarning zamonaviy talablarga mos holda akademik litseylardagi o‘qitish sifati va samaradorligini ta‘minlash uchun zarur bo‘lgan kasbiy mahorat darajasini oshirish;
- o‘qitishning innovasion texnologiyalari va ilg‘or xorijiy tajribalarni o‘zlashtirish hamda ulardan o‘quv jarayonida samarali foydalanish ko‘nikmalarini shakllantirish;
- o‘quv jarayonini ilm-fan va ishlab chiqarish bilan samarali integratsiyasini ta‘minlashga qaratilgan faoliyatni tashkil etish.

**Modul bo'yicha tinglovchilarning bilimi, ko'nikma va malakalariga
qo'yiladigan talablar**

“Fizika va astronomiya” modulini o'zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida:

- kompakt ob'ektlarning turlari va ularni kuzatish imkoniyatlarini;
- kompakt obyektlarning shakllanish bosqichlarini;
- yulduzlarda moddalarining shakllanishi va ularning koinot bo'ylab taqsimlanishini ***bilishi*** kerak.

Tinglovchi:

- kompakt ob'ektlar atrofidagi magnit maydonini o'rganish;
- neytron yulduzlar va oq mittilar haqidagi tushunchalarni farqlay olish;
- galaktikamiz markazidagi qora tuynuk va uni kuzatish;
- astrofizikadagi kompakt ob'ektlar va gravitatsion to'liqlarini tahlil etish;
- astrofizika nuqtai-nazaridan gravitatsion kollapsning turlarini farqlash va amaliyotga tatbiq etish ***ko'nikma va malakalariga*** ega bo'lishi lozim.

Tinglovchi:

- olamning rivojlanishidagi hal qiluvchi bosqichlaridan aniq ma'lumotlar olish;
- astrofizika nuqtai-nazaridan yulduzlarda kechadigan jaryonlarni tahlil etish, baholash va umumlashtirish ***kompetensiyalariga*** ega bo'lishi lozim.

Astrofizik kompakt gravitatsion ob'ektlarni o'qitishda ilg'or xorijiy texnologiyalardan foydalanish moduli bo'yicha soatlar taqsimoti

№	Modul mavzulari	Tinglovchining o'quv yuklamasi, soat			
		Hammasi	Auditoriya o'quv yuklamasi		
			jumladan		
			Jami	Nazariy	Amaliy
1	Kompakt ob'ektlarning turlari va ularni kuzatish imkoniyatlari.	2	2	2	
2	Qora tuynuklar.	2	2	2	
3	Neytron yulduzlar va oq mittilar haqidagi tushunchalarni farqlay olish.	2	2		2
4	Astrofizika nuqtai-nazaridan gravitatsion kollapsning turlarini farqlash.	2	2		2

Jami:	8	8	4	4
--------------	----------	----------	----------	----------

NAZARIY MASHG'ULOTLAR MAZMUNI

1-Mavzu: Kompakt ob'ektlarning turlari va ularni kuzatish imkoniyatlari.

Kompakt ob'ektlarning turlari va ularni kuzatish imkoniyatlari. Akkretsion disk. Kompakt obyektarning shakllanish bosqichlari. Kompakt ob'yektlar atrofidagi magnit maydon.

2-Mavzu: Qora tuynuklar.

Qora tuynuklar. Qora tuynuk tasviri. Aylanuvchi va aylanmaydigan qora tuynuklar. Yulduz tipidagi va o'ta og'ir qora tuynuklar. Galaktikamiz markazidagi qora tuynuk va uni kuzatish.

AMALIY MASHG'ULOTLAR MAZMUNI

1-Mavzu: Neytron yulduzlar va oq mittilar haqidagi tushunchalarni farqlay olish.

Neytron yulduzlar va oq mittilar haqidagi tushunchalarni farqlay olish. Kvazarlar, pulsarlar, magnitarlar. Astrofizikada mavhum ob'yektlar.

2-Mavzu: Astrofizika nuqtai-nazaridan gravitatsion kollapsning turlarini farqlash.

Astrofizika nuqtai-nazaridan gravitatsion kollapsning turlarini farqlash. Olamning tezlanish bilan kengayishi. Qorong'i materiya va qorong'i energiya. Astrofizikadagi kompakt ob'ektlar va gravitatsion to'liqlarini tahlil etish.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

I. Maxsus adabiyotlar

1. Толмен Р. Относительность, термодинамика и космология. - М.:Наука,1974.
2. 14. Шапиров С., Тьюколский С. Черные дыры, белые карлики и нейтронные звезды. Физика компактных объектов. В двух частях.- М.:Наука, 1985.
3. К.А. Постнов, А.В. Засов.Курс общей астрофизики.-М.: МГУ, 2005.
4. Jo Marchant, The Human Cosmos: A Secret History of the Stars, Canongate Books, 2020.
5. Akademik litseylar uchun fizika fanidan o'quv dasturi. -T., 2020.

6. Nurmatov J, Isroilov M.I, Nishonova M. Fizika Laboratoriya ishlari. - T.:O'qituvchi'', 2002.
7. N. Sadridinov, A. Rahimov, A. Mamadaliev, Z. Jamolova. Fizika o'qitish uslubi asoslari. -T.: O'zbekiston, 2006.
8. Кононович Э. В., Мороз В. И. Общей курс астрономии.- М.: УРСС, 2004.
9. Nuritdinov S.N, Ziyaxanov R.F., Tadjibaev I.U. Umumiy astronomiyadan masalalar to'plami.- T., O'zbekiston, 2013.
10. Nuritdinov S.N. Galaktik astronomiya kursi, ma'ruzalar matni.-T.: O'zMU, 2000.
11. Nuritdinov S.N. Umumiy astronomiya kursi.-T.: O'zMU, 2000.
12. Сурдин В.Г. Звезды.-М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. ИСБН: 978-5-9221-1116-4.
13. Сурдин В.Г. Галактики.- М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013.
14. Иванов В.В. Физика звёзд. Учебное пособие.- SPb, 2005.

II. Internet saytlar

15. <http://edu.uz>
16. <http://lex.uz>
17. <http://bimm.uz>
18. <http://ziyonet.uz>
19. <http://natlib.uz>

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.

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

Namuna: Koinotni katta portlash natijasida yaratilishi, inflyatsiya jarayoni. Fundamental o‘zaro ta’sirlar SWOT tahlilini ushbu jadvalga tushiring.

S	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.
W	Koinotni katta portlash natijasida yaratilishi, inflyatsiya jarayoni. Fundamental o‘zaro ta’sirlar foydalanishning kuchsiz tomonlari	Xozirigi paytda eksperimentda tekshirish imkoniyati yo‘q.
O	Koinotni katta portlash natijasida yaratilishi, inflyatsiya jarayoni. Fundamental o‘zaro ta’sirlar foydalanishning imkoniyatlari (ichki)	Fizikaning qonunlarini o‘zaro bog‘liqligini ko‘rsatadi.
T	To‘siqlar (tashqi)	Nazariyaning matematik apparati murakkab.

“Xulosalash” (Rezyume, Veer) metodi

Metodning maqsadi: Bu metod murakkab, ko‘ptarmoqli, mumkin qadar, muammoli xarakteridagi mavzularni o‘rganishga qaratilgan. Metodning mohiyati shundan iboratki, bunda mavzuning turli tarmoqlari bo‘yicha bir xil axborot beriladi va ayni paytda, ularning har biri alohida aspektlarda muhokama etiladi. Masalan, muammo ijobiy va salbiy tomonlari, afzallik, fazilat va kamchiliklari, foyda va zararlari bo‘yicha o‘rganiladi. Bu interfaol metod tanqidiy, tahliliy, aniq mantiqiy fikrlashni muvaffaqiyatli rivojlantirishga hamda o‘quvchilarning mustaqil g‘oyalari, fikrlarini yozma va og‘zaki shaklda tizimli bayon etish, himoya qilishga imkoniyat yaratadi. “Xulosalash” metodidan ma’ruza mashg‘ulotlarida individual va juftliklardagi ish shaklida, amaliy va seminar mashg‘ulotlarida kichik guruhlardagi ish shaklida mavzu yuzasidan bilimlarni mustahkamlash, tahlili qilish va taqqoslash maqsadida foydalanish mumkin.

Методни амалга ошириш тартиби:



тренер-ўқитувчи иштирокчиларни 5-6 кишидан иборат кичик гуруҳларга ажратади;



тренинг мақсади, шартлари ва тартиби билан иштирокчиларни таништиргач, ҳар бир гуруҳга умумий муаммони таҳлил қилиниши зарур бўлган қисмлари туширилган тарқатма материалларни



ҳар бир гуруҳ ўзига берилган муаммони атрофлича таҳлил қилиб, ўз мулоҳазаларини тавсия этилаётган схема бўйича тарқатмага ёзма баён қилади;



навбатдаги боскичда барча гуруҳлар ўз тақдимотларини ўтказадилар. Шундан сўнг, тренер томонидан таҳлиллар умумлаштирилади, зарурий ахборотлар билан тўлдирилади ва мавзу

Namuna:

“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.



iz ўzaro taъsирни tашувчи
рни кўрсатинг.

- A. W-бозон
- B. фотон
- C. глюон



й таҳлил
ментал ўзaro таъсир
рини таққосланг



гча таҳлили
бозон тушунчасини
ҳланг...



й кўникма
рачанинг энергиясини
обланг

III.NAZARIY MASHG’ULOTLAR MAZMUNI. NAZARIY MASHG’ULOTLAR MAZMUNI

1-Mavzu: Kompakt ob’ektlarning turlari va ularni kuzatish imkoniyatlari.

Kompakt ob’ektlarning turlari va ularni kuzatish imkoniyatlari. Akkretsion disk. Kompakt obyektarning shakllanish bosqichlari. Kompakt ob’yektlar atrofidagi magnit maydon.

1. Юлдузларнинг сўниши ва компакт объектларнинг пайдо бўлиши
2. Оқ миттилар, нейтрон юлдузлар ва қора туйнуклар.
3. Материянинг янги шакллари: қоронғи модда ва қоронғи энергия.
4. Гравитацион тўлқинлар.

Таянч иборалар: *оқ миттилар, нейтрон юлдузлар, қора туйнуклар, қоронги материя, қоронги энергия, гравитацион тўлқинлар.*

Юлдузларнинг сўниши ва компакт объектларнинг пайдо бўлиши

Қора туйнуклар – бу фазо-вақтнинг шундай соҳасики, кучли гравитацион майдон ҳисобига у ерни хатто ёруғлик тезлигида ҳаракатланувчи зарралар, шунингдек ёруғлик квантлари ҳам тарқ эта олмайдилар. Ушбу соҳанинг чегараси ҳодисалар горизонти деб аталади, унинг ўлчами эса гравитацион радиус дейилади. Энг содда ҳолда – сферик-симметрик қора туйнуклар учун ушбу ўлчам Шварцшильд радиусига тенг. Назарий жиҳатдан бундай объектларнинг мавжудлиги Эйнштейн тенгламаларининг баъзи аниқ ечимлари томонидан келиб чиқади. Бундай ечимларнинг биринчиси Карл Шварцшильд томонидан 1915 йили топилган¹.

Замонавий фан бизга сўнувчи массив юлдузлар билан боғлиқ кўпгина ҳайратомус ҳодисаларни таништиради. Уларни миллион йиллар давомида сақлаб келган ёнилғисининг етарли бўлмай қолиши билан юлдуз ортиқ мувозанат ҳолатини сақлаб қола олмайди ва ўз оғирлиги таъсирида маркази томон сиқилади, яъни коллапсга учрайди. Инсон ҳаётига ўхшаб юлдузлар ҳам ўзининг яшаш циклига эга. Улар чанг булутларида туғилади, ўсади ва миллион йиллар ёруғлик сочиб парланади ва ўлади. Юлдуз ўзининг дастлабки босқичларида ҳосил бўлган водороддан, кейин босқичларда гелийдан ва ниҳоят оғир элеменлардан иборат ички ёнилғиси ҳисобига ёруғлик сочади. Ҳар бир юлдуз ўзининг марказга тортувчи гравитацияси ва унга қарама қарши йўналишлардаги ички босим кучлари билан мувозанатга эга. Бу мувозанат ёнилғи темирга айланадиган вақтгача сақланади. Гравитация босим кучларидан катталашади ва юлдуз сиқила бошлайди.

Оқ миттилар, нейтрон юлдузлар ва қора туйнуклар.

Маълумки, юлдуз энергия захираси жуда катта бўлишига қарамай бу энергия вақт ўтиши билан босқичма-босқич яроқсизлашиб боради. Юлдузлар худди инсонларга ўхшаб яшайди, қарийди ва ўлади. Уларнинг яшаш вақти-пайдо бўлганидан то ядро ёнилғи ресурслари юлдуз бўлиб нур сочиб туришига етарли бўлмай қолишигача бўлган вақтдир. Бу вақт ҳар бир юлдузнинг массасига боғлиқдир. Хусусан, энг яқин юлдуз- бу 5 миллиард йиллардан бери ядро синтези жараёни ҳисобига ҳозирда ўзининг актив босқичида бўлган Кўёшдир ва унинг ёнилғи захираси яна 5 миллиард йилга

етади ² . Қуёш ўз ёнилғисини сарфлаб тугатаётган босқичда ўзининг гравитацияси ҳисобидан Ер сайёраси ўлчамидан катта бўлмаган ўлчамгача сиқилади. Бунда у ҳосил бўлган электрон газ босими билан мувозанатлашгандан сўнг сиқилишдан тўхтаб оқ миттига айланади. Массаси Қуёш массасидан 3-5 марта катта бўлган Юлдузлар ўз умрини бошқача-нейтрон юлдузларга айланган ҳолда якунлайди, бунда гравитация шундай кучлики электронларни атом ядросига жойлаштиради. Энди ички босим кучи электрон газ босими эмас балки нейтронлар босими ҳисобига гравитация кучларини мувозанатлайди ва 10 км гача сиқилиб боради.

Янада оғирроқ ва кўпроқ водород ёнилғи захирасига эга бўлган юлдузлар кучли гравитация кучлари таъсири остида тез ёнади ва яшаш вақти ҳам қисқа бўлади. Массаси жиҳатдан йирик бўлган юлдузлар том маънода бир неча миллион йил давомида “ёниб туради”, майда юлдузлар эса юзлаб миллиард йиллар давомида “яшайди”. Шундай экан, бу маънода бизнинг Қуёш “мустаҳкам ўрта” ликка киради.

