



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

**ASTROFIZIK KOMPAKT
GRAVITATSION OB'EKTLARNI
O'QITISHDA ILG'OR
XORIJIY TEXNOLOGIYALARDAN
FOYDALANISH**

**MODULI BO'YICHA
O'QUV – USLUBIY
MAJMUA**

2025

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY TA‘LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**OLIIY TA‘LIM TIZIMI KADRLARINI QAYTA
TAYYORLASH VA MALAKASINI OSHIRISH INISTITUTI**

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

**“ASTROFIZIK KOMPAKT
GRAVITATSION OB‘EKTLARNI O‘QITISHDA
ILG‘OR XORIJIY TEXNOLOGIYALARDAN
FOYDALANISH”**

MODULI BO‘YICHA

O‘QUV–USLUBIY MAJMU‘A

Toshkent-2025

**Mazkur o‘quv-uslubiy majmua Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar
vazirligining 2024- yil “27”dekabrdagi 485-sonli buyrug‘i bilan
tasdiqlangan o‘quv reja va dastur asosida tayyorlandi.**

Tuzuvchilar: f.-m.f.d, akademik Axmedov B.J.,
f.-m.f.n.Rahimov O.G’.,
o‘qituvchi Bozorbayev I.I

Taqrizchi: Milliy tadqiqotlar universiteti “Fizika va kimyo” kafedrası mudiri,
f.-m.f.n. Sapayev Ibrohim Bayrammurodovich

*O‘quv uslubiy majmua Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti
Kengashining qarori bilan nashrga tavsiya qilingan (2024- yil “29” noyabrdagi 4-sonli
bayonnoma).*

MUNDARIJA

I. ISHCHI DASTUR	5
II. MODULNI O‘QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTERFAOL TA’LIM METODLARI.....	10
III. NAZARIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI	14
IV. AMALIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI	25
V. KEYSLAR BANKI.....	37
VI. MUSTAQIL TA’LIM MAVZULARI.....	39
VII. GLOSSARIY	40

I. ISHCHI DASTUR

Kirish.

Dastur O‘zbekiston Respublikasining 2020-yil 23-sentabrda 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 koinot to‘g‘risidagi tasavvurlarning paydo bo‘lishi va rivojlanishining o‘ziga xos xususiyatlarini tahlil etish va baholash, yulduzlar evolyutsiyasi nazariyasini o‘zlashtirish, kompakt ob’ektlar, qora tuynuklar, neytron yulduzlar va oq mittilarning kelib chiqishi va o‘zaro bog‘likligini yoritib berish 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 kadrlarning 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 innovatsion 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:

- aylanuvchi va aylanmaydigan qora tuynuklarni;
- yulduz tipidagi va o'ta og'ir qora tuynuklarni;
- galaktikamiz markazidagi qora tuynuk va uni kuzatishlarini;
- olamning tezlanish bilan kengayishini;
- kompakt ob'ektlarning turlari va ularni kuzatish imkoniyatlarini;
- kompakt obyektning shakllanish bosqichlarini;
- astrofizikadagi kompakt ob'ektlar va gravitatsion to'lqinlarini tahlil etish ni *bilishi* kerak.

Tinglovchi:

- kvazarlar, pulsarlar, va magnitarlarni o'rganish;
- galaktikamiz markazidagi qora tuynuk va uni kuzatish, ularning tamoyillari va imkoniyatlarini o'rganish;
- qorong'i materiya va qorong'i energiyalardan foydalanish;
- 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'lqinlarini tahlil etish;
- astrofizika nuqtai-nazaridan gravitatsion kollapsning turlarini farqlash va amaliyotga tatbiq etish *ko'nikma va malakalariga* ega bo'lishi lozim.

Tinglovchi:

- yulduz tipidagi va o'ta og'ir qora tuynuklar holatini nomoyish etish;
- kompakt obyektning shakllanish bosqichlarni tekshirish va baholash;
- yulduzlarning koinotda taqsimlanishini o'rganish;
- galaktikamiz markazidagi qora tuynuk va uni kuzatishni amaliyotda samarali qo'llash;
- olamning tezlanish bilan kengayishidan 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. (2 SOAT)

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

2-MAVZU: QORA TUYNUKLAR. (2 SOAT)

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-AMALIY MASHG'ULOT: NEYTRON YULDUZLAR VA OQ MITTILAR HAQIDAGI TUSHUNCHALARNI FARQLAY Olish. (2 SOAT)

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

2-AMALIY MASHG'ULOT: ASTROFIZIKA NUQTAI-NAZARIDAN GRAVITATSION KOLLAPSNING TURLARINI FARQLASH. (2 SOAT)

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.

Modulni tashkil etish va o‘tkazish bo‘yicha tavsiyalar

“Astrofizik kompakt gravitatsion ob’ektlarni o‘qitishda ilg‘or xorijiy texnologiyalardan foydalanish” moduli ma’ruza va amaliy mashg‘ulotlar shaklida olib boriladi.

Kursni o‘qitish jarayonida ta’limning zamonaviy metodlari, pedagogik texnologiyalar va masofaviy ta’limga asoslangan raqamli texnologiyalari qo‘llanilishi nazarda tutilgan:

- video ma’ruzada zamonaviy interaktiv texnologiyalar yordamida prezentatsiya va elektron-didaktik texnologiyalar;

- o‘tkaziladigan amaliy mashg‘ulotlarda bulutli texnologiyaga asoslangan dasturiy vositalar, ekspress-so‘rovlar, test so‘rovlari va boshqa interaktiv ta’lim usullarini qo‘llash nazarda tutiladi.

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. -Т., 2020.
6. Nurmatov J, Isroilov M.I, Nishonova M. Fizika Labaratoriya ishlari. - Т.:О‘qituvchi’’, 2002.
7. N. Sadriddinov, A. Rahimov, A. Mamadaliev, Z. Jamolova. Fizika o‘qitish uslubi asoslari. -Т.: 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.- Т., O‘zbekiston, 2013.
10. Nuritdinov S.N. Galaktik astronomiya kursi, ma’ruzalar matni.-Т.: O‘zMU, 2000.
11. Nuritdinov S.N. Umumiy astronomiya kursi.-Т.: 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. [ttp://bimm](http://bimm).
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, inflyasiya jarayoni. Fundamental o‘zaro ta’sirlar SWOT tahlilini ushbu jadvalga tushiring.

S	Koinotni katta portlash natijasida yaratilishi, inflyasiya 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, inflyasiya jarayoni. Fundamental o‘zaro ta’sirlar foydalanishning kuchsiz tomonlari	Xozirigi paytda eksperimentda tekshirish imkoniyati yo‘q.
O	Koinotni katta portlash natijasida yaratilishi, inflyasiya 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.

“Assesment” metodi

Metodning maqsadi: mazkur metod ta’lim oluvchilarning bilim darajasini baholash, nazorat qilish, o’zlashtirish ko’rsatkichi va amaliy ko’nikmalarini tekshirishga yo’naltirilgan. Mazkur texnika orqali ta’lim oluvchilarning bilish faoliyati turli yo’nalishlar (test, amaliy ko’nikmalar, muammoli vaziyatlar mashqi, qiyosiy tahlil, simptomlarni aniqlash) bo’yicha tashhis qilinadi va baholanadi.

Metodni amalga oshirish tartibi:

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

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



Test

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

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



Qiyosiy tahlil

Fundamental o’zaro ta’sir kuchlarini taqqoslang



Tushuncha tahlili

- W -bozon tushunchasini izohlang...