Назарий жиҳатдан юлдузлар дастлабки массаларига боғлиқ ҳолда уч хил кўринишда ҳаётини якунлайди: 1. Агар юлдуз ядросининг дастлабки массаси Чандрасекар чегараси деб аталадиган (тахминан) 1.4 Қуёш массасидан кичик бўлса қисқа вақт қизил гигант ҳолатидан кейин оқ миттига айланади. Оқ митти ҳолида бир кеча миллион йиллар яшаб совуқ қора миттига, яъни ҳақиқий космик ўлик жисм- юлдузнинг мурдасига айланади. 2. Агар юлдузнинг дастлабки массаси Чандрасекар чегарасидан ошиб Волков чегараси деб аталадиган тахминан 2-3 Қуёш массасидан катта бўлса, ядро ёнилғисининг асосий қисми камайишидан кейин электрон газнинг босими қаршилиқ қила олмагач гравитация кучлари таъсири остида ташқи қатлами юлдузнинг марказига тушади. Бунинг натижасида юлдуз ҳажми 100000 марта камаяди, унинг ўртача зичлиги шунча марта ортади, радиуси эса атиги 10км атрофида бўлади. Деярли шу билан биргаликда юлдузнинг устки қатлами портлаш натижасида 10 000 км/с тартибидаги катта тезлик билан ҳар

томонга отилиб кетади. Бу ҳодиса марказида нейтрон юлдуз ҳосил бўлиши билан якунланувчи ўта янги юлдузнинг портлашидек кузатилади³. Бу Хитой ва Япон тарихида айтиб ўтилган 1054 йилда ҳозирда марказида нейтрон юлдуз жойлашган Краборид туманлиги ўрнида ёрқин юлдуз каби ярқираб, икки ҳафта давомида ҳаттоки кундузлари ҳам кўриниб турган. 3. Коллапсга учраётган юлдузнинг массаси кандайдир критик қийматдан катта бўлса (3 Қуёш массасидан) гравитация шунчалик катта бўладики буни ҳеч нарса тўхтата олмайди. Гравитация кучлари юлдузни ташкил қилувчи моддаларни шундай сиқиб борадики бунда юлдуз ўлчами энг кичик ўлчамгача кичраяди.





1-расм. Қора туйнукларнинг расмлари.

Бу учала компакт объектлар оддий юлдузлардан иккита фундаментал белги билан фарқланади. Биринчидан, ядро ёнилғисини сарфлаб улар гравитацион коллапсга термодинамик босим ҳисобидан қаршилик кўрсатади. Оқ миттилар гравитацион коллапсга электрон газ босими билан қаршилик қилади, нейтрон юдузлар- нейтронлар босими билан. Қора туйнуклар эса- ўзининг гравитация кучларига қаршилик қила олмасдан янога бир нуктагача сиқилиб борган. Учала компакт объектлар Коинотнинг ёши тартибидаги даврда турғун объектлар ҳисобланиди. Уларни юлдузларнинг энг охирги босқичидаги объект деб ҳисоблаш мумкин. Иккинчи фарқи- оддий ўзларининг массаси тартибидаги юлдузларнинг ўлчамларига нисбатан анча кичиклигидир⁴.

Бу учала юлдузларнинг охирги босқичидаги объектлардан энг биринчи бўлиб оқ миттилар астрономик кузатишлар натижасида топилган. Оқ митти тажрибада астрономлар бундай юлдуз қандай қилиб нур сочиб туришини

тушинидан олдин топилган. 1914 йили америкалик астроном Адамс осмонимиздаги энг ёрқин юлдуз бўлган Сириуснинг йўлдоши Сириус В нинг спектрини анализ қилаётиб юқори ҳароратга - Сириус юлдузининг ҳароратига яқин ҳароратга эга ва массаси Қуёш массаси тартибида бўлса ҳам радиуси Ер радиусидан кичик деган ҳулосага келади⁵.

Нейтрон юлдузлари тарихи эса аксинча, 1934 йил Бааде ва Цвикки нейтрон юлдузлар —юқори зичликка, кичик радиусга ва бошқа оддий юлдузларга нисбатан кучли гравитацияга эга бўлган юлдузлар ғоясини таклиф қилади. Нейтрон юлдузлар аслида астрономлар томонидан кашф этилгунга қадар назарайётчилар томонидан бир аср олдин қалам учидида кашф қилинган. Уларнинг астрономик кузатувларда топилиши бунчалик кечикишининг сабаби тез оради тўлиқ тушинарли бўлди. Агар космик жисмнинг радиуси 10км бўлса ҳаттоки унгача масофа энг яқин юлдузгача (Қуёшдан ташқари) масофага (10 ёруғлик йили) тенг бўлса ҳам уни энг қудратли телескоп ёрдамида ҳам кузатиш мумкин эмас. Ва ҳаттоки нейтрон юлдузгача масофа мумкин қадар кичик бўлса ҳам! Бундан келиб чиқадики нейтрон юлдузларни оптик усуллар билан кузатишлар мувофаққиятга учрайди.

Ва бирдан кутилмаган нарса содир бўлди: нейтрон юлдузлари топилди. Улар тамоман қидирилмаган жойдан, изламаган одамлар томонидан топилди. 1968 йил февралида машҳур Nature илмий журнали саҳифаларида таниқли инглиз астрономи Хьюш ва унинг ҳамкасблари томонидан пулсардарнинг кашф этилишига бағишланган мақола пайдо бўлади. Астрономиянинг XX асрдаги энг буюк кашфиёти 1967 йил Кембридже Университети Маллард радиоастрономик обсерваториясида Джоселин Белл томонидан очилган тез айланувчи нейтрон юлдузлар-пульсарларнинг кашф этилиши бўлган. Бу пульсарлар радио диапазонда урганилган⁶. Уларнинг очилиши шарафига Белл, Энтони Хьюшларга 1974 йил Нобел мукофоти берилди. Ҳозиргача 2000 га

якин пулсарлар маълум, кейинчалик пулсарлар рентген диапозонида ва кейинроқ фақат шу диапозонда кўринадиган гамма-пулсарлар ҳам аниқланди.

Юлдузни шундай радиусгача сиқиб борамизки, бунда ундан фазога ёруғлик тарқилмайди. Бу радиус Шварцшильд радиуси дейилади. Қуёш учун бу 3 км атрофида. Агар Қуёш ҳам 3 км ва ундан кичик ўлчамгача сиқилса ёруғлик нурлари Қуёш ташқарисига чиқа олмайди. Қора туйнукга айланган осмон жисмлари Коинотда йўқолиб кетмайди. У ўзи ҳақида ташқи оламга ўзининг гравитацияси ҳисобидангина маълумот бералди. Қора туйнук яқинидан ўтган ёруғликни ютади (у Шварцшильд радиусидан кичик масофаларгача яқинлашса) ва ёнидан ўтаётган нурларни сезиларли масофаларгача оғдиради.

Ўта оғир юлдузлар оқ митти ҳам нейтрон юлдуз ҳам бўла олмайди, чунки уларнинг ички босимлари гравитацияни компенсация қилишга етарли эмас. Ҳаттоки бошқача кўринишдаги босимлар кучга кирган тақдирда ҳам гравитацион коллапс барибир қайтмас бўлиб қолаверади. Гравитация ҳал қилувчи куч бўлади, натижада юлдузнинг якуний ҳолати (ходисалар горизонти билан ўралган сингуляр нукта) фактгина Эйнштейннинг гравитация назарияси ёрдамида ёритилади. Шундай қилиб, қора туйнуқлар Коинотдаги жумбоқли хусусиятга эга бўлган сирли объектлардан бири. Маълумки, қора туйнук фазо-вақт соҳаси дейилади, гравитация майдони шунчалик кучлики, ҳаттоки ёруғлик ҳам бу соҳани ташлаб чиқиб кета олмайди. Бу жисм ўлчами узининг гравитацион ўлчамидан кичик бўлганда содир бўлади. Гравитацион радиус Қуёш учун 3км, Ер учун эса 9мм отрофида. А. Эйнштейннинг умумий нисбийлик назарияси қора туйнуқларнинг ажабтовур хусусияти-қора туйнук учун муҳим бўлган ходисалар горизонти мавжудлигини кўрсатади. Қора туйнук ходисалар горизонти ичкарисы ташқи кўзатувчига кўринмайди, ҳамма жараёнлар ходисалар горизонти ташқарисыда содир бўлади. Шу сабабдан, ходисалар горизонтига эркин тушаётган фазогир эхтимол тамоман бошқа Коинотни ва

хаттоки ўз келажагини ҳам кўриши мумкин. Бу шуни билдирадики, қора туйнук ичкарасида фазо ва вақт координаталари ўз ўрнини алмаштиради ва биз қора туйнук ичида (ходисалар горизонти ичкарасида) фазо бўйича эмас балки вақт бўйича саёҳат қиламиз.

Қора туйнуқларнинг бундай ғайри оддий хусусияти кўпчиликка шунчвки фантастика бўлиб туйилади ва уларнинг мавжудлигига шубҳа пайдо бўлади. Аммо шуни таъкидлаш жоизки, энг янги кузатув маълумотларига кўра қора туйнуқлар ҳақакатан ҳам мавжуд. Масалан, XXI аср бўсағасида бизнинг галактикамиз марказида ўта оғир, массаси 4 миллион Қуёш массасига тенг бўлган қора туйнук мавжудлиги топилди. Бу- қора туйнуқлар ва уларнинг хусусиятлари изланишидаги янги босқич келди ва яқин келажақда ушбу соҳада илмий тадқиқотлар сезиларли даражада ривожланишга эришишимизга олиб келиши керак дегани⁷.

Шу ўринда биринчи навбатда машҳур физик, астрофизика ва назарий физика соҳасида кўпгина ёрқин ишлар муаллифи, бир вақтлар Исаак Ньютон ва Поль Дираклар раҳбарлик қилган Кембридже Университети кафедраси аъзоси Стивен Хокингни таъкидлаб ўтиш жоиз. Унинг изланишларининг асосий объекти бу қора туйнуқлар физикасидир. Унинг асарлари орасида “Вақтнинг қисқача тарихи” китоби энг содда тилда физиканинг қийин ва долзарб муаммоларини ҳаммага тушинарли қилиб ёзилган. Бу Хокинг ҳақида ҳаммаси эмас. У жуда оғир касал бўлиб унинг ҳозирда фақатгина иккита ўнг қўл бармоқлари ҳаракати сақлаб қолинган ва охириги 30 йил давомида гапиришдан ҳам маҳрум бўлган. У атрофидагилари билан нутқ синезатори ва компьютер ёрдамида гаплашади. Шунга қарамасдан у фоал ва доҳийона илмий изланишлар олиб бормоқда.

1974 йилда Стивен Хокинг қора туйнуқлар атрофида вакуумдан зарраларнинг пайдо бўлиши кўриб чиқади. Унинг ҳисоблашлари шуни таъкидлайдики айланувчи қора туйнуқлар нурланади ва бу қора туйнук айланишини секинлаштиради. Бу нурланиш спектри иссиқлик нурланишига

мос келиши айтиб ўтади. Бироқ натижалар ярим классик усулда олинган, аслида гравитация майдони умумий нисбийлик назарияси тенгламалари билан, қора туйнук яқинидаги вакуум кванланган майдон назарияси билан ёритилиши керак ⁸ . Кўпчилик олимлар Хокинг иккита назарияни бирлаштириб хатога йўл қуйди деб ҳисоблашади. Унинг қора туйнуқлар учун олдин қабул қилинган барча қонунларни бузади. Кейинроқ эса Хокинг ҳақ бўлиб чиқади ва унинг натижалари эгриланган вақт-фазодасиги кванланган майдонларнинг қонунлари кўринишида расман қобул қилинди. Шу сабабдан гравитацион, электромагнит ва бошқа турдаги нурланишларни кванланган майдонлар деб қаралади. Бошқача сўз билан айтганда тўлқинлар қанчалик квант механикаси тенгламалари билан ёритилмасин, улар ўзини бир вақтнинг ўзида ҳам тўлқин ҳам заррадек тутаяди.

Шунингдек, Хокинг ҳисоб китоблари қора туйнуқларнинг нурланишини ҳам кўрсатади. Портлашдан ҳосил бўлган янги объект жуда кичик ҳароратга эга бўлади ($3 \cdot 10^{-8}$ К дан кичик), Қора туйнуқнинг сиқилиши учун эса 10^{67} йилдан кўпроқ вақт керак бўлади. Сиқилиш натижасида унинг ҳарорати ошиб боради, нурланишлар ҳам кучаяди ва “буғланиши” тезлашади. Ниҳоят массаси бир неча миллион тоннагача камайганида ва унинг ҳодисалар горизонти радиуси атом ядроси ўлчамига тенг бўлиб, у жуда катта (юзлаб миллион К) ҳароратгача қизийди.

Хокинг ҳисолашларидан яна шуни кўриш мумкин: агар қора туйнук тўлиқ нурланиб кетса, унинг ҳолати тўғрисида маълумот узоқдаги кузатувчи учун бутунлай йўқолади. Бу классик назария доирасида тўғри. Бошқа томданқора туйнуқнинг “буғланиши” ҳисобидан йўқотилган ахборот квант механикасининг ахборот мавжудлигининг тўғрисидаги унитарлик тамойилига зид ва уни аниқлаш қийин. Фараз қилайлик, бизда иккита ўнг қизил пайпоқ ва чап кўк пайпоқ бор. Агар биз чап кўк пайпоқни қора туйнуқга ташласак ва кимдир ўнг қизил пайпоқни жуфтисиз топиб олса ва у ўйлайдики чап қизил пайпоқни қора туйнуқга ташлаган деб тахмин қилади

яъни модомики ҳеч қандай ахборот қора туйнукдан чиқиб кетолмас экан узоқдаги кузатувчи унинг ичида нима борлигини била олмайди⁹.

Шундай қилиб, қора жисмнинг нурланиши унинг ички тузилиши тўғрисида ҳеч қандай ахборот олиб чиқмайди, демак Хокингнинг кашфиёти ҳам қора туйнукга тушиб қолган жисм ҳақида бирор нарса билишимизга ёрдам бера олмайди. Бошқа сўз билан айтганда, Хокинг такидлаётган қора туйнукнинг нурланиши унинг ички тузилиши тўғрисида бизга маълумот бермайди. Бу Хокинг томонидан киритилган ахборотни йўқолиш парадокси дейилади. У шуни таъкидлайдики, бизнинг Коинотдан ахборот йўқолар экан бошқа жойда пайдо бўлади. Лекин, квант назариясига биноан қора жисмга ютилган ахборот тўла йўқолади¹⁰.

Хулоса ўрнида шуни такидлаш жоизки, қора туйнуклар– ўзида кўплаб синоат яшириб келаётган Коинотнинг жумбоқли объектларидир. Кўпгина бахс ва мунозаларга сабаб бўлаётган кўп сонли парадокс ва муаммоларга қарамасдан ишонч билан айтиш мумкинки ҳозирда жавобсиз қолаётган саволлар келажакда ўз жавобини топади.

Материянинг янги шакллари: қоронғи модда ва қоронғи энергия.