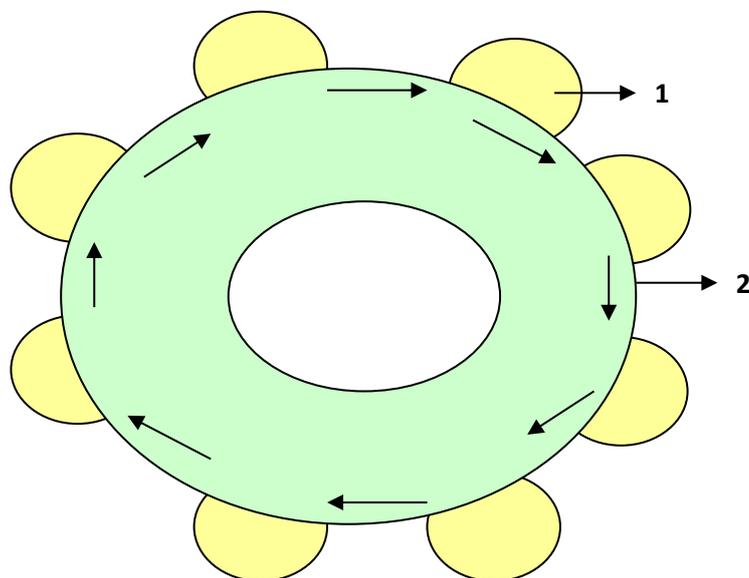
Amaliy ko’nikma

- Zarrachaning energiyasini xisoblang

“Davra suhbatı” metodi

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

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



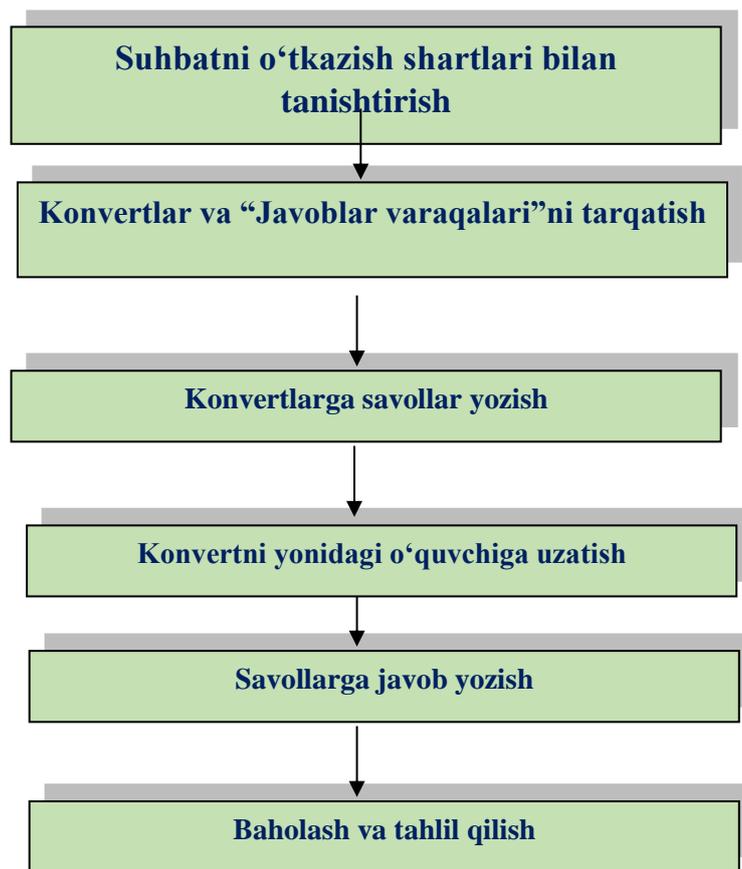
Belgilar:

1-ta’lim oluvchilar

2-aylana stol

Davra stolining tuzilmasi

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



Davra suhbatini metodining afzalliklari:

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

III.NAZARIY MASHG‘ULOTLAR MAZMUNI

1-MAVZU: KOMPAKT OB‘EKTLARNING TURLARI VA ULARNI KUZATISH IMKONIYATLARI. (2 SOAT)

Reja:

1. Kompakt ob‘ektlarning turlari va ularni kuzatish imkoniyatlari.
2. Akkretsiyon disk. Kompakt obyektning shakllanish bosqichlari.
3. Kompakt ob‘yektlar atrofidagi magnit maydon.

1.1. Kompakt ob‘ektlarning turlari va ularni kuzatish imkoniyatlari.

Astrofizikada moddaning zichligi oddiy yulduzlarga qaraganda ancha yuqori bo‘lgan yulduzlar kompakt obyektlar deb nomlanadi. Bularga oq mittilar, neytron yulduzlar va qora o‘ralar kiradi. O‘ta yuqori zichlikdan tashqari kompakt obyektlar yana bitta hususiyat bilan xarakterlanadi - ularning ichida yadro reaksiyalari butunlay to‘xtagan bo‘ladi. Shuning uchun ular issiqlik gaz bosimi hisobiga tortishish kuchiga qarshi tura olmaydi. Oq mittilar va neytron yulduzlarda tortishish kuchiga aynigan gaz bosimi qarshi turadi. Qora o‘ralarda tortishish kuchi butunlay hukmronlik qiladi va yulduz moddasini cheksiz zichlikka siqadi.

Qo‘shaloq sistemalardagi kompakt yulduzlar ko‘plab ajoyib yangi hodisalarni keltirib chiqaradi. Agar hamroh yulduz yulduz shamoli yoki Rosh qobig‘idan oshib toshib ketishi tufayli massasini yo‘qotsa, chiqarilgan gaz kompakt obyekt tomonidan tortib olinishi mumkin. Bu gravitatsion energiyani erkinlashtiradi, uni esa o‘z navbatida rentgen nurlari hamda yorqinlikning kuchli va tez o‘zgarishi ko‘rinishida kuzatish mumkin.

Koinotning eng qiziqarli va sirli jismlaridan biri bu kompakt ob‘ektlardir. Ular o‘zining ulkan gravitatsiyasi, yuqori zichligi va noan‘anaviy fizik xususiyatlari bilan ajralib turadi. Kompakt ob‘ektlarning asosiy turlari va ularni kuzatish imkoniyatlari haqida to‘liq ma‘lumot beriladi.

Kompakt Ob‘ektlarning Turlari

1. **Oq mittilar**- yadro yoqilg‘isini tugatgan kichik va o‘rta massali yulduzlarning evolyutsion qoldig‘idir. Ular asosan degeneratsiyalangan elektron gazidan tashkil topgan bo‘lib, zichligi juda yuqori bo‘ladi.
2. **Neytron yulduzlari**- Neytron yulduzlari massiv yulduzlarning supernova portlashi natijasida hosil bo‘lib, asosan neytronlardan tashkil topgan zich obyektlardir
3. **Qora tuynuklar**- o‘zining ulkan gravitatsiyasi tufayli hatto yorug‘lik ham chiqib keta olmaydigan kompakt ob‘ektlardir.

Ularni Kuzatish Imkoniyatlari

1. **Optik teleskoplar**

Optik teleskoplar orqali oq mittilar va ba'zi neytron yulduzlarni kuzatish mumkin. Masalan, Hubble kosmik teleskopi bu borada katta ahamiyatga ega.

2. Radio teleskoplar

Pulsarlar (neytron yulduzlari) radio nurlanish chiqaradi, shuning uchun radio teleskoplar, masalan, Arecibo va FAST, ularni kuzatishda ishlatiladi.

3. Rentgen va gamma teleskoplar

Qora tuynuklar va neytron yulduzlarning qudratli nurlanishi rentgen va gamma diapazonida kuzatiladi. Masalan, **Chandra** va **XMM-Newton** kabi teleskoplar shunday nurlanishlarni o'rganadi.

4. Gravitatsion to'lqin detektorlari

LIGO va Virgo kabi detektorlar qora tuynuklar va neytron yulduzlarning birlashishidan hosil bo'ladigan gravitatsion to'lqinlarni aniqlash imkonini beradi.

Akkretsion disk – gravitatsion ta'sir natijasida kompakt ob'ekt atrofida hosil bo'ladigan gaz va changdan iborat aylanuvchi diskdir. Ushbu disk yuqori tezlikda aylanishi va yadro sintez reaksiyalarisiz energiya chiqarishi bilan astrofizikada katta ahamiyat kasb etadi.

Akkretsion Diskning Hosil Bo'lishi

Akkretsion disk kompakt ob'ektlar (qora tuynuklar, neytron yulduzlari, oq mittilar) atrofida hosil bo'ladi. Materiya ushbu ob'ektlarning kuchli gravitatsiyasi ta'sirida tortilib, spiral shaklda yaqinlashadi. Disk ichkarisidagi ishqalanish va magnit maydonlar gazni qizdirib, rentgen va ultrabinafsha nurlanish hosil qiladi. Akkretsion disklar astrofizikaning muhim tadqiqot yo'nalishlaridan biri bo'lib, ular orqali kompakt ob'ektlarning tabiati va atrof-muhit bilan o'zaro ta'siri o'rganiladi. Zamonaviy kuzatuv texnologiyalari yordamida ushbu strukturalar haqida yanada ko'proq ma'lumot olish imkoniga egamiz.