XXI асрда космологияда революцион кашфиётлар рўй берди. Аниқланишича Коинотдаги ўздан электромагнит нурланиш тарқатувчи (барион моддалар) коинотнинг бор йўғи 4% игина ташкил этаркан. Коинотнинг 21% ини ҳозирда қоронғи модда деб номланувчи ва ўзини фақат гравитацион ўзаро таъсирларда намоён этувчи номаълум модда ташкил этаркан. Ушбу модда галактикалардаги юлдузларнинг галактика маркази атрофида айланиш чизиқли тезлигини тадқиқ этиш натижасида аниқланган. Қоронғи модда бўлмаган моделлар юлдузлар ҳаракати Кеплер қонунига кўра галактика марказидан узоқлашган сари уларнинг чизиқли тезлиги камайиб бориши керак бўлган. Кузатувлар эса галактикадан узоқлашган сари юлдузларнинг чизиқли тезлиги камаймай балки аста секин ортиб бориши

кузатилди. Бу галактикаларда кўзга кўринмайдиган (яъни ўзидан электромагнит нурланиш тарқатмайдиган) массив модданинг мавжудлигини тасдиқлайди. Ушбу кашфиёт гравитацион линза эффекти деб номланувчи электромагнит нурларнинг гравитацион майдонда йўналишидан оғишига асосланган кузатувларда ҳам мустақил равишда ўз тасдиғини топди¹¹.

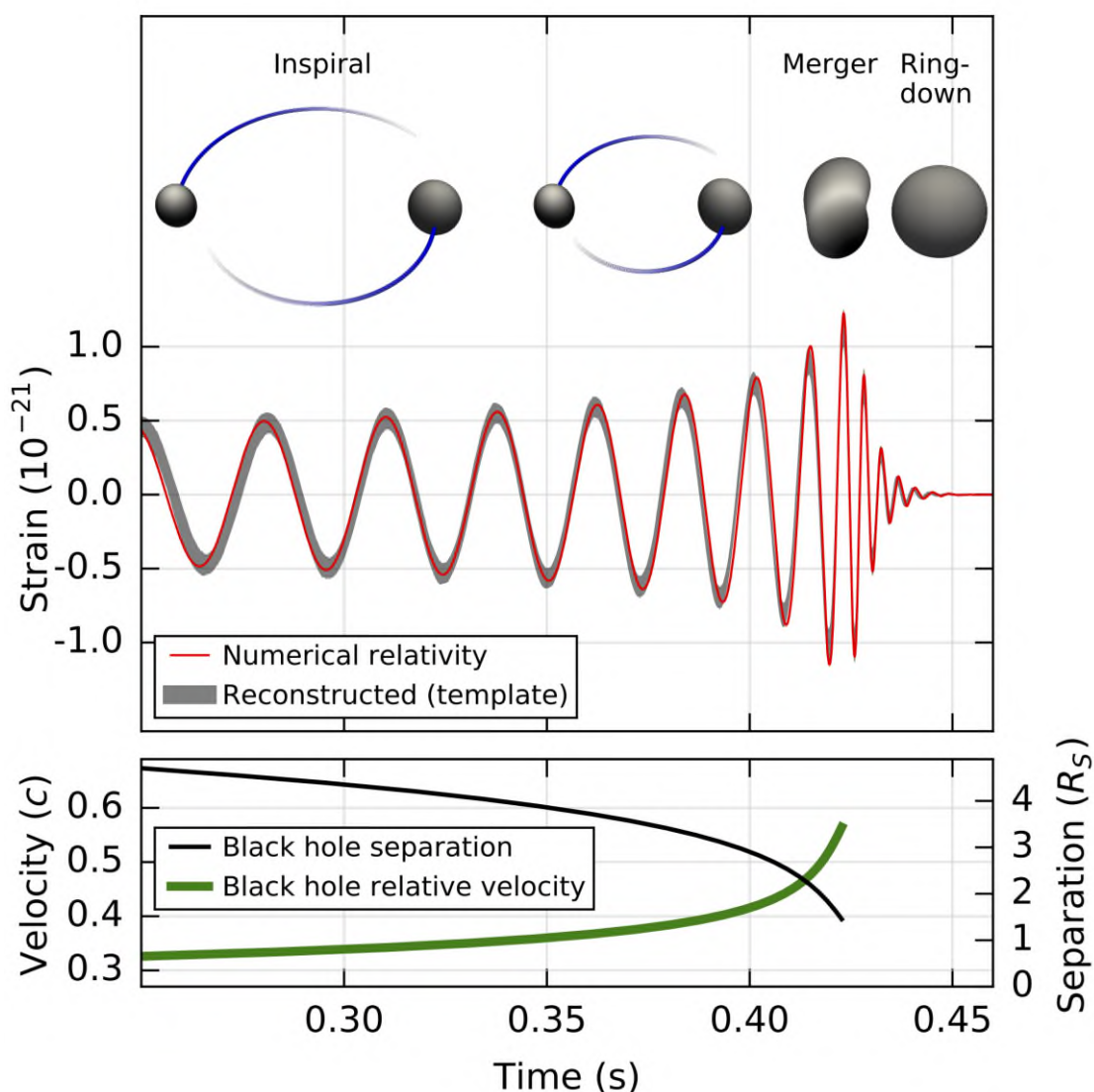
Коинотнинг асосий 75% қисми эса ҳозирда қоронғи энергия деб номланувчи материянинг янги шаклидан ташкил топган. Материянинг янги очилган шакли ўзининг антигравитацион таъсири билан диққатга сазовордир. Яъни ушбу қоронғи энергиянинг ҳисобига бир-биридан узоқда жойлашган галактикалар ва галактикалар тўплами ўзаро бир-биридан итаришаркан. Ушбу типдаги энергиянинг табиатда мавжудлиги узоқда жойлашган галактикаларнинг биздан узоқлашиш тезлигини аниқлаш бўйича олиб борилган кузатув ишлари натижасида аниқланди. Аниқланишича, биздан қандайдир масофада жойлашган галактикалар Хаббл қонуни бўйича аниқланадиган тезлик билан эмас балки, ундан каттароқ тезлик билан биздан узоқлашмоқда экан. Ушбу кузатувлар реликт нурларини аниқлаш бўйича ўтказилган кузатув натижалари ёрдамида ҳам тасдиқланди. Шундай қилиб, бир неча мустақил кузатув ва тажриба натижалари табиатда қоронғи энергиянинг мавжудлигини тасдиқлади.

Табиатда қоронғи модда ва қоронғи энергиянинг мавжудлигининг аниқланиши фундаментал – революцион кашфиётлар бўлиб, уларнинг табиатини ва хусусиятларини ўрганиш – замонавий астрофизиканинг ҳозирги пайтдаги долзарб муаммоларидан бири ҳисобланади.

5.4. Гравитацион тўлқинлар.

2016 йилнинг 11 февралида АҚШ Миллий илмий фонди (National Science Foundation – NSF) томонидан гравитацион тўлқинларнинг илк бора тажрибада қайд этилгани эълон қилинди. Ушбу кашфиёт оламшумул

кашфиёт бўлиб, замонавий астрофизикада янги илмий йўналишларни очади¹².



2-расм. Иккита қора туйнукларнинг қўшилиши натижасида тарқалган гравитацион тўлқинларнинг қайд этилиши.

Гравитацион тўлқинлар мавжуд бўлиши назарий жихатдан Эйнштейн томонидан умумий нисбийлик назариясини яратганидан сўнг 1916 йилдаёқ айтилган эди. Орадан 100 йил ўтиб, гравитацион тўлқинлар кашф этилди. АҚШ даги гравитацион тўлқинларни қайд этувчи LIGO – обсерваторияси томонидан 2015 йилнинг 14 сентябрида иккита қора туйнуклар (массалари 29

ва 34 Қуёш массасига тенг бўлган) нинг бирлашиши натижасида янги битта Қора туйнукнинг (массаси 60 Қуёш массасига тенг) пайдо бўлиши натижасида ажралиб чиққа гравитацион тўлқинларни қайд этди ¹³ . Гравитацион тўлқинлар табиатан кичик интенсивликка эга бўлиб, уларнинг интенсивлиги гравитацион тўлқин манбасининг массасига тўғри пропорционалдир. Қора туйнуклар массалари етарлича катта бўлганлиги туфайли улардан келаётган гравитацион тўлқиннинг интенсивлиги тажриба қурилмалари аниқлиги интервалида бўлди.

Назорат саволлари

1. Юлдузларнинг сўниши қандай юз беради?
2. Компакт объектларга қайси объектлар киради?
3. Оқ митти, нейтрон юлдуз ва қора туйнуклар бир-биридан қандай характеристикалари орқали фарқланади?
4. Қора туйнукни характерловчи асосий параметрлар.
5. Нейтрон юлдуз магнитосфераси
6. Пульсарлар – нейтрон юлдузларнинг бир кўриниши сифатида.
7. Коинотнинг тезлашиб кенгайиши ва қоронғи энергия.
8. Галактикадаги юлдузларнинг орбитал чизиқли тезликлари тақсимооти ва қоронғи модда.
9. Гравитацион тўлқинларнинг кашф этилиши.
10. Гравитацион тўлқин обсерваториялари.

Фойдаланилган адабиётлар

1. James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.
2. Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.
3. Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.
4. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
5. L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.

6. Бочкарев Н.Г.б Магнитные поля в космосе, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011.
– 216 с.

2-Mavzu: Qora tuynuklar.

Qora tuynuklar. Qora tuynuk tasviri. Aylanuvchi va aylanmaydigan qora tuynuklar. Yulduz tipidagi va o'ta og'ir qora tuynuklar. Galaktikamiz markazidagi qora tuynuk va uni kuzatish.

Оқ миттилар, нейтрон юлдузлар ва қора туйнуклар.

Маълумки, юлдуз энергия захираси жуда катта бўлишига қарамай бу энергия вақт ўтиши билан босқичма-босқич яроқсизлашиб боради. Юлдузлар худди инсонларга ўхшаб яшайди, қарийди ва ўлади. Уларнинг яшаш вақти- пайдо бўлганидан то ядро ёнилғи ресурслари юлдуз бўлиб нур сочиб туришига етарли бўлмай қолишигача бўлган вақтдир. Бу вақт ҳар бир юлдузнинг массасига боғлиқдир. Хусусан, энг яқин юлдуз- бу 5 миллиард йиллардан бери ядро синтези жараёни ҳисобига ҳозирда ўзининг актив босқичида бўлган Қуёшдир ва унинг ёнилғи захираси яна 5 миллиард йилга етади ¹⁴. Қуёш ўз ёнилғисини сарфлаб тугатаётган босқичда ўзининг гравитацияси ҳисобидан Ер сайёраси ўлчамидан катта бўлмаган ўлчамгача сиқилади. Бунда у ҳосил бўлган электрон газ босими билан мувозанатлашгандан сўнг сиқилишдан тўхтаб оқ миттига айланади. Массаси Қуёш массасидан 3-5 марта катта бўлган Юлдузлар ўз умрини бошқача- нейтрон юлдузларга айланган ҳолда якунлайди, бунда гравитация шундай кучлики электронларни атом ядросига жойлаштиради. Энди ички босим кучи электрон газ босими эмас балки нейтронлар босими ҳисобига гравитация кучларини мувозанатлайди ва 10 км гача сиқилиб боради.

Янада оғирроқ ва кўпроқ водород ёнилғи захирасига эга бўлган юлдузлар кучли гравитация кучлари таъсири остида тез ёнади ва яшаш вақти ҳам қисқа бўлади. Массаси жиҳатдан йирик бўлган юлдузлар том маънода бир неча миллион йил давомида “ёниб туради”, майда юлдузлар эса юзлаб

¹⁴ Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

миллиард йиллар давомида “яшайди”. Шундай экан, бу маънода бизнинг Қуёш “мустаҳкам ўрта” ликка киради.

Назарий жиҳатдан юлдузлар дастлабки массаларига боғлиқ ҳолда уч хил кўринишда ҳаётини яқунлайди: 1. Агар юлдуз ядросининг дастлабки массаси Чандрасекар чегараси деб аталадиган (тахминан) 1.4 Қуёш массасидан кичик бўлса қисқа вақт қизил гигант ҳолатидан кейин оқ миттига айланади. Оқ митти ҳолида бир кеча миллион йиллар яшаб совуқ қора миттига, яъни ҳақиқий космик ўлик жисм- юлдузнинг мурдасига айланади. 2. Агар юлдузнинг дастлабки массаси Чандрасекар чегарасидан ошиб Волков чегараси деб аталадиган тахминан 2-3 Қуёш массасидан катта бўлса, ядро ёнилғисининг асосий қисми камайишидан кейин электрон газнинг босими қаршилик қила олмагач гравитация кучлари таъсири остида ташқи қатлами юлдузнинг марказига тушади. Бунинг натижасида юлдуз ҳажми 100000 марта камаяди, унинг ўртача зичлиги шунча марта ортади, радиуси эса атиги 10км атрофида бўлади. Деярли шу билан биргаликда юлдузнинг устки қатлами портлаш натижасида 10 000 км/с тартибидаги катта тезлик билан ҳар томонга отилиб кетади. Бу ҳодиса марказида нейтрон юлдуз ҳосил бўлиши билан яқунланувчи ўта янги юлдузнинг портлашидек кузатилади¹⁵. Бу Хитой ва Япон тарихида айтиб ўтилган 1054 йилда ҳозирда марказида нейтрон юлдуз жойлашган Краборид туманлиги ўрнида ёрқин юлдуз каби ярқираб, икки ҳафта давомида ҳаттоки кундузлари ҳам кўриниб турган. 3. Коллапсга учраётган юлдузнинг массаси кандайдир критик қийматдан катта бўлса (3 Қуёш массасидан) гравитация шунчалик катта бўладигани бунинг ҳеч нарса тўхтата олмайди. Гравитация кучлари юлдузни ташкил қилувчи моддаларни шундай сиқиб борадики бунда юлдуз ўлчами энг кичик ўлчамгача кичраяди.

¹⁵ Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.



1-расм. Қора туйнукларнинг расмлари.

Бу учала компакт объектлар оддий юлдузлардан иккита фундаментал белги билан фарқланади. Биринчидан, ядро ёнилғисини сарфлаб улар гравитацион коллапсга термодинамик босим ҳисобидан қаршилиқ кўрсатади.

Оқ миттилар гравитацион коллапсга электрон газ босими билан қаршилик қилади, нейтрон юдузлар- нейтронлар босими билан. Қора туйнуклар эса- ўзининг гравитация кучларига қаршилик қила олмасдан янога бир нуктагача сиқилиб борган. Учала компакт объектлар Коинотнинг ёши тартибидаги даврда турғун объектлар ҳисобланиди. Уларни юлдузларнинг энг охирги босқичидаги объект деб ҳисоблаш мумкин. Иккинчи фарқи- оддий ўзларининг массаси тартибидаги юлдузларнинг ўлчамларига нисбатан анча кичиклигидир¹⁶.

Бу учала юлдузларнинг охирги босқичидаги объектлардан энг биринчи бўлиб оқ миттилар астрономик кузатишлар натижасида топилган. Оқ митти тажрибада астрономлар бундай юлдуз қандай қилиб нур сочиб туришини тушинидан олдин топилган. 1914 йили америкалик астроном Адамс осмонимиздаги энг ёрқин юлдуз бўлган Сириуснинг йўлдоши Сириус В нинг спектрини анализ қилаётиб юқори ҳароратга - Сириус юлдузининг ҳароратига яқин ҳароратга эга ва массаси Қуёш массаси тартибида бўлса ҳам радиуси Ер радиусидан кичик деган ҳулосага келади¹⁷.

Нейтрон юлдузлари тарихи эса аксинча, 1934 йил Бааде ва Цвикки нейтрон юлдузлар –юқори зичликка, кичик радиусга ва бошқа оддий юлдузларга нисбатан кучли гравитацияга эга бўлган юлдузлар ғоясини таклиф қилади. Нейтрон юлдузлар аслида астрономлар томонидан кашф этилгунга қадар назарайётчилар томонидан бир аср олдин қалам учига кашф қилинган. Уларнинг астрономик кузатувларда топилиши бунчалик кечикишининг сабаби тез оради тўлиқ тушинарли бўлди. Агар космик жисмнинг радиуси 10км бўлса ҳаттоки унғача масофа энг яқин юлдузгача (Қуёшдан ташқари) масофага (10 ёруғлик йили) тенг бўлса ҳам уни энг қудратли телескоп ёрдамида ҳам кузатиш мумкин эмас. Ва ҳаттоки нейтрон

¹⁶ L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.

¹⁷ T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.

юлдузгача масофа мумкин қадар кичик бўлса ҳам! Бундан келиб чиқадики нейтрон юлдузларни оптик усуллар билан кузатишлар мувофаққиятга учрайди.

Ва бирдан кутилмаган нарса содир бўлди: нейтрон юлдузлари топилди. Улар тамоман қидирилмаган жойдан, изламаган одамлар томонидан топилди. 1968 йил февралда машҳур Nature илмий журнали саҳифаларида таниқли инглиз астрономи Хьюш ва унинг ҳамкасблари томонидан пулсарларнинг кашф этилишига бағишланган мақола пайдо бўлади. Астрономиянинг XX асрдаги энг буюк кашфиёти 1967 йил Кембридже Университети Маллард радиоастрономик обсерваториясида Джоселин Белл томонидан очилган тез айланувчи нейтрон юлдузлар-пульсарларнинг кашф этилиши бўлган. Бу пульсарлар радио диапазонда урганилган¹⁸. Уларнинг очилиши шарафига Белл, Энтони Хьюшларга 1974 йил Нобел мукофоти берилди. Ҳозиргача 2000 га яқин пульсарлар маълум, кейинчалик пульсарлар рентген диапазонида ва кейинроқ фақат шу диапазонда кўринадиган гамма-пульсарлар ҳам аниқланди.

Юлдузни шундай радиусгача сиқиб борамизки, бунда ундан фазога ёруғлик тарқилмайди. Бу радиус Шварцшильд радиуси дейилади. Қуёш учун бу 3 км атрофида. Агар Қуёш ҳам 3 км ва ундан кичик ўлчамгача сиқилса ёруғлик нурлари Қуёш ташқарисига чиқа олмайди. Қора туйнукга айланган осмон жисмлари Коинотда йўқолиб кетмайди. У ўзи ҳақида ташқи оламга ўзининг гравитацияси ҳисобидангина маълумот беради. Қора туйнук яқинидан ўтган ёруғликни ютади (у Шварцшильд радиусидан кичик масофаларгача яқинлашса) ва ёнидан ўтаётган нурларни сезиларли масофаларгача оғдиради.

Ўта оғир юлдузлар оқ митти ҳам нейтрон юлдуз ҳам бўла олмайди, чунки уларнинг ички босимлари гравитацияни компенсация қилишга етарли эмас. Ҳаттоки бошқача кўринишдаги босимлар кучга кирган тақдирда ҳам

¹⁸ Бочкарев Н.Г.б Магнитные поля в космосе, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 216 с.

гравитацион коллапс барибир қайтмас бўлиб қолаверади. Гравитация ҳал қилувчи куч бўлади, натижада юлдузнинг яқиний ҳолати (ходисалар горизонти билан ўралган сингуляр нуқта) фактгина Эйнштейннинг гравитация назарияси ёрдамида ёритилади. Шундай қилиб, қора тўйнуқлар Коинотдаги жумбоқли хусусиятга эга бўлган сирли объектлардан бири. Маълумки, қора тўйнуқ фазо-вақт соҳаси дейилади, гравитация майдони шунчалик кучлики, ҳаттоки ёруғлик ҳам бу соҳани ташлаб чиқиб кета олмайди. Бу жисм ўлчами узининг гравитацион ўлчамидан кичик бўлганда содир бўлади. Гравитацион радиус Қуёш учун 3км, Ер учун эса 9мм отрофида. А. Эйнштейннинг умумий нисбийлик назарияси қора тўйнуқларнинг ажабтовур хусусияти-қора тўйнуқ учун муҳим бўлган ходисалар горизонти мавжудлигини кўрсатади. Қора тўйнуқ ходисалар горизонти ичкараси ташқи кўзатувчига кўринмайди, ҳамма жараёнлар ходисалар горизонти ташқарисида содир бўлади. Шу сабабдан, ходисалар горизонтига эркин тушаётган фазогир эҳтимол тамоман бошқа Коинотни ва ҳаттоки ўз келажагини ҳам кўриши мумкин. Бу шунин билдирадики, қора тўйнуқ ичкарасида фазо ва вақт координаталари ўз ўрнини алмаштиради ва биз қора тўйнуқ ичида (ходисалар горизонти ичкарасида) фазо бўйича эмас балки вақт бўйича саёҳат қиламиз.

Қора тўйнуқларнинг бундай ғайри оддий хусусияти кўпчиликка шунчвки фантастика бўлиб тўйилади ва уларнинг мавжудлигига шубҳа пайдо бўлади. Аммо шунин таъкидлаш жоизки, энг янги кузатув маълумотларига кўра қора тўйнуқлар ҳаққатан ҳам мавжуд. Масалан, XXI аср бўсағасида бизнинг галактикамиз марказида ўта оғир, массаси 4 миллион Қуёш массасига тенг бўлган қора тўйнуқ мавжудлиги топилди. Бу- қора тўйнуқлар ва уларнинг хусусиятлари изланишидаги янги босқич келди ва яқин келажақда ушбу соҳада илмий тадқиқотлар сезиларли даражада ривожланишга эришишимизга олиб келиши керак дегани¹⁹.

¹⁹ James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

Шу ўринда биринчи навбатда машҳур физик, астрофизика ва назарий физика соҳасида кўпгина ёрқин ишлар муаллифи, бир вақтлар Исаак Ньютон ва Поль Дираклар раҳбарлик қилган Кембридже Университети кафедраси аъзоси Стивен Хокингни таъкидлаб ўтиш жоиз. Унинг изланишларининг асосий объекти бу қора туйнуклар физикасидир. Унинг асарлари орасида “Вақтнинг қисқача тарихи” китоби энг содда тилда физиканинг қийин ва долзарб муаммоларини ҳаммага тушинарли қилиб ёзилган. Бу Хокинг ҳақида ҳаммаси эмас. У жуда оғир касал бўлиб унинг ҳозирда фақатгина иккита ўнг қўл бармоқлари ҳаракати сақлаб қолинган ва охириги 30 йил давомида гапиришдан ҳам маҳрум бўлган. У атрофидагилари билан нутқ синезатори ва компьютер ёрдамида гаплашади. Шунга қарамасдан у фоал ва доҳийона илмий изланишлар олиб бормоқда.

1974 йилда Стивен Хокинг қора туйнуклар атрофида вакуумдан зарраларнинг пайдо бўлиши кўриб чиқади. Унинг ҳисоблашлари шуни таъкидлайдики айланувчи қора туйнуклар нурланади ва бу қора туйнук айланишини секинлаштиради. Бу нурланиш спектри иссиқлик нурланишига мос келиши айтиб ўтади. Бироқ натижалар ярим классик усулда олинган, аслида гравитация майдони умумий нисбийлик назарияси тенгламалари билан, қора туйнук яқинидаги вакуум кванланган майдон назарияси билан ёритилиши керак ²⁰. Кўпчилик олимлар Хокинг иккита назарияни бирлаштириб хатога йўл қуйди деб ҳисоблашади. Унинг қора туйнуклар учун олдин қабул қилинган барча қонунларни бузади. Кейинроқ эса Хокинг ҳақ бўлиб чиқади ва унинг натижалари эгриланган вақт-фазодасиги кванланган майдонларнинг қонунлари кўринишида расман қобул қилинди. Шу сабабдан гравитацион, электромагнит ва бошқа турдаги нурланишларни кванланган майдонлар деб қаралади. Бошқача сўз билан айтганда тўлқинлар қанчалик квант механикаси тенгламалари билан ёритилмасин, улар ўзини бир вақтнинг ўзида ҳам тўлқин ҳам заррадек тутаяди.

²⁰ T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.

Шунингдек, Хокинг ҳисоб китоблари қора туйнукларнинг нурланишини ҳам кўрсатади. Портлашдан ҳосил бўлган янги объект жуда кичик ҳароратга эга бўлади ($3 \cdot 10^{-8}$ К дан кичик), Қора туйнукнинг сиқилиши учун эса 10^{67} йилдан кўпроқ вақт керак бўлади. Сиқилиш натижасида унинг ҳарорати ошиб боради, нурланишлар ҳам кучаяди ва “буғланиши” тезлашади. Ниҳоят массаси бир неча миллион тоннагача камайганида ва унинг ҳодисалар горизонти радиуси атом ядроси ўлчамига тенг бўлиб, у жуда катта (юзлаб миллион К) ҳароратгача қизийди.

Хокинг ҳисолашларидан яна шуни кўриш мумкин: агар қора туйнук тўлиқ нурланиб кетса, унинг ҳолати тўғрисида маълумот узоқдаги кузатувчи учун бутунлай йўқолади. Бу классик назария доирасида тўғри. Бошқа томнданқора туйнукнинг “буғланиши” ҳисобидан йўқотилган ахборот квант механикасининг ахборот мавжудлигининг тўғрисидаги унитарлик тамойилига зид ва уни аниқлаш қийин. Фараз қилайлик, бизда иккита ўнг қизил пайпоқ ва чап кўк пайпоқ бор. Агар биз чап кўк пайпоқни қора туйнукга ташласак ва кимдир ўнг қизил пайпоқни жуфтисиз топиб олса ва у ўйлайдики чап қизил пайпоқни қора туйнукга ташлаган деб тахмин қилади яъни модомики ҳеч қандай ахборот қора туйнукдан чиқиб кетолмас экан узоқдаги кузатувчи унинг ичида нима борлигини била олмайди²¹.

Шундай қилиб, қора жисмнинг нурланиши унинг ички тузилиши тўғрисида ҳеч қандай ахборот олиб чиқмайди, демак Хокингнинг кашфиёти ҳам қора туйнукга тушиб қолган жисм ҳақида бирор нарса билишимизга ёрдам бера олмайди. Бошқа сўз билан айтганда, Хокинг такидлаётган қора туйнукнинг нурланиши унинг ички тузилиши тўғрисида бизга маълумот бермайди. Бу Хокинг томонидан киритилган ахборотни йўқолиш парадокси дейилади. У шуни таъкидлайдики, бизнинг Коинотдан ахборот йўқолар экан бошқа жойда пайдо бўлади. Лекин, квант назариясига биноан қора жисмга ютилган ахборот тўла йўқолади²².

²¹ L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.

²² Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.

Хулоса ўрнида шуни такидлаш жоизки, қора туйнуклар– ўзида кўплаб синоат яшириб келаётган Коинотнинг жумбоқли объектларидир. Кўпгина бахс ва мунозаларга сабаб бўлаётган кўп сонли парадокс ва муаммоларга қарамадан ишонч билан айтиш мумкинки ҳозирда жавобсиз қолаётган саволлар келажакда ўз жавобини топади.

5.3. Материянинг янги шакллари: қоронғи модда ва қоронғи энергия.

XXI асрда космологияда революцион кашфиётлар рўй берди. Аниқланишича Коинотдаги ўзидан электромагнит нурланиш тарқатувчи (барион моддалар) коинотнинг бор йўғи 4% игина ташкил этаркан. Коинотнинг 21% ини ҳозирда қоронғи модда деб номланувчи ва ўзини фақат гравитацион ўзаро таъсирларда намоён этувчи номаълум модда ташкил этаркан. Ушбу модда галактикалардаги юлдузларнинг галактика маркази атрофида айланиш чизиқли тезлигини тадқиқ этиш натижасида аниқланган. Қоронғи модда бўлмаган моделлар юлдузлар ҳаракати Кеплер қонунига кўра галактика марказидан узоқлашган сари уларнинг чизиқли тезлиги камайиб бориши керак бўлган. Кузатувлар эса галактикадан узоқлашган сари юлдузларнинг чизиқли тезлиги камаймай балки аста секин ортиб бориши кузатилди. Бу галактикаларда кўзга кўринмайдиган (яъни ўзидан электромагнит нурланиш тарқатмайдиган) массив модданинг мавжудлигини тасдиқлайди. Ушбу кашфиёт гравитацион линза эффекти деб номланувчи электромагнит нурларнинг гравитацион майдонда йўналишидан оғишига асосланган кузатувларда ҳам мустақил равишда ўз тасдиғини топди²³.

Коинотнинг асосий 75% қисми эса ҳозирда қоронғи энергия деб номланувчи материянинг янги шаклидан ташкил топган. Материянинг янги очилган шакли ўзининг антигравитацион таъсири билан диққатга сазовордир. Яъни ушбу қоронғи энергиянинг ҳисобига бир-биридан узоқда жойлашган галактикалар ва галактикалар тўплами ўзаро бир-биридан итаришаркан. Ушбу типдаги энергиянинг табиатда мавжудлиги узоқда жойлашган

²³ Т. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.

галактикаларнинг биздан узоқлашиш тезлигини аниқлаш бўйича олиб борилган кузатув ишлари натижасида аниқланди. Аниқланишича, биздан қандайдир масофада жойлашган галактикалар Хаббл қонуни бўйича аниқланадиган тезлик билан эмас балки, ундан каттароқ тезлик билан биздан узоқлашмоқда экан. Ушбу кузатувлар реликт нурларини аниқлаш бўйича ўтказилган кузатув натижалари ёрдамида ҳам тасдиқланди. Шундай қилиб, бир неча мустақил кузатув ва тажриба натижалари табиатда қоронғи энергиянинг мавжудлигини тасдиқлади.

Табиатда қоронғи модда ва қоронғи энергиянинг мавжудлигининг аниқланиши фундаментал – революцион кашфиётлар бўлиб, уларнинг табиатини ва хусусиятларини ўрганиш – замонавий астрофизиканинг ҳозирги пайтдаги долзарб муаммоларидан бири ҳисобланади.