Akkretsion Diskning Tuzilishi va Xususiyatlari

Akkretsion disk turli qismlardan iborat bo'lib, har bir qismi harorat, zichlik va nurlanish bo'yicha o'ziga xosdir:

1. **Ichki zona:** Juda issiq (millionlab Kelvin), asosan rentgen va ultrabinafsha nurlanish chiqaradi.
2. **O'rta zona:** Optik va infraqizil diapazonda nurlanish kuzatiladi.
3. **Tashqi zona:** Sovuqroq, asosan chang va gazlardan iborat bo'lib, radioto'lqinlarda kuzatiladi.

Akkretsion Diskning Turlari

Akkretsion diskleri hosil bo'lish mexanizmiga qarab turlicha bo'ladi:

1. **Qora tuynuk atrofidagi akkretsion disk:**
 - o Materiya tushib borishi natijasida ulkan energiya ajraladi.
 - o Juda issiq va zich bo'lib, kuchli rentgen nurlanish chiqaradi.
2. **Neytron yulduzlari atrofidagi akkretsion disk:**

- Magnit maydonning ta'siri kuchli.
- Pulsarlar va rentgen burqishlari sodir bo'ladi.

3. *Oq mittilar atrofidagi akkretsiyon disk:*

- Kamroq energiyali, ko'pincha ko'rinadigan yorug'lik va ultrabinafsha diapazonda nurlanish chiqaradi.

Akkretsiyon Diskni Kuzatish Usullari

Akkretsiyon disklar quyidagi teleskoplar va usullar yordamida kuzatiladi:

- *Optik teleskoplar* – sovuqroq disklarni kuzatish uchun ishlatiladi.
- *Rentgen teleskoplar (Chandra, XMM-Newton)* – ichki qismdagi yuqori haroratli gazni aniqlash uchun.
- *Radio teleskoplar* – tashqi zonasidagi chang va gazlarni kuzatish uchun.
- *Gravitatsion to'lqin detektorlari (LIGO, Virgo)* – ikkita kompakt ob'ekt birlashganda hosil bo'luvchi akkretsiyon disklarni aniqlash uchun.

Kompakt Ob'ektlarning Shakllanish Bosqichlari

Kompakt ob'ektlar (oq mittilar, neytron yulduzlari va qora tuynuklar) yulduzlarning evolyutsiyasi natijasida hosil bo'ladi. Ularning shakllanishi yulduzning boshlang'ich massasiga bog'liq. Quyida yulduzlarning hayot sikli va kompakt ob'ektlarning shakllanish bosqichlari keltirilgan.

1. Boshlang'ich yulduz shakllanishi

- Yulduzlar ulkan gaz va chang bulutlarining (tumanliklar) gravitatsion siqilishi natijasida hosil bo'ladi.
- Bu bosqichda yadro sintez jarayoni boshlanadi va yulduz vodorodni geliyga aylantira boshlaydi.
- Yulduzning massasi keyingi taqdirini belgilaydi.

2. Asosiy ketma-ketlik bosqichi

- Yulduz hayotining eng uzoq davom etadigan bosqichi bo'lib, vodorod termoyadro sintezi natijasida energiya hosil qiladi.
- Quyosh massasi kattaroq bo'lsa, yulduz tezroq yoqilg'isini tugatadi.
- Katta massali yulduzlar ko'proq energiya ajratadi va ulkan yulduzlarga aylanadi.

3. Gigant bosqichi

- Yulduz vodorodni tugatgach, geliy va og'ir elementlarning yonish jarayoni boshlanadi.
- O'rta massali yulduzlar qizil gigantga, katta massali yulduzlar esa qizil o'ta gigantga aylanadi.
- Yadro zichligi ortib, kuchli gravitatsiya ta'siri ostida siqilish boshlanadi.

4. Kompakt ob'ektning shakllanishi

a) Oq mittilar (kichik va o'rta massali yulduzlar, $M < 8$ Quyosh massasi)

- Yulduz tashqi qatlamlarini yo'qotadi va **planetar tumanlik** hosil bo'ladi.

- Yadro siqilib, degenerate elektron gaz bosimi ta'sirida **oq mitti** hosil bo'ladi.
- Oq mittilar asta-sekin soviydi va **qora mittiga** aylanishi mumkin (biroq bu jarayon koinot yoshidan uzoq).

b) Neytron yulduzlari (8-20 Quyosh massali yulduzlar)

- Yulduzda temir yadrosi hosil bo'lsa, termoyadro sintezi to'xtaydi va og'irlik kuchi yulduzni ichkariga siqib yuboradi.
- Kuchli portlash – **supernova portlashi** sodir bo'ladi, natijada tashqi qatlamlar fazoga sochiladi.
- Yadro juda siqilib, proton va elektronlar neytronlarga aylanadi, natijada **neytron yulduzi** hosil bo'ladi.

c) Qora tuynuklar (20+ Quyosh massali yulduzlar)

- Juda katta massali yulduzlarda siqilish davom etadi va neytron gaz bosimi ham gravitatsiyani ushlab tura olmaydi.
- Yulduz o'z massasining juda katta qismini yo'qotadi va natijada **qora tuynuk** shakllanadi.
- Qora tuynuk atrofidagi materiyani tortib olib, akkretsiyon disk hosil qiladi va rentgen nurlanishi chiqaradi.

Kompakt Ob'ektlar Atrofidagi Magnit Maydon

Kompakt ob'ektlar (oq mittilar, neytron yulduzlari va qora tuynuklar) juda kuchli magnit maydonlarga ega bo'lishi mumkin. Ularning magnit maydoni yulduzning evolyutsion jarayonlari va siqilish bosqichida kuchayadi. Quyida ushbu obyektlar atrofidagi magnit maydonning shakllanishi, xususiyatlari va kuzatish usullari haqida batafsil ma'lumot berilgan.

1. Magnit Maydonning Hosil Bo'lishi

Yulduzning magnit maydoni uning ichki harakati va zaryadlangan zarrachalarning harakati natijasida shakllanadi. Kompakt ob'ektlar hosil bo'lganda, ular siqilib, burchak momentini saqlaydi, bu esa magnit maydon kuchayishiga olib keladi. Masalan:

- Agar yulduzning magnit maydoni **1 Gauss** bo'lsa, neytron yulduz siqilganda uning magnit maydoni **10^{12} - 10^{15} Gauss** gacha kuchayishi mumkin.
- Oq mittilar esa **10^5 - 10^9 Gauss** kuchli magnit maydonga ega bo'lishi mumkin.

2. Kompakt Ob'ektlarning Magnit Maydoni Xususiyatlari

a) Oq Mittilar

- Magnit maydon kuchi **10^5 - 10^9 Gauss** oralig'ida.
- Ba'zi oq mittilar kuchli magnit maydon tufayli **polyar yulduzlar** deb nomlanadi.

- Ular akkretsiyon diskni deformatsiya qilib, materiyaning magnit qutblarga yoʻnalishini taʼminlaydi.

b) Neytron Yulduzlari

- Oddiy neytron yulduzlar magnit maydoni $10^{12} - 10^{14}$ Gauss boʻlishi mumkin.
- **Pulsarlar** – kuchli magnit maydonga ega boʻlgan neytron yulduzlar boʻlib, nurlanish impulslarini chiqaradi.
- **Magnitarlar** – eng kuchli magnit maydonga ega neytron yulduzlar (10^{15} Gaussgacha). Ularning magnit maydoni materiyani buzib yuborishi va kuchli gamma portlashlarga sabab boʻlishi mumkin.

c) Qora Tuynuklar

- Oʻzining magnit maydonini mustaqil hosil qila olmaydi, lekin atrofdagi ionlashgan gaz va akkretsiyon disk orqali kuchli magnit maydon hosil boʻlishi mumkin.
- Kuchli magnit maydon tufayli qora tuynuklar **relativistik reaktiv oqimlar (jetlar)** chiqaradi, bu esa quasar va blazar kabi obʼektlarda kuzatiladi.

3. Magnit Maydonning Rolini Anglash

1. Materiyaning harakatiga taʼsiri:

- Neytron yulduzlari va oq mittilar magnit maydoni akkretsiyon disk bilan oʻzaro taʼsirlashadi, gaz oqimini yoʻnaltiradi.
- Qora tuynuk atrofidagi magnit maydon jetlarni hosil qiladi.

2. Nurlanishga taʼsiri:

- Magnit maydon kuchli elektromagnit nurlanish chiqarishiga olib keladi.
- Pulsarlar radiosignallar chiqaradi, magnitarlar esa gamma nurlanishlar ishlab chiqaradi.

3. Gravitatsion va elektromagnit hodisalar bilan bogʻliqligi:

- Gravitatsion toʻlqinlar va kuchli magnit maydon hodisalari koinotda kuzatilgan eng yorqin voqealar (masalan, neytron yulduzlar toʻqnashuvi) sababchisi boʻlishi mumkin.