Qora o‘ra yoki **qora tuynuk** – gravitatsiya (tortishish) kuchi ta’sirida jismni o‘z markazi tomon juda katta tezlikda siqilib borishi (gravitatsion kollaps jarayoni) natijasida vujudga keladigan koinotdagi obyekt. Kuchli tashqi gravitatsiya maydoniga ega. Albert Eynshteyn nazariyasi bo‘yicha „Qora tuynuk“ning yaqin atrofidagi jismlar doimo yopiq bo‘lmagan egri chiziqli orbita bo‘ylab harakat qiladi. Isaak Nyuton mexanikasiga muvofiq uzoqdagi jismlar esa konus kesimlari bo‘ylab harakat qiladi. Qora tuynuk, asosan, katta massali yulduzlar evolyutsiyasining eng oxirgi boqichida vujudga keladi va uning mavjudligi bevosita kuzatilmaydi. Biroq Qora tuynuklar zich qo‘shaloq yulduzlarning ko‘rinmas komponentlari ham bo‘lishi mumkin. U holda ikkinchi yulduzdan Qora tuynukga relyativistik tezlikda tinimsiz o‘tayotgan gaz oqimi o‘zidan rentgen nurlarini tarqatadi. Qo‘shaloq yulduz hisoblangan Oq Qush X—I obyekt shunday Qora tuynuklardan biridir.

Qora tuynukning xayoliy sirt hodisalar gorizonti deyiladi.

Hodisalar gorizonti radiusini qora tuynuk radiusi sifatida qabul qilishadi. Eng oddiy holda



u Shvartsshild radiusiga teng:

Yorug'lik kuchli gravitatsiya maydoniga ega obyektlardan o'ta olmasligi gipotizasini birinchi bo'lib fanga 18-asrda Jon Michell va Pyer-Simon Laplancelar kiritishgan. Qora tuynukga 1916-yilda Karl Shvartsshild tomonidan atroflicha ta'rif bergan. Devid Finkelsteyn 1958-yili Qora tuynukni hech narsa o'tolmaydigan kosmik hudud sifatida ta'riflab uni nashr qilgan birinchi olimga aylangan. 1960-yilga qadar uzoq yillar davomida Qora tuynuk matematik tushuncha deb qaralgan va ba'zi olimlar Qora tuynukni nisbiylik nazariyasining umumiy taxmini sifatida qarashgan. 1967-yilda Joselin Bell Burnell tomonidan neytron yulduzlari haqidagi kashfiyoti gravitatsiyaviy tarzda parchalangan kompakt ob'ektlarga qiziqish uyg'otdi. Birinchi tanilgan qora tuynuk 1971-yili bir nechta tadqiqotchilar tomonidan mustaqil ravishda aniqlangan "Oqqush X-1"-1 bo'gan.

Yulduz o'z hayotiy siklini tamomlayotganida qora tuynuk hosil bo'ladi. Halok bo'layotgan yulduz atrofida paydo bo'lgan qora tuynuk kattalashib yulduzni yutib yuboradi. Qora tuynuk massasi o'layotgan yulduzni yutib yuborayotganida va boshqa qora tuynuk bilan qo'shilish jarayonida kattalashadi. Ko'plab galaktikalar markazlarida supermassiv qora tuynuklar mavjudligi haqida gipotizalar bor.

Qora tuynuk ko'z bilan ilg'anadigan elektromagnit nurlari bilan o'zaro ta'sirlanadi. Qora tuynuk ichiga tushgan obyekt yutib yuborilayotganida o'zidan kuchli qizish natijasida paydo bo'ladigan yorug' disk hosil qiladi va juda kuchli nurlanishga ega bo'ladi. Supper massiv Qora tuynukga juda yaqin kelib qolgan yulduzlar parchalanib ketadi va parchalanish jarayonida o'zidan juda kuchli nurlanish hosil qiladi. Qora tuynuk atrofida aylanayotgan yulduzlar mavjud bo'lsa ularning arbitasi orqali qora tuynuk joylashuv kordinatalarini aniqlash mumkin.

Tarixi

Hatto yorug'lik ham o'tolmaydigan katta jism haqidagi g'oyani, ilk bor ingliz astronom olimi Jon Michell 1784-yil noyabr oyida o'zining maktubida qisqacha keltirib o'tgan. Michellning soddalashtirilgan hisob-kitoblari Qora tuynuk Quyosh bilan bir xil zichlikka ega bo'lishi mumkinligini va Quyoshning diametridan 500

baravarga oshirib, yuzasidagi tezlik odatiy yorug'lik tezligidan yuqori bo'lishi mumkinligi ko'rsatgan. Michell shunday katta massaga ega, ammo nurlanishsiz bo'lgan qora tuynukni faqat ko'rinadigan chegaralari orqali aniqlash mumkinligini aytgan. Ko'p yillar ilgari katta hajmli ammo ko'rinmas qora yulduzlarning ko'zdan g'oyib bo'lishi mumkinligi haqidagi fikrlardan qo'rqishgan ammo 19 asr boshlarida yorug'lik nurining to'liqinli harakati o'rganilganidan so'ng fikrlar o'zgardi.

Zamonaviy gravitatsiya nazariyasi, Michellning yulduz yuzasidan to'g'ridan-to'g'ri o'tadigan yorug'lik nurlari haqidagi nazariyasiga qarshi chiqadi. Michellning nazariyasiga ko'ra yulduz gravitatsiya tomonidan sekinlashtirilib, to'xtatiladi va qora tuynuk yuzasidan tashqariga chiqib ketadi. Makon va zamon qora tuynukda shunchalar o'zgarib ketganki, yorug'lik o'tadigan geodezik chiziq hech qachon Qora tuynuk yuzasidan chiqolmaydi.

Umumiy nisbiylik nazariyasi

1915-yili Albert Eynshteyn o'zining umumiy nisbat nazariyasini ishlab chiqdi, unga ko'ra gravitatsiya yorug'likka ta'sir o'tkaza oladi. Bir necha oy o'tgach, Karl Shvartsschild Eynshteyn maydon tenglamalariga birhil yechim bergan. Tenglama yechimi birhil bo'lishiga qaramay nuqtaviy massa va sferik massa haqida ko'proq ma'lumot bera olgan. Tenglamani yechishda Karl Einsteindan ko'ra ancha farqli yo'nalishdan foydalangan, bunga sabab esa Einstein tenglamada ko'plab o'sha davrlarda tushunilmagan va cheksiz yuza deb qaralgan formulalardan foydalangan. 1924-yili Artur Eddington singularlik koordinatalarning yo'qolganini aniqlagan. 1933-yili Jorj Lemetr shvartschild radiusidagi singularlik jismoniy bo'lmagan singularlikning kordinatalari ekanligini aniqlagan. Arthur Edington 1926-yilgi kitobida Shvartschild radiusigacha bo'lgan masofada siqilgan masali yulduz bo'lishi mumkinligi haqida sharh bergan. Einstein nazariyasi bizga Betelgeyze kabi ko'rinadigan yulduzlarning zichligini to'g'ri hisoblash imkonini beradi, chunki "250 million km radiusli yulduzda Quyosh kabi zichlik bo'lishi mumkin emas.

IV.AMALIY MASHG'ULOTLAR MAZMUNI

1-Amaliy mashg'ulot: Neytron yulduzlar va oq mittilar haqidagi tushunchalarni farqlay olish.

Neytron yulduzlar va oq mittilar haqidagi tushunchalarni farqlay olish. Kvazarlar, pulsarlar, magnitarlar. Astrofizikada mavhum ob'yektlar.

Neytron yulduzlar - katta massali yulduzlar evolyusiyasida sodir bo'lishi mumkin bo'lgan oxirgi bosqichlardan biri. Neytron yulduzlar moddasi, asosan, neytrondan va qisman elektron, proton va ogir yadrolardan tashkil topgan. Neytron yulduzlarning koinotda bo'lishi mumkinligini birinchi marta L. D. Landau aytgan (1932). 1934-yil esa amerikalik astronomlar U. Baade va F. Svikki Neytron yulduzlar o'ta yangi yulduzlarning chaqnashlarida xosil bo'lishi mumkin, deb taxmin qildilar.

Yulduzlar evolyusiyasi nazariyasida ko'rsatilishicha, katta yulduzlarning yadro "yonilg'isi" tugagach, ularning markaziy qismlarida falokatli suratda tez yuz beradigan gravitatsion siqilish (gravitatsion kollaps) kuzatiladi. Kollaps paytida modda zichligi shu qadar ko'p ortadiki, bunda neytronlar protonlarga nisbatan turg'unroq bo'lib qoladi. Bunday sharoitda protonlar va turgun atom yadrolari neytronlarga va ko'p neytronli atom yadrolariga aylanadi. Neytron yulduzlarning o'rtacha zichligi moddaning yadro zichligiga teng yoki undan ham katta bo'ladi, shu sababli, Neytron yulduzlarning tuzilish xususiyatlari, asosan, yadro kuchlariga bog'liq. Neytron yulduzlar uchun gravitatsion energiya ($\sim 10^{53}$ erg) ham harakterli. Bu ikki omil Neytron yulduzlarning ichki tuzilishini o'rganishda katta ahamiyatga ega. 1967-yilda ayrim Neytron yulduzlar (pulsarlar) kashf etildi.[1]

Eng katta massali neytron yulduz topildi

Yerdan 4 600 yorug'lik yili narida juda katta zichlikka ega bo'lgan sharsimon materiya mavjud. U – bir zamonlar charaqlab yashab o'tgan va allaqachon so'ngan yulduzdan qolgan bor-yo'q qoldiq narsa xolos aslida. Bunday jismlarni astronomlar neytron yulduz deyishadi. Bugungi kunga kelib shu narsa ayon bo'lmoqdaki, o'sha 4 600 yorug'lik yili naridagi atigi 20 kilometr diametriga ega

qoldiq – neytron yulduz – koinotdagi eng katta massali neytron yulduz ekan! Bu haqda Nature Astronomy jurnalida [xabar qilingan](#).

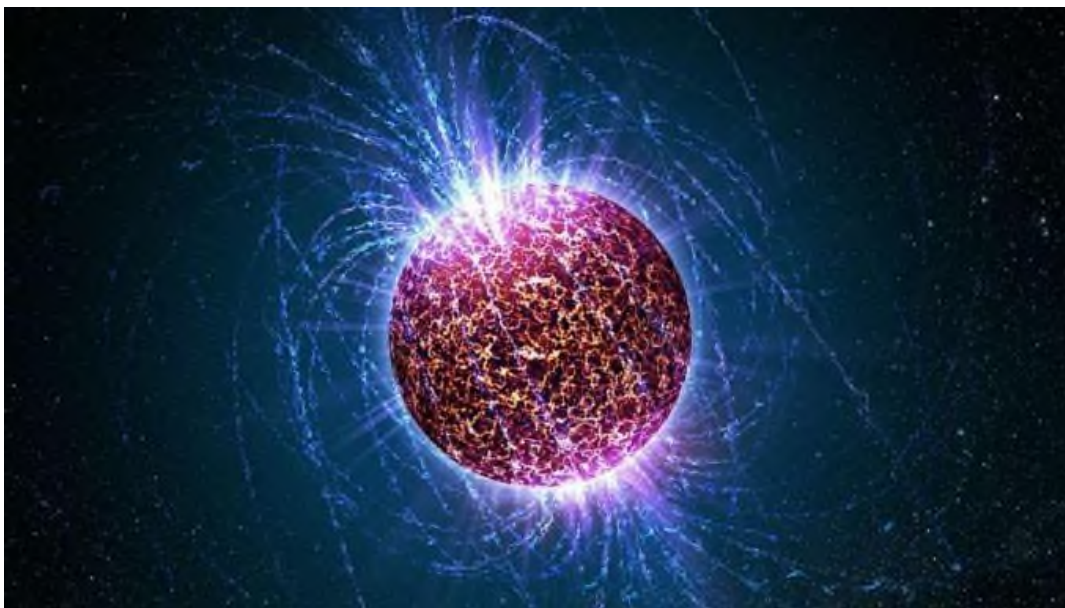


Foto: VideoNews

Uning massasi bizning Quyosh massasidan 2,14 marta katta bo‘lib, bu fizika qonunlari bo‘yicha erishish mumkin bo‘lgan eng katta, chegaraviy massaga juda yaqindir.

Astronomiyada bu neytron yulduz J0740+6620 nomi bilan qayd etiladi va u o‘z o‘qi atrofida bir soniyada 289 marta aylanib chiqadi. Ya’ni bu yulduz pulsar hamdir. Yaqindagina olimlar uning massasini katta aniqlikda hisoblashdi va u Quyoshdan 2,14 marta og‘ir ekani ma’lum bo‘ldi. Shunga ko‘ra, endilikda J0740+6620 koinotdagi eng og‘ir neytron yulduz maqomiga ega bo‘ldi. Avvalgi eng og‘ir neytron yulduz massasi Quyosh massasidan 2,01 marta katta edi.

Ushbu pulsarni Green Bank va Arecibo radioteleskoplarini to‘plagan ma’lumotlar orqali sinchiklab o‘rganildi. Ushbu rasadxonalar aynan shu kabi pulsarlarni kuzatish uchun maxsus ishga tushirilgan NANOGrav loyihasining tarkibiy bir qismidir.

Ushbu radioteleskoplar vositasida mazkur neytron yulduz kuzatilganda, olimlar radioto‘lqin ma’lumotlari kutilganidan ko‘ra biroz kechikayotganini payqab qoldi. Bunday kechikish fanda “Shapiro effekti” deyiladi, u mazkur effektini kashf qilgan astrofizik olim – Irvin Shapiro sharafiga nomlangan. Bu effekt kuzatilayotgan

obyekt yaqinida yana bir qandaydir yirik massali obyekt aylanayotgani tufayli yuzaga keladi va o'sha ikkinchi obyekt o'z harakati bilan radioto'lqinlar kechikishiga omil bo'ladi.

Sinchiklab kuzatishlar shuni ko'rsatdiki, haqiqatan ham ushbu neytron yulduz yaqinida yana bir oq mitti bor ekan va u ham juda katta shiddat bilan neytron yulduz atrofida aylanar ekan. Aynan ushbu kechikish vaqtini asos qilib olish bilan olimlar o'sha oq mitti va neytron yulduz massasini hisoblashga muvaffaq bo'ldi. Va, yuqorida aytilganidek, hisoblash natijalari J0740+6620 neytron yulduzlar orasida rekordchi ekanini ko'rsatdi.

Qizig'i shundaki, J0740+6620 fizika qonunlari yo'l qo'yadigan eng chegaraviy massaga ega neytron yulduzdir. Zero, yirik yulduzlar hayotining eng so'nggi kunida, so'nish arafasida portlaganda, koinotda o'ta yangi chaqnashi ro'y beradi va yulduz tirikligida massasi qanday bo'lganiga qarab u yoki neytron yulduzga yoki qora tuynukka aylanadi. 2017-yilda olimlar ushbu massa chegarasini hisoblab ham chiqiqan edi. Agar yulduz massasi Quyosh massasidan 2,17 marta va undan kattaroq bo'lsa, u albatta qora tuynukka aylanadi; undan kichik massa esa neytron yulduzni hosil qiladi. J0740+6620 esa 2,14 Quyosh massasi bilan bu chegaraga juda yaqin kelgan. Bunday katta massaga ega obyektlarda esa fizika g'alati va g'ayrioddiy xulosalarni taqdim etadi. Bu borada olimlar nazariy taxminlarga ham unchalik shoshilmaydi.

Neytron yulduzlari birlashishi - bu neytron yulduzlarining yulduzlarning to'qnashishi.

Ikki neytron yulduzi o'zaro orbitasiga tushganda, ular gravitatsiyaviy nurlanish tufayli asta-sekin ichkilikka spirallashadi. Ular nihoyat uchrashganda, ularning birlashishi katta miqdordagi neytron yulduzini yoki agar qoldiqning massasi Tolman-Oppenheimer-Volkoff chegarasidan oshsa, qora cho'qqani hosil qiladi. Birlanish bir yoki ikki milisaniyada Yerdan trillion baravar kuchliroq magnit maydonini yaratishi mumkin. Ushbu hodisalar qisqa gamma nurlar portlashlarini yaratadi deb hisoblanadi.

Neytron yulduzlarining birlashishi birozlik uchun r - r -process sodir bo'lishi mumkin bo'lgan juda o'tkir neytron oqimi muhitini yaratadi. Ushbu reaksiya temirdan og'ir elementlarda isotoplarning taxminan yarmini yadro sintezi uchun hisoblanadi.

Bir shuningdek kilonovalar hosil qilinadi, bular birlanish jarayonida ishlab chiqariladigan va chiqariladigan og'ir r -process yadrolarining radioaktiv buzilish tufayli izotrop uzoq to'liqinli elektromagnetik radiatsiyalarning o'tkinchi manbalari hisoblanadi. Kilonovae 1999-yilda r birinchi marta taklif qilinganidan beri r -process maydonchasi sifatida muhokama qilingan edi, ammo mexanizm 2017-yilda GW170817 ko'p elchi hodisasi kuzatilganidan keyin keng qabul qilindi.

Yer yuzida ta'sir

Ikkilamchi neytron yulduzlari birlashishi natijasida chiqindilar o'tishi mumkin, agar ular Yer 10 parseklar ichida yuz bersa. Agar qisqa qisqa Gamma Ray Burst (sGRB) Yerga ursa, o'limga olib kelishi mumkin bo'lgan ta'sir darajasi yuzlab parseklargacha kengayadi. Yerga yaqin supernovalar kabi boshqa emissiya komponentlarini ko'rib chiqishda gamma nurlari va rentgen nurlari shaklida yuqori energiyaviy foton emissiyasi ozon pasaytiradi va Yer aholisi Quyosh zararli UVB radiatsiyasiga qo'l uradi. Biroq, neytron yulduzlari birlashishi ular uchun noyob, chunki ular zararli radiatsiyalarning ko'p manbalariga ega, shu jumladan, sGRB kokoni tomonidan tarqalgan og'ir elementlarning radioaktiv buzilishi, sGRB shishqoqligi va sGRB shishqoqi hamda portlash tomonidan tezlashtirilgan kosmik nurlar ega. Qoshish tartibida fotonlar birlanishdan keyin birinchi bo'lib, kosmik nurlar 100 ming yildan 1000 yilgacha keyin keladi. Ejected material interyulduz o'rtacha tarmog'ini olib tashlaydi va u ichida saqlangan kosmik nurlarning o'limli dozasi bilan supernovalar-qalin-qalinlik kabi bulbul yaratadi. Agar Yerni qolgan qismlar qoplasa, kosmik nurlar, gamma nurlari kabi, ozonni yo'q qiladi va atmosfera bilan muloqot qilib, zaif muloqot qiluvchi muonlarni hosil qilishi mumkin. Ushbu qismlar katta miqdorda hosil bo'ladi shuning uchun ulardan qochish mumkin emas, hatto g'orlarda yoki suv ostida. Xavf

ular organik mavjudotlarning DNK bilan muloqot qilishda tug'ma nuqson va mutatsiyalarga olib kelishi qobiliyatida joylashgan.

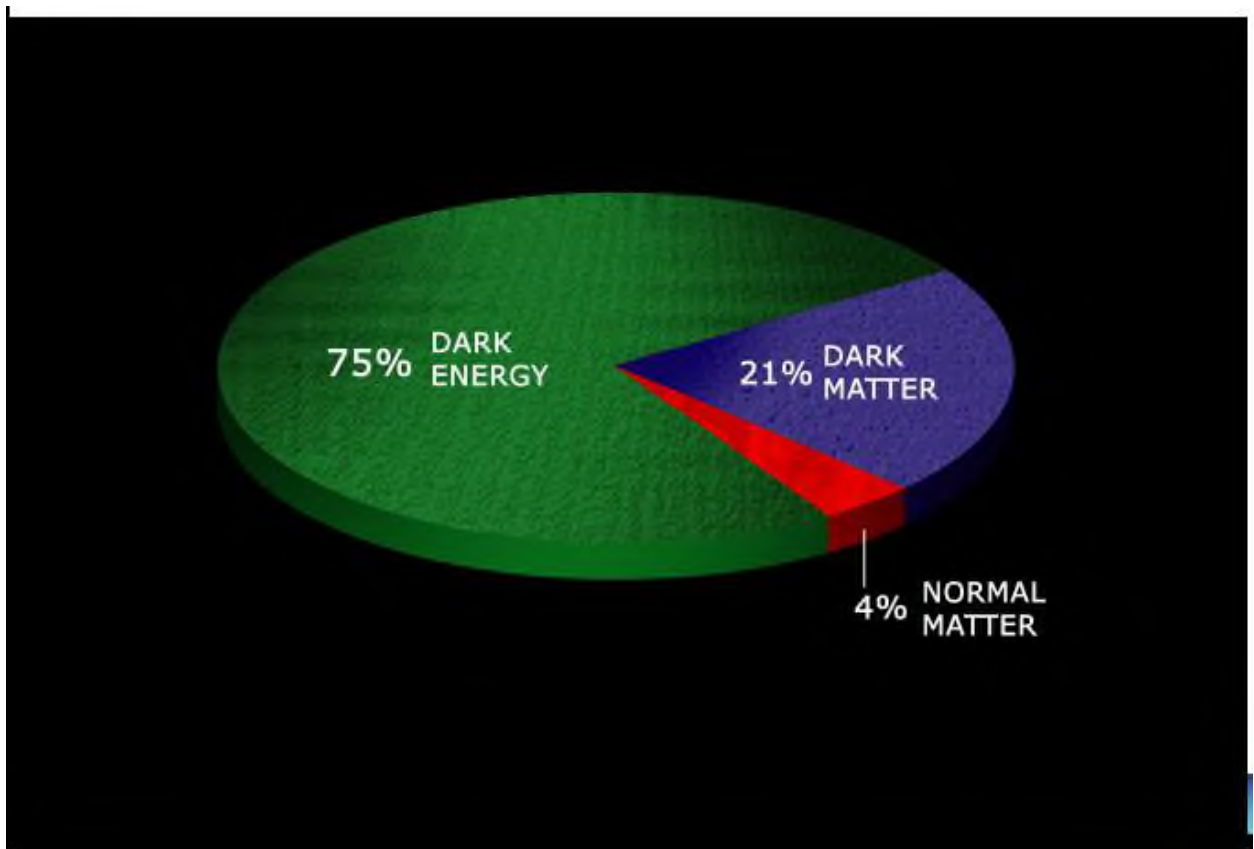
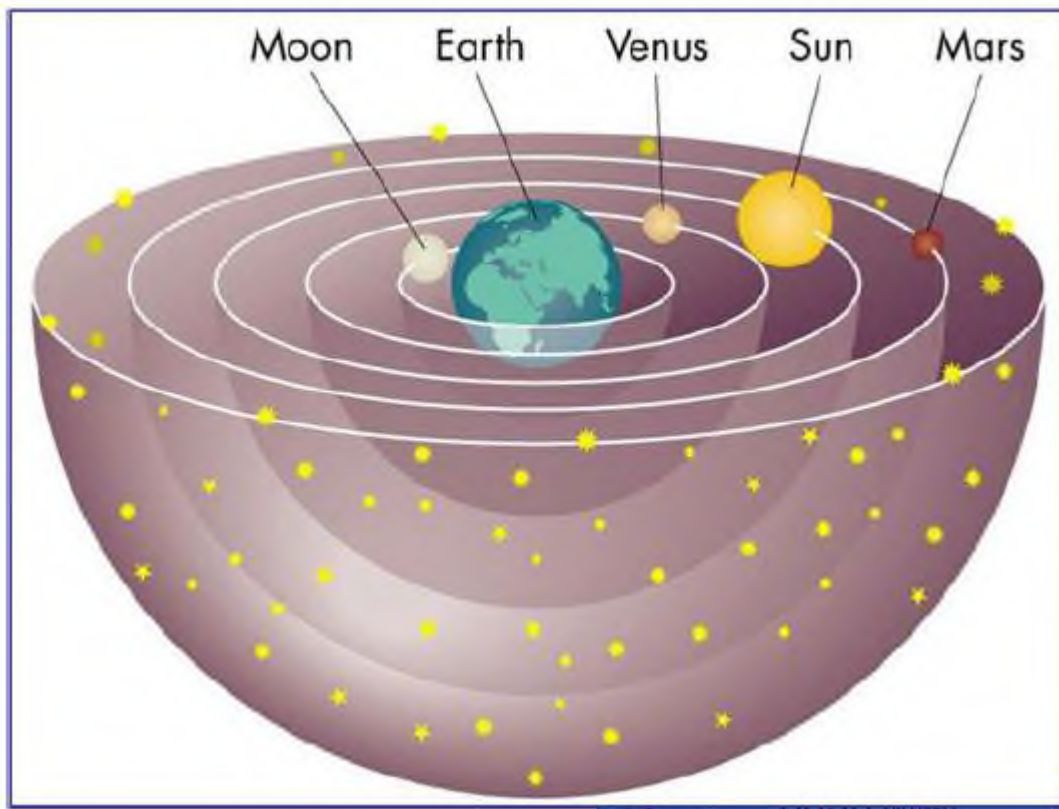
Supernovalarga nisbatan ular o'xshash hajmdagi ko'rgazmaga ta'sir ko'rsatadi. Ular ham kamroq uchraydi va Yerga nisbatan hodisaning yo'nalishiga nisbatan kuchli bog'liqlik bor. Shunday qilib, ikkilamchi neytron yulduzlari birlashishi xavfi kamroq.

2-Amaliy mashg'ulot: Astrofizika nuqtai-nazaridan gravitatsion kollapsning turlarini farqlash.

Astrofizika nuqtai-nazaridan gravitatsion kollapsning turlarini farqlash. Olamning tezlanish bilan kengayishi. Qorong'i materiya va qorong'i energiya. Astrofizikadagi kompakt ob'ektlar va gravitatsion to'liqlarini tahlil etish.

2007 yil kuzida UNESCO 2009 yilni Astronomiya yili deb e'lon qildi va bu bilan astronomiyaning inson sivilizatsiyasidagi muhim ahamiyatga ega ekanligini tan oldi • Bugungi kun astronomiyasi olimlar oldiga yangi va yangi chaqiruvlar bermoqda. Yaqinda Koinotda tabiati mutlaqo no'malum bo'lgan materiyaning yangi formalari topildi. Ularning (Qorong'i Energiya va Qorong'i Modda) Koinotdagi tarkibi asosiy bo'lib 96 foizni tashkil qiladi • Bizlarga ma'lum bo'lgan materiyaning barion formasi (atomlar va molekulalar) - yulduzlar, planetalar, odamlarning tarkibiy qismi - Borliqning atigi 4 foizini tashkil etadi • Astronomiyaning bugungi kun yutuqlarining hisobiga olimlar - odamzodning atrofidagi hodisalarning bilmasligi qanday oqibatlarga - olib kelishi anglab olishdi. Bu fanning rivojlantirish uchun asosiy omildir

Kosmologiyadagi 3ta revolyutsia • 2chi Asr: Claudius Ptolemy (Aristotle Fizikasi) Model: Markazda joylashgan Er-atrofidagi Kosmologiya Asosiy G'oya: Erda va Kosmosda qonuniyatlar o'xshamasligi • 16chi Asr: Nicolaus Copernicus (Newton Fizikasi) Model: Markazda joylashgan Quyosh-atrofidagi Kosmologiya Asosiy G'oya: Universal fizika; qonuniyatlar hamma joyda bir xilligi • 20chi Asr: Edwin Hubble (Einstein Fizikasi) Model: Buyuk Portlash Kosmologiyasi Asosiy G'oya: Koinot o'zgaruvchan va kengaymoqda



osmologiya va astronomiyada qora energiya energiyaning noma'lum shakli bo'lib, u koinotga eng katta miqyosda ta'sir qiladigan kuchlardan biri. Qora energiyaning asosiy ta'siri koinotning kengayishini tezlashtirishdir. Katta portlash

nazariyasiga tayangan holda[1], qora energiya koinotning dominant komponenti bo'lib, hozirgi koinotdagi jami energiyaning 68% ni qora energiya, qora materiya 26% va barionlar esa 5% ni tashkil qiladi. Neytronlar va fotonlar kabi boshqa komponentlar 1% ni tashkil qilgan holda deyarli ahamiyatsiz hisoblanadi[2][3][4][5]. Qora energiyaning zichligi juda katta bo'lib: tahminan uning zichligi 7×10^{-30} g/sm³ ni tashkil qiladi (massa-energiyasida 6×10^{-10} J/m³), galaktikalar ichidagi qora materiya yoki qora energiyaning zichligidan ancha kuchliroq. Qora energiya koinotda muhim ahamiyatga ega, chunki u kosmosning hamma joyida bir xil va o'zgarmasdir[6][7][8].

NGC 4526 yaqinidagi IA guruhiga kiruvchi o'ta yangi yulduz (pastki chapdagi yorqin nuqta).

Qora energiya mavjudligining birinchi kuzatuv dalillari o'ta yangi yulduzlarning yorug'lik o'lchovlarini o'lchashi hisobiga olingan. IA guruhiga kiruvchi o'ta yangi yulduzlar doimiy yorug'likka ega, ya'ni ular aniq masofa o'lchovlari sifatida ishlatilishi mumkin. Bu masofani o'lchash uslubi koinot kengayishi tezlashayotganini ko'rsatadi[9][10]. Bu kuzatuvdan avval olimlar koinotdagi materiya va energiyaning tortishish kuchi vaqt o'tishi bilan olam kengayishini sekinlashishiga olib keladi deb o'ylashgan. Olamning kengayishi tezlashishining kashf etilgandan beri, qora energiya mavjudligini tasdiqlovchi bir nechta asosli dalillar topilgan.

Qora energiyaning aniq tabiati sir bo'lib qolmoqda va tushuntirishlar juda ko'p. Asosiy nazariyalar kosmologik konstanta[11][12] (bo'shliqni bir hil to'ldiruvchi doimiy energiya zichligini ifodalaydigan nazariya) va kvintessensiya va moduli kabi skalyar maydonlar haqidagi nazariyalar hisoblanadi(vaqt va makonda o'zgaruvchan energiya zichligiga ega dinamik miqdorlar haqidagi nazariya). Kosmologik konstanta vaqt va makonda doimiy bo'lib qoladi, skalyar maydonlar esa o'zgarishi mumkin. Bu nazariyalarda qora energiyaning o'zaro ta'siridan tashqari kuzatuvchi effekti va kosmologik bog'lanishlar haqida ham asosli fikrlar ilgari surilgan.