4. Kuzatish Usullari

- **Radio teleskoplar (FAST, VLA, LOFAR)** – pulsarlar va neytron yulduzlarini kuzatadi.
- **Rentgen teleskoplar (Chandra, XMM-Newton)** – magnitarlar va qora tuynuk akkretsiyon disklari kuzatiladi.
- **Gamma teleskoplar (Fermi, Swift)** – magnitarlarning portlashlarini aniqlashda qoʻllaniladi.

2-MAVZU: QORA TUYNUKLAR. (2 SOAT)

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

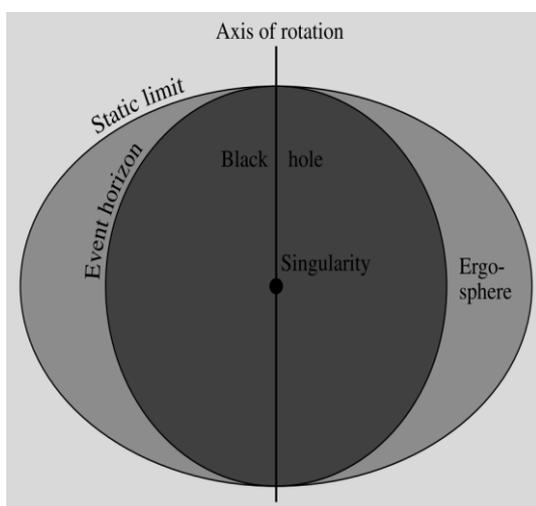
Agar yulduz massasi M_{0V} dan oshsa hamda agar u evolyutsiyasi davomida massasini yo'qotmasa, u endi barqaror yakuniy holatga erisha olmaydi. Tortishish kuchi boshqa barcha kuchlardan ustun keladi va yulduz kollaplanib, qora o'raga aylanadi. Undan hatto yorug'lik ham qochib qeta olmaganligi sababli uni aynan qora o'ra deyishadi. 18-asrning oxirida *Laplas* yetarlicha massiv jism o'zining yuzasidan hatto yorug'lik chiqishiga to'sqinlik qilishini ko'rsatdi. Klassik mexanikaga ko'ra, radiusi R va massasi M bo'lgan jismdan qochish (ikkinchi) tezligi quyidagiga teng

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}.$$

Agar jism radiusi kritik radiusdan

$$R_s = 2GM/c^2, (15.1)$$

kichik bo'lsa, bu tezlik yorug'lik tezligidan oshib ketadi.



8-Rasm. Qora o'ra sharsimon hodisalar gorizonti bilan o'ralgan. Bundan tashqari, aylanadigan qora o'ra tekis sirt bilan o'ralgan, uning ichida hech qanday narsa harakasiz bo'lib qolishi mumkin yemas. Bu maydon ergosfera deb ataladi.

Kritik radius – *Shvarsschild radiusi* uchun ham shunday kattalik umumiy nisbiylik nazariyasidan kelib chiqadi. Masalan, Quyosh uchun R_s taxminan 3 km; ammo, Quyoshning massasi shunchalik kichikki, u oddiy yulduz evolyutsiyasi natijasida qora o'raga aylana olmaydi. Yulduz kollapsi natijasida hosil bo'lgan qora o'raning massasi M_{0V} dan katta bo'lishi kerakligi sababli, shu tarzda hosil bo'lgan eng kichik qora o'ralarning radiusi taxminan 5-10 km teng.

Qora o'ralarning hususiyatlarini umumiy nisbiylik nazariyasi asosida o'rganish kerak, bu esa kitobimizning doirasidan chiqib ketmoqda. Shuning uchun biz bu yerda faqat ayrim asosiy xususiyatlarni sifat jihatidan muhokama qilamiz.

Voqealar gorizonti – bu sirt bo‘lib, u orqali hatto prinsipial ravishda hech qanday ma’lumot uzatilmaydi. Qora o‘ra Shvarsschild radiusi bilan chegaralangan voqealar gorizonti bilan o‘ralgan (8-rasm). Nisbiylik nazariyasida har bir kuzatuvchi o‘zi bilan mahalliy vaqt o‘lchoviga ega bo‘ladi. Agar ikkita kuzatuvchi bir nuqtada bir-biriga nisbatan tinch holatda bo‘lsa, ularning soatlari bir xil tezlikda ishlaydi. Aks holda, ularning soat chastotalari har xil va voqealarning ko‘rinma yo‘nalishi ham boshqacha bo‘ladi.

Voqealar gorizonti yaqinida vaqtning turli xil o‘rnatilishi muhim ahamiyat kasb eta boshlaydi. Qora o‘raga tushgan kuzatuvchi o‘z soatiga ko‘ra cheklangan vaqt ichida markazga yetib boradi va voqea gorizontidan o‘tayotganda xech qanaqa farqlarni sezmaydi. Biroq, masofadagi kuzatuvchiga nisbatan u hech qachon voqealar gorizontiga yetib bormaydi deb tuyuladi. Gorizontga yaqinlashgan sari uning tushish tezligi nolga intilib boradi.

Vaqtning sekinlashishi yorug‘lik signallarining chastotasi pasayishida ham namoyon bo‘ladi. Gravitatsion qizilga siljish formulasini Shvarsschild radiusi birliklarida quyidagi shaklda yozilishi mumkin (Ilova B):

$$v_{\infty} = v \sqrt{1 - \frac{2GM}{rc^2}} = v \sqrt{1 - \frac{R_s}{r}}. \quad (15.2)$$

Bu yerda v – qora o‘radan r masofada chiqqan nurlanish chastotasi, va v_{∞} – bu cheksiz uzoqda joylashgan kuzatuvchi tomonidan kuzatiladigan chastota. Ko‘rinib turibdiki, cheksizlikdagi chastota voqea gorizonti yaqinida chiqadigan nurlanish uchun nolga intiladi.

Gravitatsion kuch o‘raning markaziga yo‘naltirilganligi va masofaga bog‘liq bo‘lganligi sababli, tushayotgan jismning turli qismlari kattaligi va yo‘nalishi bo‘yicha farqlanadigan gravitatsiya kuchini sezadi. Qora o‘raga yaqinlashganda ko‘tarilish kuchlari juda katta bo‘lib ketadi va o‘raga tushgan har qanday modda mayda zarralargacha parchalanib ketadi. Markaziy nuqta yaqinida barcha atomlar va elementar zarralar parchalanib, yo‘q holatga o‘tadi. Shunda moddaning oxirgi holati zamonaviy fizikaga noma’lum. Qora o‘raning kuzatilayotgan xususiyatlari u qanday hosil bo‘lganligiga bog‘liq emas.

Yulduz qora o‘raga kollaplanganda, nafaqat moddaning tarkibi haqidagi barcha ma’lumotlar yo‘qoladi; masalan, hattoki har qanday magnit maydon ham voqealar gorizonti ortida yo‘qoladi. Qora o‘ra faqat uchta kuzatiladigan xususiyatga ega bo‘lishi mumkin: massa, impuls momenti va elektr zaryadi.

Qora o‘raning umumiy zaryadi yetarli darajada katta bo‘lishi bo‘lishi dargumon. Elektr zaryadlangan qora o‘ra neytral bo‘lgunga qadar qarama-qarshi zaryadli zarralarni o‘ziga tortardi. Boshqa tomondan, aylanish yulduzlarga xosdir, shuning uchun qora o‘ralar ham aylanishi kerak. Burchak momenti saqlanishi tufayli, qora o‘raga kollaplangan yulduzlar juda tez aylanishi kerak.

1963-yilda *Roy Kerr* aylanadigan qora o‘ra uchun maydon tenglamalarining yechimini topishga muvaffaq bo‘ldi. Voqealar gorizontidan tashqari, aylanadigan o‘ra yana bir cheklovchi sirtga ega - ellipsoidal *statik chegara* (8-rasm). Statik chegara ichidagi obyektlarni hech qanday kuch bilan harakatsiz ushlab turish

mumkin emas, ular o‘ra atrofida aylanishi kerak. Biroq, statik chegara va hodisalar gorizonti orasidagi *ergosfera* deb ataladigan sohadan chiqib ketish mumkin. Darhaqiqat, qora o‘raning aylanish energiyasidan foydalanish mumkin. Buning uchun obyektни ergosferaga shunday tushirish kerakki, unda obyektning bir qismi o‘raga tushadi, qolgan qismi esa tashqariga otilib chiqadi. Shunda chiqayotgan qism asl obyektga qaraganda sezilarli darajada ko‘proq kinetik energiyaga ega bo‘lishi mumkin.