Enshteynning kosmologik konstantasi

Kosmologik konstanta – bu Enshteynning nisbiylik nazariyasi va maydon tenglamalariga qo‘shilishi mumkin bo‘lgan doimiy atama. Agar maydon tenglamasi atama sifatida qaralsa, uni bo‘sh joy massasiga (kontseptual jihatdan ijobiy yoki salbiy bo‘lishi mumkin) yoki vakuum energiyasiga ekvivalent sifatida ko‘rish mumkin.

Kosmologik konstanta Enshteyn tomonidan birinchi marta gravitatsion kuchni ifodalash uchun ishlatilgan va bu qora energiyadan samarali foydalangan holda statik koinotga olib keladigan gravitatsion maydoni tenglamasining yechim mexanizmi sifatida taklif qilingan[13]. Enshteyn kosmologik konstantning ramziy belgisi sifatida Λ (gerkcha lambda) belgisini bergan[14][15].

1980-yillarda kosmologik tadqiqotlarning aksariyati faqat materiyadagi kritik zichlikka ega modellarga asoslangan. Bu tadqiqotlarda koinotning 95%i qora materiya va 5%i oddiy materiya (barionlar)dan tashkil topgan degan tushuncha mavjud bo‘lgan. Ushbu modellar gallaktikalarning shakllanishini tavsiflab bergan, ammo 1980-yillarning oxirlarida bu modellarda ba’zi kamchiliklar paydo bo‘lgan: xususan, model Hubble konstanti uchun talab qilinganidan pastroq qiymatni talab qilgan va model katta hajmdagi kuzatuvlarni tahlil qila olmagan. Bu kamchiliklar 1992-yilda COBE kosmik apparati tomonidan kosmik to‘lqinlar fonida anizotropiya aniqlangandan keyin kattalashgan va 1990-yillarning o‘rtalarida bir nechta modifikatsiyalashgan qora materiya modellari faol ravishda o‘rganilgan. Ayniqsa kosmologik konstanta (qora energiya haqidagi model) bular ichida asosiysi hisoblangan. Qora energiya uchun birinchi to‘g‘ridan-to‘g‘ri dalil 1998-yilda olim Riess tomonidan o‘ta yangi yulduzlarning kuzatuv natijalarida olingan[16]. Buning natijasida kosmologik konstanta modeli yetakchi modelga aylangan.

1930-yillardagi Fritz Zwicky tomonidan qora materiya atamasi qo‘llangan. Bu atamadan foydalangan holda 1998-yilda Michael S. Turner tomonidan qora energiya atamasi fanga kiritilgan[17].Koinotning kengayishi

Koinotning kengayish tezligining vaqt va makonda qanday o'zgarishini tushunish uchun yuqori aniqlikdagi o'lchovlar talab qilinadi. Umumiy nisbiylik nazariyasida kengayish tezligining evolyutsiyasi koinotning egri chizig'i va holatning kosmologik tenglamasi (har qanday kosmos mintaqasi uchun harorat, bosim va materiya, energiya va vakuum energiyasining zichligi o'rtasidagi bog'liqlik) asosida hisoblanadi. Qora energiya uchun holat tenglamasini o'lchash bugungi kunda kuzatuv kosmologiyasidagi eng katta sa'y-harakatlardan biridir.

2013-yilda kosmologik konstanta modelini batafsilroq o'rganish uchun Plank kosmik kemasi Supernova deb nomlangan kosmik ekspeditsiyaga chiqqan. Bu tadqiqotlar natijasida kosmologik kuzatuvlar bu modelning tog'ri ekanligini yana bir bor isbotlashgan. Ekspeditsiyaning birinchi natijalari qora energiyaning o'rtacha xatti-harakati (ya'ni, holat tenglamasi) Eynshteynning kosmologik konstanta modeli kabi 10% aniqlikda harakat qilishini aniqlashgan[18]. Higher-Z jamoasining Hubble kosmik teleskopida amalga oshirgan so'nggi tadqiqot natijasida qora energiya kamida 9 milliard yil oldin paydo bo'lgan va u koinotning kengayishidan oldin ham bor bo'lgan deya xulosaga kelishgan. Bundan tashqari 1998-yilda High-Z jamoasi tomonidan amalga oshirilgan boshqa bir kuzatishlar natijasida[19] IA guruhiga mansub o'ta yangi yulduzlar turkumi kashf etilgan[20]. Ushbu kashfiyoti uchun High-Z jamoasining a'zolari bo'lgan Saul Perlmutter, Brayan P. Schmidt va Adam G. Riess fizika bo'yicha 2011-yilgi Nobel mukofoti bilan taqdirlanganlar[21][22].

O'shandan beri bu kashfiyot bir qancha mustaqil manbalar tomonidan tasdiqlangan. Ba'zi olimlar qorong'u energiya mavjudligining yagona ko'rsatkichlarini gallaktikalararo masofani o'lchash orqali bilish mumkin deya ta'kidlaydilar[23].

Supernovalar kosmologiya uchun foydalidir, chunki ular kosmologik masofalarda mukammal joyda joylashgan yulduzlar hisoblanadi. Ular tadqiqotchilarga obyektgacha bo'lgan masofa va uning yerda qanchalik tez uzoqlashishini ko'rsatadi. Bu imkoniyat kosmologlarga koinotning kengayish tarixini o'lchash

imkonini beradi. Odatda, astronomlar kosmosda masofani o'lchashda standart shamlardan foydalanadilar. Standart shamlar deb – yorqin yulduzlar, ichki yorqinligi yoki mutlaq kattaligi ma'lum bo'lgan obyektlarga aytiladi. IA guruhiga mansub o'ta yangi yulduzlar ekstremal va doimiy yorqinligi tufayli kosmologik masofalar bo'ylab eng mashhur standart shamlar hisoblanadi.

O'ta yangi yulduzlar (supernovalar) haqidagi so'nggi kuzatuvlar koinotning 71,3%ini qora energiya va 27,4%ini qora materiya va barionlar birikmasidan tashkil topganiga mos keladi[24].

Tabiati

Qora energiyaning tabiati qora materiyanikidan ko'ra ko'proq noaniq va u haqida ko'p narsalar noma'lumligicha qolmoqda[25]. Qora energiyaga tortishish kuchidan tashqari biron bir asosiy kuchlar orqali o'zaro ta'sir qilishi ma'lum emas. U kamdan-kam uchraydigan va massiv bo'lmaganligi uchun uni laboratoriya tajribalarida aniqlab bo'lmaydi. Qora energiya koinotga shunday chuqur ta'sir ko'rsatishi mumkinki, buning natijasida u koinotning 68% ni tashkil qiladi.

Vakuum energiyasi, ya'ni Geyzenbergning energiya-vaqt formulasidagi noaniqlik prinsipiga muvofiq vaqt oralig'ida hosil bo'lgan va o'zaro yo'q qilingan zarracha-antizarra juftligi ko'pincha qorong'u energiyaning asosiy elementlari sifatida qo'llanadi[26]. Umumiy nisbiylik nazariyasi tomonidan qabul qilingan massa-energiya ekvivalenti vakuum energiyasi tortishish kuchiga ega bo'lishi kerakligini anglatadi. Buning natijasida, vakuum energiyasi kosmologik konstantaga ta'sir ko'rsata oladi degan faraz mavjud, bu esa o'z navbatida koinotning kengayishiga ta'sir qiladi.

Haqiqiy tabiatidan qat'i nazar, qora energiya koinot kengayishining tezlashishini amalga oshirish uchun kuchli salbiy bosimga ega bo'lishi kerak. Umumiy nisbiylik nazariyasiga ko'ra, modda ichidagi bosim, xuddi uning massa zichligi kabi, boshqa jismlar uchun tortishish kuchiga yordam beradi. Buning sababi, moddaning tortishish ta'sirini keltirib chiqaradigan jismoniy miqdor energiya tenzori bo'lib, u moddaning energiya (yoki materiya) zichligini va uning bosimini o'z ichiga oladi.

Friedmann–Lemaître–Robertson–Walker modeli shuni ko‘rsatadiki, butun olamdagi kuchli doimiy salbiy bosim (ya’ni keskinlik), agar koinot allaqachon kengayib borayotgan bo‘lsa, kengayishning tezlagining sekinlashishiga olib keladi. Ushbu tezlashtiruvchi kengayish effekti ba’zan gravitatsion itarilish deb ham nomlanadi.

V. KEYSLAR BANKI

Mini-keys 1.

«Ekspert kengashi: intilish va yuksalish?»

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

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

Mini-keys 2.

“Yulduzlarning yashash davrlarini Gersshprung-Ressel diagrammasi yordamida aniqlash”

Gersshprung-Ressel diagrammasi yulduzlar yorqinligi yoki temperaturasining uning massasiga bog‘lanishini ifodalaydi. Kuzatuvlar natijasida olingan yorqinlik yordamida va diagrammadan foydalangan 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 (assessment).

VI. 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:

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

Mustaqil ta'lim mavzulari

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

VII. GLOSSARIY

Termin	O'zbek tilidagi sharhi	Ingliz tilidagi sharhi
--------	------------------------	------------------------

Adronlar	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.
Adronlarning kvark modellari	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.
Bozon	butun sonli spinga ega bo‘lgan zarracha	In <u>quantum mechanics</u> , a boson is a particle that follows <u>Bose–Einstein statistics</u> . Bosons make up one of the two classes of <u>particles</u> , the other being <u>fermions</u> . The name boson was coined by <u>Paul Dirac</u> ^[4] to commemorate the contribution of the <u>Indian</u> physicist <u>Satyendra Nath Bose</u> ^{[5][6]} in developing, with Einstein, <u>Bose–Einstein statistics</u> —which theorizes the characteristics of elementary particles. Bosons are integer spin particles.
Buyuk birlashuv	kuchli, kuchsiz va elektromagnit o‘zaro ta’sirlarning yagona tabiatiga ega ekanligi haqidagi tasavvurga asoslangan fundamental fizikaviy hodisalarning nazariy modeli	Great integration of the fundamental interactions, also known as fundamental forces, are the interactions in physical systems that do not appear to be reducible to more basic interactions. There are four conventionally accepted fundamental interactions— <u>gravitational</u> , <u>electromagnetic</u> , <u>strong nuclear</u> , and <u>weak nuclear</u> . Each one is understood as the dynamics of a <i>field</i> . The gravitational force is modelled as a continuous <u>classical field</u> . The other three are each modelled as discrete <u>quantum fields</u> , and exhibit a measurable unit or <u>elementary particle</u> .
Vaynberg-Salam nazariyasi	elektromagnit va kuchsiz o‘zaro ta’sirlarning birlashgan nazariyasi.	Electromagnetic and weak interactions unified theory. In <u>particle physics</u> , the electroweak interaction is the <u>unified description</u> of two of the four known <u>fundamental interactions</u> of nature: <u>electromagnetism</u> and the <u>weak interaction</u> . Although these two forces appear very different at everyday low

		energies, the theory models them as two different aspects of the same force. Above the unification energy , on the order of 100 GeV , they would merge into a single electroweak force .
Galaktika	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 Milky Way is the galaxy that contains our Solar System . Its name "milky" is derived from its appearance as a dim glowing band arching across the night sky whose individual stars cannot be distinguished by the naked eye.
Gamma-Astronomiya	turlicha kosmik manbalarini ularning gamma diapazonidagi (to'lqin uzunliklari $\lambda < 10^{-12} \text{ m}$, foton energiyasi esa $\varepsilon > 10^5 \text{ eV}$ bo'lgan) elektromagnit nurlanishlari bo'yicha o'rganuvchi astronomiya bo'limi.	Gamma-ray astronomy is the astronomical observation of gamma rays , ^[nb 1] the most energetic form of electromagnetic radiation , with photon energies above 100 keV . Radiation below 100 keV is classified as X-rays and is the subject of X-ray astronomy . September 02 2011 Fermi Second catalog of Gamma Ray Sources constructed over 2 years. An all sky image showing energies greater than 1 billion electron volts (1 GeV) ub. Brighter colors indicate gamma-ray sources. Gamma rays in the MeV range are generated in solar flares (and even in the Earth's atmosphere), but gamma rays in the GeV range do not originate in the Solar System and are important in the study of extrasolar, and especially extragalactic astronomy.
Glyuon	birga teng spinli va nolga teng tinchlik massali hamda kvarklar orasidagi kuchli o'zaro ta'sirni tashuvchi elektrik neytral zarra.	Gluons are elementary particles that act as the exchange particles (or gauge bosons) for the strong force between quarks , analogous to the exchange of photons in the electromagnetic force between two charged particles . ^[6] In layman terms, they "glue" quarks together, forming protons and neutrons . In technical terms, gluons are vector gauge bosons that mediate strong interactions of quarks in quantum chromodynamics (QCD). Gluons themselves carry the color charge of the strong interaction.