Hozirgi vaqtda qora o‘rani to‘g‘ridan-to‘g‘ri kuzatishning yagona ma‘lum usuli bu – unga tushayotgan gazning nurlanishidir. Masalan, agar qora o‘ra qo‘shaloq sistemaning a‘zosi bo‘lsa, sherikdan oqib chiqadigan gaz o‘ra atrofida disk sifatida o‘tiradi. Diskning ichki chetida joylashgan modda o‘raga tushadi. Akkretsiyalanayotgan gaz o‘z energiyasining muhim qismini (tinch holatdagi massasining 40% gacha) yorug‘lik shaklida yo‘qotadi. Bu nurlanish rentgen sohasida kuzatilishi kerak.

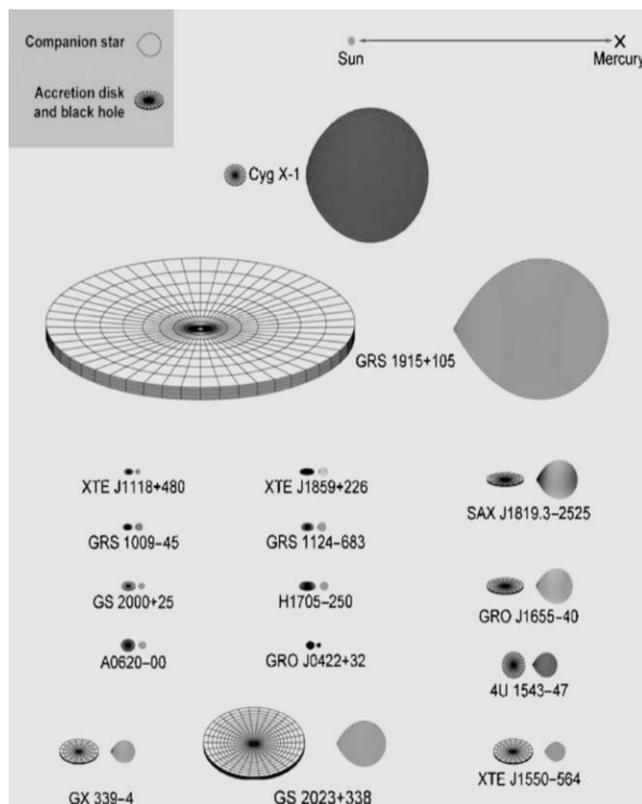


9-Rasm. Markazdagi *стрелка* V1357 Cyg nomli o‘zgaruvchan yulduzini ko‘rsatadi. Uning yo‘ldoshi - Cygnus X-1 nomli rentgen manbasi, ehtimol qora o‘ra. Cyg X-1 o‘zi shunchalik zaifki, uni faqat rentgen diapazonda kuzatish mumkin. V1357 nisbatan *pastki o‘ng* tomonidagi yorqin yulduz – η Cygni, Oq Qush yulduz turkumidagi eng yorqin yulduzlardan biri.

Maxsus turdagi bir nechta tez va tartibsiz o‘zgaruvchan rentgen manbalari aniqlandi. Rentgen qo‘shaloq sistemasida qora o‘ra mavjudligining birinchi ishonchli isboti Cygnus X-1 uchun topilgan (9-rasm). Uning ravshanligi 0.001s vaqt orasida o‘zgarib turadi, ya‘ni nurlanish sohasi atigi 0.001 yorug‘lik sekundga teng (yohud diametri bir necha yuz kilometr) bo‘lishi kerak. Faqat neytron yulduzlar va qora o‘ralar yetarlicha kichik va zich bo‘lib, bunday yuqori energiyali jarayonlarni ta‘minlab bera oladi. Cygnus X-1 aslida HDE226868 nomli qo‘shaloq sistemaning kichikroq komponentidir. Kattaroq komponent – massasi 20–25 M_{\odot} bo‘lgan, optik ko‘rinadigan o‘ta gigantdir. Ko‘rinmas komponentning massasi, hisob-kitoblarga ko‘ra, 10–15 M_{\odot} tashkil qiladi. Agar bu to‘g‘ri bo‘lsa, unda ikkilamchi komponentning massasi neytron yulduzi uchun yuqori chegaradan ancha kattadir va shuning uchun u qora o‘ra bo‘lishi kerak.

Bugungi kunga kelib 20 tadan ortiq sistemalar ma'lumki, ularda kompakt komponentning massasi $3M_{\odot}$ dan katta va shuning uchun ehtimol qora o'ra bo'lishi mumkin. 10-rasmda ko'rsatilgandek, ular turli o'lchamlarda bo'lishi mumkin. Ularning deyarli barchasi rentgen yangi yulduz sifatida aniqlangan.

Qora o'ralar haqida ko'plab qo'rqinchli hikoyalar o'ylab topilgan. Shuning uchun shuni ta'kidlash kerakki, ular, boshqa yulduzlar singari, dinamik qonunlarga bo'ysunadilar – ular beayib piyodalarga hujum qilaman deb Koinotning zulmatida yashirinib o'tirmaydilar. Agar Quyosh qora o'raga aylanib qolsa, sayyoralar hech narsa bo'lmagandek o'z orbitalarida harakatlanishni davom ettiradi.



10-Rasm. Somon Yo'lidagi 16 ta qora o'raning masshtablari ko'rsatilgan (J. Orosz taqdim qilgan). Rasmning tepasida Quyoshdan Merkuriygacha bo'lgan masofa ko'rsatilgan (0.4 a.b.). Qo'shaloq yulduzning tahmin qilingan og'ganligi akkretsiyon diskning og'ishi bilan belgilanadi. (R.A. Remillard, J.E. McClintock 2006, ARAA 44, 54)

Hozircha biz massasi faqat yulduz massasi diapazonida bo'lgan qora o'ralarni muhokama qildik. Biroq, qora o'ra massasining yuqori chegarasi yo'q. Galaktikalar yadrolaridagi ko'plab faol hodisalarni massasi millionlab yoki minglab millionlab quyosh massasiga teng bo'lgan o'ta massiv qora o'ralar bilan tushuntirsa bo'ladi

Aylanuvchi qora o'ralar atrofida optik jarayonlar

Bu dunyo ilm-fani uchun muhim yangilik bo'lganidan bir vaqtning o'zida olti shaharda (Bryussel, Vashington, Santyago-de-Chili, Taypey, Tokio va Shanxay) matbuot konferensiyasi tashkil qilinib, surat haqida jurnalistlarga ma'lum qilindi. Shu vaqtga qadar qora tuynuklar to'g'risidagi bilimlarimiz faqat nazariy

bo‘lib kelgan edi. Ularning mavjudiyati mutlaq ilmiy gipoteza hisoblanib, ayrimlar bu gipotezaga ishonqiramay qaragan ham.

Olimlar qora tuynuklar mavjudligini bilmaganmi? Aniqroq aytganda, bunga olimlarning ishonchi yuz foiz komil bo‘lmagan. Shu paytgacha qora tuynuklarni insoniyat ixtiyorida mavjud imkoniyatlar bilan kuzatishning imkoni tug‘ilmagan. Buni chaqmoq va momaqaldiroq misoli bilan jo‘nroq tushuntirish mumkin. Biz chaqmoqning zarba to‘lqini kuchli gumburlash hosil qilishini bilamiz va bu shovqinni momaqaldiroq sifatida qabul qilamiz. Biroq ikkala tabiat hodisasi bir-birisiz mavjud bo‘la olmaydi. Ammo chaqmoq quyuc bulutlar ichida yoki osmono‘par binolar ortida ham kechishi mumkin. Bunday holatda faqat gumburlashni eshitamiz va chaqmoqning o‘zini ko‘rmaymiz, lekin qayerdadir chaqmoq sodir bo‘lganini ishonch bilan ayta olamiz. Chunki buni boshqacha izohlab bo‘lmaydi. Bugungi kungacha qora tuynuklar bilan ham o‘xshash vaziyat kuzatilgan. Ularning mavjudiyati ilmiy farazlar orqali (ilk bor XVIII asrning oxirida) bashorat qilingan va bu ko‘p marta turli hisob-kitoblar orqali tasdiqlangan. Biroq olimlar qo‘lida ushbu gipotezani isbotlaydigan «ashyoviy dalillar» yo‘q edi. Endi esa bor.

Suratga olishga nima xalal berib kelayotgan edi? Gap shundaki, o‘z nomi bilan qora tuynukni qurollanmagan ko‘z yoki boshqa jihozlar bilan ko‘rishning imkoni yo‘q. Biz faqat yorug‘lik nurini qaytargan obyektlarnigina ko‘ra olamiz, xolos. Tasavvur qiling, zimiston xonadasiz. Bunday xonada nimani ko‘rish mumkin? Albatta, hech narsani. Hatto, xona narsalar bilan to‘ldirilgan bo‘lsa ham, siz ularni ko‘ra olmaysiz, faqat paypaslab, his qilishingiz mumkin. Qorong‘i xonada tungi ko‘rish asbobidan foydalanishingiz mumkin: u ko‘rinmas infraqizil nurlarni tutib, ularni ko‘zimizga moslab beradi. Biroq qora tuynukning tortish kuchi shu qadar ulkanki, uni qo‘limizda mavjud teleskoplarga mos hech qanday nurlanish yengib o‘ta olmaydi – na radioto‘lqinlar, na rentgen nurlari yoki gamma nuri.

U holda qora tuynuk qanday qilib suratga olindi? Aniq qilib aytganda, suratda qora tuynukning o‘zi emas, balki uning faraziy «tashqi qobig‘i» aks etgan. U hodisalar gorizonti (Event Horizon), deb ham ataladi. Ichki qismda qora tuynukning tortish kuchi hech qanday ma‘lumotning chiqib ketishiga yo‘l qo‘ymaydi, lekin tashqarida nurlarning tortish kuchidan xalos bo‘lish imkoniyati mavjud. Radioteleskoplarining murakkab tizimidan tashkil topgan Event Horizon Telescope (EHT) loyihasi qora tuynuk tomonidan yutilmagan, aynan hodisalar gorizonti tashqarisidagi turg‘un orbita bo‘ylab yurgan nurlarni suratga olishga muvaffaq bo‘lgan. Olimlar mazkur loyiha doirasida qora tuynukni «tutish»ga uzoq yillardan buyon urinib kelayotgan edi. Yig‘ilgan ma‘lumotlar shunchalik ko‘pligidan ularni internet orqali uzatishning imkoni bo‘lmagan va ma‘lumotlar saqlangan yuzlab qattiq disklar samolyotlarda tashilgan. Bir so‘z bilan aytganda, qora tuynuk Eynshteyn nazariyasi haqligini isbotladi.

Suratda nimani ko‘rish mumkin? Qop-qora tuynukni o‘rab turgan «olovli halqa» aql bovar qilmas darajada qizigan va qora tuynuk tomonidan yutilayotgan gazning hosilasidir. Gaz shu qadar kuchli nur taratganidan, shu galaktikada joylashgan milliardlab yulduzlarni to‘shib qo‘yadi. Hodisalar gorizonti ichidagi qora bo‘shliqda bizga ma‘lum fizika qonunlari ishlamay qoladi. Xulosa o‘rnida shuni takidlash joizki, qora tuynuklar – o‘zida ko‘plab sinoat yashirib kelayotgan

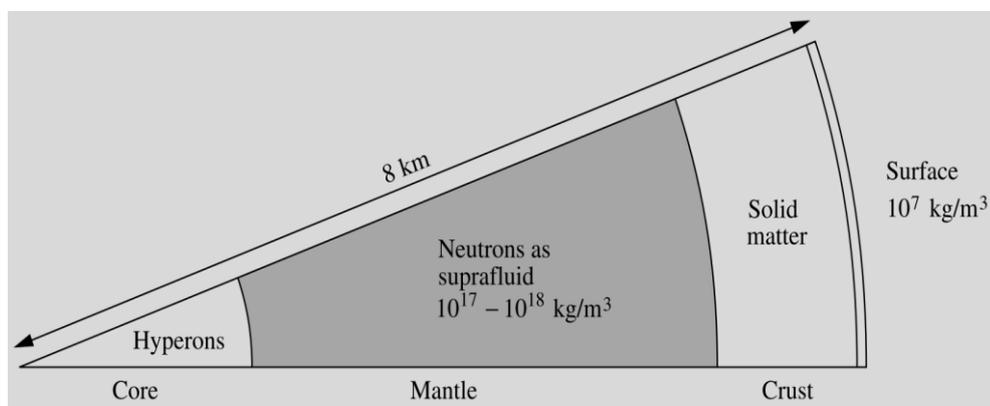
Koinotning jumboqli obyektlaridir. Ko'pgina bahs va munozalarga sabab bo'layotgan ko'p sonli paradoks va muammolarga qaramasdan ishonch bilan aytish mumkinki hozirda javobsiz qolayotgan savollar kelajakda o'z javobini topadi. Darvoqe, quvonarlisi, loyihaning uch katta tarmog'idan biri bo'lgan nazariya va modellashtirish ishlarida bizning olimlar ham qatnashgan. O'zbekiston Fanlar akademiyasi Astronomiya institutining professori Bobomurot Ahmedov boshchiligidagi nazariy astrofizika bo'limi hodimlari EHT loyihasining nazariya va modellashtirish ishlarida ishtirok etib, qora tuynuklar sharpalariga tegishli hisob-kitoblarni bajargan va o'ttizdan ortiq qora o'raning optik xususiyatlariga bag'ishlangan ilmiy maqolalar dunyoning eng nufuzli jurnallarida chop etilgan va xavolalar orqali dunyo ilmiy jamiyati tomonidan e'tirof etilgan. Masalan, bo'lim yosh xodimlaridan biri fizika – matematika fanlari doktori Ahmadjon Abdujabborov esa sharpalarni tavsiflash uchun yangi matematik formalizm yaratgan.

IV. AMALIY MASHG'ULOTLAR MAZMUNI

1-AMALIY MASHG'ULOT: NEYTRON YULDUZLAR VA OQ MITTILAR HAQIDAGI TUSHUNCHALARNI FARQLAY OLISH. (2 SOAT)

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

Agar yulduzning massasi yetarlicha katta bo'lsa, moddaning zichligi oddiy oq mittilarnikidan ham katta bo'lib ketishi mumkin. Shunda klassik aynigan elektron gaz holati tenglamasini mos holda relyativistik formula bilan almashtirish kerak bo'ladi. Bunday holda endi, yulduz radiusining kamayishi tortishish kuchiga qarshi turishga yordam bera olmaydi. Muvozanat massaning faqat bitta aniq qiymati avval kiritilgan – M_{Ch} Chandrasekar massasi uchun mumkin bo'ladi. M_{Ch} ning qiymati taxminan $1.4M_{\odot}$ tashkil qiladi va u oq mitti massasining yuqori chegarasi deb hisoblanadi. Agar yulduz massasi M_{Ch} dan katta bo'lsa, tortishish kuchi bosimni yengadi va yulduz yuqori zichlik yo'nalishi bo'yicha tez siqiladi. Bunday kollapsdan keyin erishilgan oxirgi barqaror holat - *neytron yulduz* bo'ladi (2-rasm). Boshqa tomondan, agar massa M_{Ch} , dan kam bo'lsa, bosim ustunlik qiladi. Keyin yulduz zichligi yetarli darajada kichik bo'lib, muvozanat holatiga yetgunicha kengayib boradi. Bu holat kamroq relyativistik holat tenglamasi bilan ifodalanishi mumkin.



2-rasm. Neytron yulduzining tuzilishi. Qobiq qattiq moddadan ibrrat, mantiya esa erkin oqayotgan o'tasuyuqlikdir.