Yorug'lik yili	astronomiyada qo'llaniladigan uzunlik birligi; yorug'lik bir yilda bosib o'tadigan masofaga teng. (1 Yo.y. = 9,4605 · 10 ¹⁵ m)	A light-year (or light year , abbreviation: ly) is a <u>unit</u> of <u>length</u> used informally to express astronomical distances. It is approximately 9 <u>trillion kilometres</u> (or about 6 trillion <u>miles</u>). As defined by the <u>International Astronomical Union</u> (IAU), a light-year is the distance that <u>light travels in vacuum</u> in one <u>Julian year</u> (365.25 days). Because it includes the word <i>year</i> , the term <i>light-year</i> is sometimes misinterpreted as a unit of time.
Kuchsiz o'zaro ta'sir	bir nacha attometrda (10 ⁻¹⁸ m) kichik masofalarda elementar zarralar orasidagi o'zaro ta'sir; bunday o'zaro ta'sir xususan atom yadrolarining betta yemirilishiga olib keladi.	In <u>particle physics</u> , the weak interaction is the mechanism responsible for the weak force or weak nuclear force , one of the four known <u>fundamental interactions</u> of nature, alongside the <u>strong interaction</u> , <u>electromagnetism</u> , and <u>gravitation</u> . The weak interaction is responsible for the <u>radioactive decay</u> of <u>subatomic particles</u> , and it plays an essential role in <u>nuclear fission</u> . The theory of the weak interaction is sometimes called quantum flavordynamics (QFD) , in analogy with the terms <u>QCD</u> and <u>QED</u> , but the term is rarely used because the weak force is best understood in terms of <u>electro-weak theory</u> (EWT).
Kvazar	uzoqlashgan gallaktikaning faol o'zagidan iborat bo'lgan qudratli kosmik elektromagnit nurlanish manbai.	Quasars or quasi-stellar radio sources are the most energetic and distant members of a class of objects called <u>active galactic nuclei</u> (AGN). Quasars are extremely luminous and were first identified as being high <u>redshift</u> sources of <u>electromagnetic energy</u> , including <u>radio waves</u> and <u>visible light</u> , that appeared to be similar to <u>stars</u> , rather than extended sources similar to <u>galaxies</u> . Their spectra contain very broad <u>emission lines</u> , unlike any known from stars, hence the name "quasi-stellar."
Kvarklar	hozirga tasavvurga ko'ra barcha adronlarning tarkibiy qismlarini tashkil qiluvchi fundamental zarrachalar.	A quark (<u>/ˈkwɔːrk/</u> or <u>/ˈkwaːrk/</u>) is an <u>elementary particle</u> and a fundamental constituent of <u>matter</u> . Quarks combine to form <u>composite particles</u> called <u>hadrons</u> , the most stable of which are <u>protons</u> and <u>neutrons</u> , the components of <u>atomic nuclei</u> . ^[1] Due to a phenomenon known as <u>color confinement</u> , quarks are never

		directly observed or found in isolation; they can be found only within hadrons, such as baryons (of which protons and neutrons are examples), and mesons . For this reason, much of what is known about quarks has been drawn from observations of the hadrons themselves.
Koinot	moddiy dunyoning kuzatish mumkin bo'lgan qismi.	part of the material world that can be observed. The Universe is all of time and space and its contents. The Universe includes planets , natural satellites , minor planets , stars , galaxies , the contents of intergalactic space , the smallest subatomic particles , and all matter and energy . The observable universe is about 28 billion parsecs (91 billion light-years) in diameter at the present time . The size of the whole Universe is not known and may be either finite or infinite.
Kollayder	zaryadlangan zarralarning qarama – qarshi dastalarining uchrashuvi yuz beradigan tezlatgich.	A collider is a type of particle accelerator involving directed beams of particles . Colliders may either be ring accelerators or linear accelerators , and may collide a single beam of particles against a stationary target or two beams head-on. Colliders are used as a research tool in particle physics by accelerating particles to very high kinetic energy and letting them impact other particles. Analysis of the byproducts of these collisions gives scientists good evidence of the structure of the subatomic world and the laws of nature governing it. These may become apparent only at high energies and for tiny periods of time, and therefore may be hard or impossible to study in other ways.
Kosmik radionurlanish	kosmik obektlarning radioto'lqinlar sohasida elektromagnit nurlanishi.	Space objects in the field of radio electromagnetic radiation. Radio waves are a type of electromagnetic radiation with wavelengths in the electromagnetic spectrum longer than infrared light. Radio waves have frequencies from 3 THz to as low as 3 kHz , and corresponding wavelengths ranging from 100 micrometers (0.0039 in) to 100 kilometers (62 mi). Like all other electromagnetic waves, they travel at the speed of light . Naturally occurring radio waves are made by lightning , or by

		astronomical objects .
Kuchli o‘zaro ta’sir	bir nechta femtometrdan (10^{-15} m) kichik masofalarda adronlar orasidagi o‘zaro ta’sir. Xususan, atom yadrolaridagi nuklonlarning o‘zaro bog‘lanishini ta’minlaydi.	In particle physics , the strong interaction is the mechanism responsible for the strong nuclear force (also called the strong force , nuclear strong force), one of the four known fundamental interactions of nature, the others being electromagnetism , the weak interaction and gravitation . Despite only operating at a distance of a femtometer , it is the strongest force, being approximately 100 times stronger than electromagnetism, a million times stronger than weak interaction and 10^{38} times stronger than gravitation at that range.
Leptonlar	kuchli o‘zaro ta’sirda ishtirok etmaydigan elementar zarralarning umumiy nomi.	A lepton is an elementary , half-integer spin (spin $\frac{1}{2}$) particle that does not undergo strong interactions . ^[1] Two main classes of leptons exist: charged leptons (also known as the electron-like leptons), and neutral leptons (better known as neutrinos). Charged leptons can combine with other particles to form various composite particles such as atoms and positronium , while neutrinos rarely interact with anything, and are consequently rarely observed. The best known of all leptons is the electron .
Maydon nazariyasi yagona	elementar zarralar xossalari va o‘zaro ta’sirlarining barcha xilma – xilligini uncha kam sonli universal tamoyillarga keltirishga qaratilgan materiyaning yagona nazariyasi.	In physics , a unified field theory (UFT), occasionally referred to as a uniform field theory , ^[1] is a type of field theory that allows all that is usually thought of as fundamental forces and elementary particles to be written in terms of a single field . There is no accepted unified field theory, and thus it remains an open line of research. The term was coined by Einstein , who attempted to unify the general theory of relativity with electromagnetism . The " theory of everything " and Grand Unified Theory are closely related to unified field theory, but differ by not requiring the basis of nature to be fields, and often by attempting to explain physical constants of nature .
Myuonlar	massasi elektron massasidan taqriban 207 marta katta va	The muon is an elementary particle similar to the electron , with electric charge of $-1 e$ and a spin of $\frac{1}{2}$, but with

	elektromagnit hamda kuchsiz o‘zaro ta’sirlarda ishtirok etuvchi zaryadlangan elementar zarralar.	a much greater mass. It is classified as a lepton . As is the case with other leptons, the muon is not believed to have any sub-structure—that is, it is not thought to be composed of any simpler particles. The muon is an unstable subatomic particle with a mean lifetime of 2.2 μ s. Among all known unstable subatomic particles , only the neutron (lasting around 15 minutes) and some atomic nuclei have a longer decay lifetime; others decay significantly faster.
Neytron yulduzlar	yulduzlarning ichki tuzilishi nazariyasiga ko‘ra ozgina elektronlar aralashgan neytronlardan o‘ta og‘ir atom yadrolari va protonlardan tashkil topgan eng zich yulduzlar.	A neutron star is a type of compact star . Neutron stars are the smallest and densest stars known to exist in the Universe . With a radius of only about 11–11.5 km (7 miles), they can, however, have a mass of about twice that of the Sun. They can result from the gravitational collapse of a massive star that produces a supernova . Neutron stars are composed almost entirely of neutrons , which are subatomic particles with no net electrical charge and with slightly larger mass than protons . They are supported against further collapse by quantum degeneracy pressure due to the phenomenon described by the Pauli exclusion principle .
Nukleosintez	yengilroq yadrolardan og‘irroq yadrolar hosil bo‘lishiga olib keluvchi yadroviy reaksiyalar zanjiri.	Nucleosynthesis is the process that creates new atomic nuclei from pre-existing nucleons , primarily protons and neutrons. The first nuclei were formed about three minutes after the Big Bang , through the process called Big Bang nucleosynthesis . It was then that hydrogen and helium formed to become the content of the first stars , and this primeval process is responsible for the present hydrogen/helium ratio of the cosmos. With the formation of stars, heavier nuclei were created from hydrogen and helium by stellar nucleosynthesis , a process that continues today.
Oq mittilar	massalari Quyosh massasi tarkibida bo‘lgan va radiuslari Quyosh	A white dwarf , also called a degenerate dwarf , is a stellar remnant composed mostly of electron-degenerate

	radiusining $\sim 0,01$ hissasini tashkil qiluvchi kichik yulduzlar.	matter . A white dwarf is very dense : its mass is comparable to that of the Sun , while its volume is comparable to that of Earth . A white dwarf's faint luminosity comes from the emission of stored thermal energy ; no fusion takes place in a white dwarf wherein mass is converted to energy. The nearest known white dwarf is Sirius B , at 8.6 light years, the smaller component of the Sirius binary star . There are currently thought to be eight white dwarfs among the hundred star systems nearest the Sun. [[] The unusual faintness of white dwarfs was first recognized in 1910. The name <i>white dwarf</i> was coined by Willem Luyten in 1922. The universe has not been alive long enough to experience a white dwarf releasing all of its energy as it will take close to a trillion years.
Parsek	astronomiyada ishlatiladigan uzunlik birligi; $1\text{pk}=3,0857 \cdot 10^{16}\text{m}$.	A parsec (symbol: pc) is a unit of length used to measure large distances to objects outside the Solar System . One parsec is the distance at which one astronomical unit subtends an angle of one arcsecond . ^[1] A parsec is equal to about 3.26 light-years (31 trillion kilometres or 19 trillion miles) in length. The nearest star, Proxima Centauri , is about 1.3 parsecs (4.24 light-years) from the Sun. Most of the stars visible to the unaided eye in the nighttime sky are within 500 parsecs of the Sun.
Pozitron	kattaligi jihatdan elektron zaryadiga teng musbat zaryadli, massasi elektron massasiga teng bo'lgan elementar zarra, elektronga nisbatan antizarra.	The positron or antielectron is the antiparticle or the antimatter counterpart of the electron . The positron has an electric charge of +1 <i>e</i> , a spin of ½, and has the same mass as an electron. When a low-energy positron collides with a low-energy electron, annihilation occurs, resulting in the production of two or more gamma ray photons (see electron–positron annihilation). Positrons may be generated by positron emission radioactive decay (through weak interactions), or by pair production from a sufficiently energetic photon which is interacting with an atom in a material.
Fermion	yarim butun spinga ega bo'lgan zarracha.	In particle physics , a fermion (a name coined by Paul Dirac from the surname

		of Enrico Fermi) is any particle characterized by Fermi–Dirac statistics. These particles obey the Pauli exclusion principle. Fermions include all quarks and leptons, as well as any composite particle made of an odd number of these, such as all baryons and many atoms and nuclei. Fermions differ from bosons, which obey Bose–Einstein statistics. A fermion can be an elementary particle, such as the electron, or it can be a composite particle, such as the proton. According to the spin-statistics theorem in any reasonable relativistic quantum field theory, particles with integer spin are bosons, while particles with half-integer spin are fermions.
Xabbl doimiysi	ko‘rinuvchi Koinotning kosmologik kengayishi tufayli gallaktikadan tashqari obektlarning uzoqlashishi tezliklari bilan ulargacha bo‘lgan masofalar orasidagi bog‘lanishlardagi mutanosiblik koeffitsienti.	The value of the Hubble constant is estimated by measuring the redshift of distant galaxies and then determining the distances to the same galaxies (by some other method than Hubble's law). Uncertainties in the physical assumptions used to determine these distances have caused varying estimates of the Hubble constant. The value of the Hubble constant was the topic of a long and rather bitter controversy between Gérard de Vaucouleurs, who claimed the value was around 100, and Allan Sandage, who claimed the value was near 50. In 1996, a debate moderated by John Bahcall between Sidney van den Bergh and Gustav Tammann was held in similar fashion to the earlier Shapley-Curtis debate over these two competing values.
Yulduz turkumlari	birday yoshdagi va birgalikda vujudga kelgan gravitatsion bog‘langan yulduzlar guruhlar.	Star clusters or star clouds are groups of stars. Two types of star clusters can be distinguished: globular clusters are tight groups of hundreds or thousands of very old stars which are gravitationally bound, while open clusters, more loosely clustered groups of stars, generally contain fewer than a few hundred members, and are often very young. Open clusters become disrupted over time by the gravitational influence of giant molecular clouds as they move through the galaxy, but cluster members

		will continue to move in broadly the same direction through space even though they are no longer gravitationally bound; they are then known as a stellar association , sometimes also referred to as a <i>moving group</i> .
Yulduzlar	gravitatsiya kuchlarining issiq modda (gaz) ning bosimi hamda nurlanishlar bilan muvozanati xisobiga barqaror bo'lgan ulkan nurlanuvchi plazmaviy sharlar.	A star is a luminous sphere of plasma held together by its own gravity . The nearest star to Earth is the Sun . Other stars are visible to the naked eye from Earth during the night, appearing as a multitude of fixed luminous points in the sky due to their immense distance from Earth. Historically, the most prominent stars were grouped into constellations and asterisms , the brightest of which gained proper names. Extensive catalogues of stars have been assembled by astronomers, which provide standardized star designations . For at least a portion of its life, a star shines due to thermonuclear fusion of hydrogen into helium in its core, releasing energy that traverses the star's interior and then radiates into outer space .
Yadroviy astrofizika	yulduzlar va boshqa samoviy obektlarda sodir bo'luvchi barcha yadroviy jarayonlarni tadqiq qiluvchi fan.	Nuclear astrophysics is an interdisciplinary branch of physics involving close collaboration among researchers in various subfields of nuclear physics and astrophysics , with significant emphasis in areas such as stellar modeling , measurement and theoretical estimation of nuclear reaction rates, cosmology , cosmochemistry , gamma ray , optical and X-ray astronomy , and extending our knowledge about nuclear lifetimes and masses. In general terms, nuclear astrophysics aims to understand the origin of the chemical elements and the energy generation in stars .
Qora tuynuk	gravitatsiya kuchlari jismni uning gravitatsiyaviy radiusidan kichikroq o'lchamlargacha siqilishi natijasida yuzaga keluvchi kosmik ob'ekt.	A black hole is a region of spacetime exhibiting such strong gravitational effects that nothing—including particles and electromagnetic radiation such as light—can escape from inside it. The theory of general relativity predicts that a sufficiently compact mass can deform spacetime to form a black hole. The boundary of the region from which no escape is possible is called the event horizon .

VIII. ADABIYOTLAR RO'YXATI

I. Me'yoriy- huquqiy xujjatlar.

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining «Oliy ta'lim muassasalarining rahbar va pedagog kadrlarini qayta tayyorlash va malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida» 2015 yil 12 iyundagi PF-4732-son Farmoni.

2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2010 yil 2 noyabrdagi «Oliy malakali ilmiy va ilmiy-pedagogik kadrlar tayyorlash tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi PQ-1426-sonli Qarori.

3. Kadrlar tayyorlash milliy dasturi. O'zbekiston Respublikasi Oliy Majlisining Axborotnomasi, 1997 yil. 11-12-son, 295-modda.

4. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2012 yil 24 iyuldagi «Oliy malakali ilmiy va ilmiy-pedagog kadrlar tayyorlash va attestatsiyadan o'tkazish tizimini yanada takomillashtirish to'g'risida»gi PF-4456-son Farmoni.

5. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2012 yil 28 dekabrdagi «Oliy o'quv yurtidan keyingi ta'lim xamda oliy malakali ilmiy va ilmiy pedagogik kadrlarni attestatsiyadan o'tkazish tizimini takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi 365- sonli Qarori.

II. Maxsus 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. Sivuxin D.V, Kurs obshchey fiziki, uchebnoe posobie dlya vuzov, t. 5 – Atomnaya i yadernaya fizika, 3-ye izdanie, FIZMATIZ, 2011.
5. L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.
6. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
7. Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.
8. Filchenkov M.L., Gravitatsiya, astrofizika, kosmologiya: dopolnitelnye glavy, «LIBROKOM», 2010.
9. Bochkarev N.G.b Magnitnye polya v kosmose, M.: Knizhnyy dom «LIBROKOM», 2011. – 216 s.

Internet ma'lumotlari

1. http://hea.iki.rssi.ru/HEAD_RUS/links_k.htm
2. <https://books.google.com/books?isbn=0226069710>
3. <https://books.google.com/books?isbn=0226724573>
4. [https:// nuclphys.sinp.msu.ru/](https://nuclphys.sinp.msu.ru/)