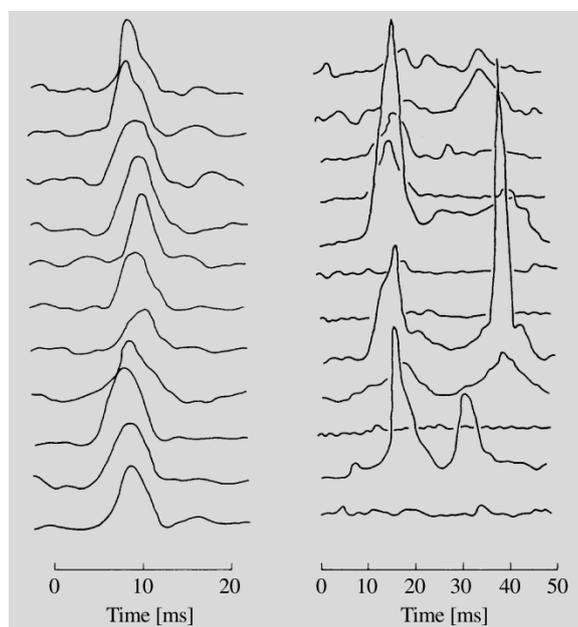
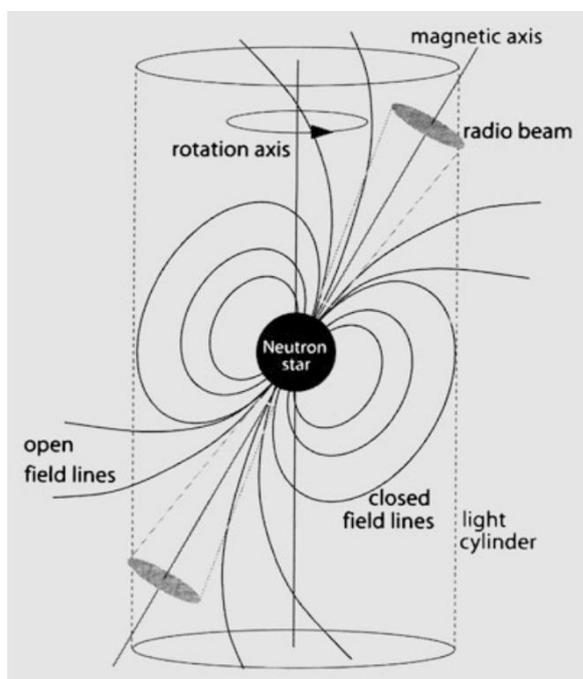
Massiv yulduz o'z evolyutsiyasining oxiriga yetib, o'ta yangi yulduz sifatida portlaganda, bir vaqtning o'zida uning yadrosi kollapslanadi va bu siqilish oq mitti zichligida to'xtamasligi ham mumkin. Agar kollapslanayotgan yadroning massasi Chandrasekar massasidan katta bo'lsa ($\approx 1.4M_{\odot}$), kollaps neytron yulduzi hosil bo'lgunicha davom etadi.

Yulduzlar evolyutsiyasining so'nggi bosqichlarida yuz beradigan muhim zarracha reaksiyasi bu - 1940-yillarda *Schönberg* va *Gamow* tomonidan taklif qilingan *URCA jarayoni*. U moddaning tarkibiga ta'sir ko'rsatmasdan katta neytrino nurlanishiga olib keladi. *URCA* jarayoni quyidagi reaksiyalardan iborat

bu yerda Z – yadrodagi protonlar soni; A – massa soni; e^- - yelektron; ν_e va $\bar{\nu}_e$ – elektron-neytrino va elektorn-antinetrino. Elektron gaz ayniganda oxirgi reaksiya Paulining chiqarib tashlash prinsipi bilan bostiriladi. Natijada yadrolardagi protonlar neytronlarga aylanadi. Yadrolardagi neytronlar soni ortishi bilan ularning bog‘lanish energiyalari kamayadi. Zichlik taxminan $4 \cdot 10^{14} \times kg/m^3$ bo‘lganda neytronlar yadrodan oqib chiqa boshlaydi va $10^{17} kg/m^3$ yetganda yadro umuman yo‘q bo‘lib ketadi. Shunda modda taxminan 0.5% elektron va proton bilan aralashtirilgan neytron “bo‘tqa” dan iborat bo‘lib qoladi.

Neytron yulduzlar tortishish kuchiga qarshi aynigan neytron gazining bosimi bilan ushlab turiladi (xuddi oq mittilar elektron gazi bosimi yordamida bardosh bergandek). Holat tenglamasi oq mitti bilan bir hil, faqat elektron massasi neytron massasi bilan almashtiriladi va o‘rtacha molekulyar massa erkin neytronlar soniga nisbatan aniqlanadi. Gaz deyarli butunlay neytronlardan iborat bo‘lganligi sababli, o‘rtacha molekulyar massa taxminan birga teng.

Neytron yulduzlarining tipik diametri taxminan 10 km. Oddiy yulduzlardan farqli o‘laroq, ular aniq belgilangan qattiq sirtga ega. Uning ustidagi atmosferaning qalinligi bir necha santimetr ga teng. Yuqori qobiq qattiq metall moddadir, uning zichligi ichkariga qarab tez o‘sib boradi. Yulduzning katta qismi neytron o‘taoquvchan suyuqli muhitni namoyon qiladi. Zichligi $10^{18} kg/m^3$ dan oshishi mumkin bo‘lgan markazda yanada og‘irroq zarralar (giperonlar) yoki kvark moddadan iborat bo‘lgan qattiq yadrosi bo‘lishi mumkin. Oxirgi vaziyatda, odatda neytronlarni tashkil etadigan kvarklar, cheksiz oshib ketadi.



3-Пасм. Aylanadigan neytron yulduz kuchli magnit maydoniga ega. Bu maydon elektronlarni sirtidan yulib olib, magnit qutblar ustida relyativistik tezlikgacha tezlashtiradi. Elektronlar magnit maydon chiziqlari bo‘ylab tezlashganda, ular tor fazoviy burchakda egrilik nurlanish deb aytiladigan nurlanishni beradilar. Bu nurlanish, umumiy holda, sinxrotron nurlanishga ekvivalentdir. Magnit o‘qi aylanish o‘qiga nisbatan siljiganligi sababli, nurlar fazoda mayoq nuri kabi tarqaladi. (Lorimer–Kramer 2005, Handbook of Pulsar Astronomy, Cambridge University Press, p. 55)

4-Пасм. Ikkita pulsarning 408 MGs chastotada qayd etilgan ketma-ket radioimpulslari. *Chapda* PSR 1642–03, *ÿhçda* PSR 1133+16. Jodrell Bank observatoriyasida o‘tkazilgan kuzatuvlar. (Ftosuratlar Smith, F.G. (1977): Pulsars (Cambridge University Press, Cambridge) pp. 93, 95 kitobidan olingan.

O‘ta yangi yulduzning portlashi va kollapsi natijasida hosil bo‘lgan neytron yulduzi avvaliga tez aylanadi, chunki uning burchak momenti doimiy bo‘lsada, radiusi avvalgidan ancha kichiklashadi. Bir necha soatdan keyin yulduz sekundiga bir necha yuz marta aylanib, tekis muvozanat holatiga o‘tadi. Neytron yulduzning dastlabki magnit maydoni ham kollaps paytida siqiladi, shunda yulduz atrofdagi modda bilan bog‘langan kuchli maydon paydo bo‘ladi. Neytron yulduzning burchak momenti elektromagnit nurlanishi, neytrinolar, kosmik nurlar zarralari va ehtimol gravitatsion nurlanishi emissiyasi tufayli doimiy ravishda kamayib boradi. Shunday qilib, burchak tezligi ham kamayadi. Shuningdek, aylanish ham yulduzni bir nechta alohida obyektarga parchalib tashlashi mumkin. Oxir-oqibat, sistemaning energiyasi kamayganda, ular rekombinatsiyalanadi. Ba’zi hollarda yulduzlar ajralgan holatda qolib ketadi va natijada, masalan, qo‘shaloq neytron yulduzning shakllanishiga olib keladi.

Neytron yulduzlari nazariyasi 1930-yillarda ishlab chiqilgan, ammo birinchi kuzatuvlar faqat 1960-yillarda amalga oshirilgan. O‘sha paytda tez pulsatsiyalanuvchi radio manbalarining yangi turi - *pulsarlar* kashf qilinib, neytron yulduzlar sifatida tan olindi. 1970-yillarda neytron yulduzlar *rentgen pulsarlar*, *rentgen chaqnashlar* va *magnetarlar* sifatida ham ko‘rib chiqilgan.

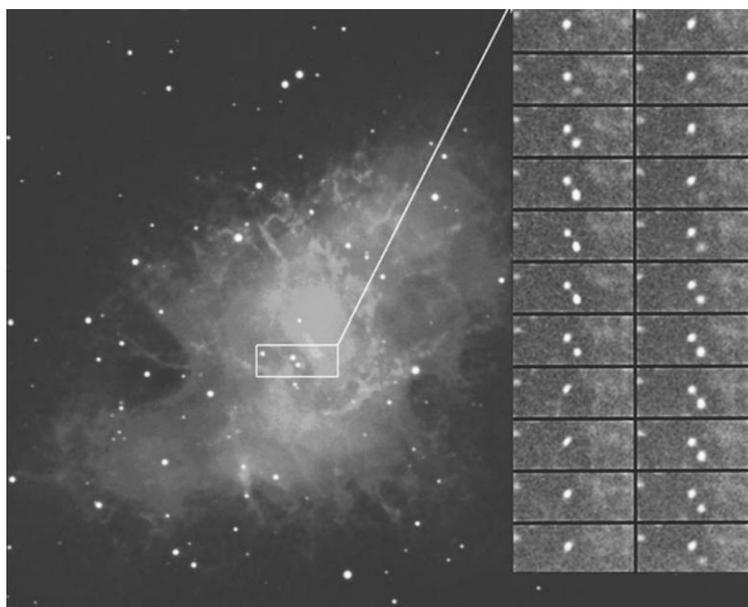
Pulsarlar. Pulsarlar 1967-yilda Angliyadagi Kembridj universiteti xodimlari Anthony Hewish va Jocelyn Bell osmon kelayotgan keskin va muntazam (reglyar takrorlanuvchi) radio impulslarni qayd qilishganda kashf qilingan bo‘lgan. O‘shandan beri 1500 ga yaqin pulsarlar topildi (4-rasm). Ularning davrlari 0.0016 sekunddan (masalan 1937+214 nomli pulsarda) 20 daqiqagacha bo‘lgan intervalin egallaydi.

Aylanishning doimiy sekinlanishidan tashqari, ba’zida davrda to‘satdan kichik sakrashlar kuzatiladi. Bu neytron yulduzi qobig‘ida (“yulduz silkinishi”) yoki uning atrofida massaning tez harakatga kelgani belgisi bo‘lishi mumkin.

Agar magnit maydonini aylanish o‘qiga nisbatan 45° – 90° burchak ostida og‘gan bo‘lsa radio impulslarining kelib chiqishini tushunib olsa bo‘ladi. Maydon shu qadar kuchliki, u elektronlarni sirtidan yulib olib olib, ularni magnit qutblari sohasida relyativistik tezlikkacha tezlashtirib yuboradi. Elektronlar magnit maydon

chiziqlari bo‘ylab tezlashganda, ular sinxrotron nurlanishi bilan bog‘liq bo‘lgan egrilik nurlanishini chiqaradilar (3-rasm). Magnit qutblar yo‘nalishi bo‘ylab ikkita ingichka radio-emission nurlari chiqadi. Bu nurlar osmon bo‘ylab tarqaladi va agar Er nur yo‘lida bo‘lib qolsa, unda pulsar bizga ko‘rinadi.

Eng mashhur pulsar Qisqichbaqa tumanligida joylashgan (5- va 7-rasmlar). Savr turkumidagi bu kichik tumanlik XVIII asr o‘rtalarida fransuz astronomi *Charles Messier* tomonidan topilgan va Messier katalogidagi M1 – birinchi obyekt bo‘lib qoldi. Qisqichbaqa tumanligi 1948-yilda kuchli radio-, 1964-yilda esa yana rentgen-manbasi sifatida aniqlandi. Pulsarning o‘zi 1968-yilda topildi. Keyingi yil u optik diapazonda kuzatildi, hamda u rentgen nurlovchi manba deb ham aniqlandi.



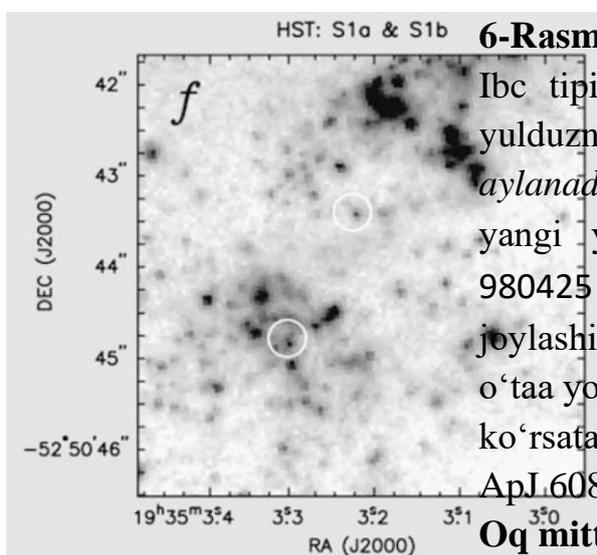
5-Rasm. Qisqichbaqa pulsarning optik nurlardagi pulsatsiyalarining vaqt davomidagi ketma-ketligi. Tasvirlar taxminan har millisekundda bir marta olingan; pulsarning aylanish davri taxminan 33 millisekundni tashkil qiladi. (Fotosuratlar N.A. Sharp/NOAO/AURA/NSF tomonidan olingan).

Neytron yulduzlarni optik diapazonda o‘rganish qiyin, chunki ularning ko‘rinma sohasidagi yorqinligi juda kichik (odatda taxminan $10^{-6}L_{\odot}$ teng). Misol uchun, Vela nomli pulsar taxminan 25 ko‘rinma kattalik bilan kuzatilgan. Radio diapazonda esa bu juda kuchli pulsatsiyalanuvchi manbadir.

Bir nechta pulsarlar qo‘shaloq sistemalarda topilgan; birinchisi, PSR 1913+16, 1974-yilda kashf etilgan. 1993-yilda Joseph Taylor va Russell Hulse ushbu pulsarni kashf qilgani va o‘rgangani uchun Nobel mukofotiga sazovor bo‘lishdi. Pulsar orbita ekassentrisiteti 0.6 va 8 soatli orbital davr bilan o‘z hamrohi, ehtimol boshqa neytron yulduz, atrofida aylanadi. Dopler effekti tufayli kuzatilgan pulsatsiyalarning davri o‘zgaradi va bu pulsarning tezlik egri chizig‘ini aniqlashga imkonini beradi. Ushbu kuzatuvlar juda katta aniq bilan amalga oshirilgani uchun

bir necha yil davomida sistemaning orbital elementlaridagi o'zgarishlarni kuzatib borish imkoni bo'ldi. Misol uchun, bu qo'shaloq pulsarning periastr yo'nalishi yiliga 4° burilishi aniqlandi. Bu hodisani umumiy nisbiylik nazariyasi yordamida tushuntirish mumkin; Shunga mos aylanish Quyosh sistemasida Merkuriyning perigeliy nuqtasining siljib borishi kuzatiladi. Bu Merkuriy aylanishidagi kichik tebranish (bir asr davomida 43 yoy sekundiga teng) va u Nyuton mexanikasi bilan izohlanmagan.

Bundan tashqari PSR 1913+16 nomli qo'shaloq pulsar gravitatsion to'liqlar mavjudligining birinchi ishonchli dalillarini ham taqdim etdi. Kuzatuv davrida sistemaning orbital davri barqaror ravishda kamayb bordi. Bu shuni ko'rsatadiki, tizim orbital energiyasini umumiy nisbiylik nazariyasi bashorat qilgan tezlikka to'liq mos keladigan tempda yo'qotmoqda. Yo'qotilgan energiya gravitatsion to'liqlar shaklida tarqaladi.



6-Rasm. Qizilga siljishi $z = 0.0085$ pekulyar Ibc tipiga tegishli SN 1998bw nomli o'ta yulduzning joylashishi *chap pastki qismdagi aylanada* ko'rsatilgan. Bu, shuningdek, o'ta yangi yulduz bilan bog'liq bo'lgan GRB 980425 nomli birinchi gamma chaqnashning joylashishidir. Yuqori o'ng burchakdagi doira o'taa yorqin rentgen nurlanishining manbasini ko'rsatadi. (rasm C. Kouveliotou et al. 2004, ApJ.608, 872, Fig. 1 dan olingan).

Oq mittilar

Oddiy yulduzlarda gaz bosimi ideal gaz holatining tenglamasiga bo'ysunadi. Yulduzlarning ichki qatlamlarida gaz to'liq ionlashgan bo'ladi, ya'ni u ionlar va erkin elektronlardan tashkil topgan plazmani namoyon etadi. Ionlar va elektronlarning parsial bosimi, issiq yulduzlar uchun muhim bo'lgan nurlanish bosimi bilan birgalikda tortishish kuchini muvozanatlashtiradigan umumiy bosimni tashkil qiladi. Yulduzda yadro yoqilg'isi tugaganda uning ichidagi zichlik oshadi, lekin harorat bunchalik katta o'zgarmaydi. Shunda elektronlar "aynish" holatiga o'tadi va bosim asosan aynigan elektron gazining bosimiga bog'liq, ionlar va nurlanishlarning bosimlari esa ahamiyatsiz bo'lib qoladi. Yulduz *oq mitti* deb ataladi.

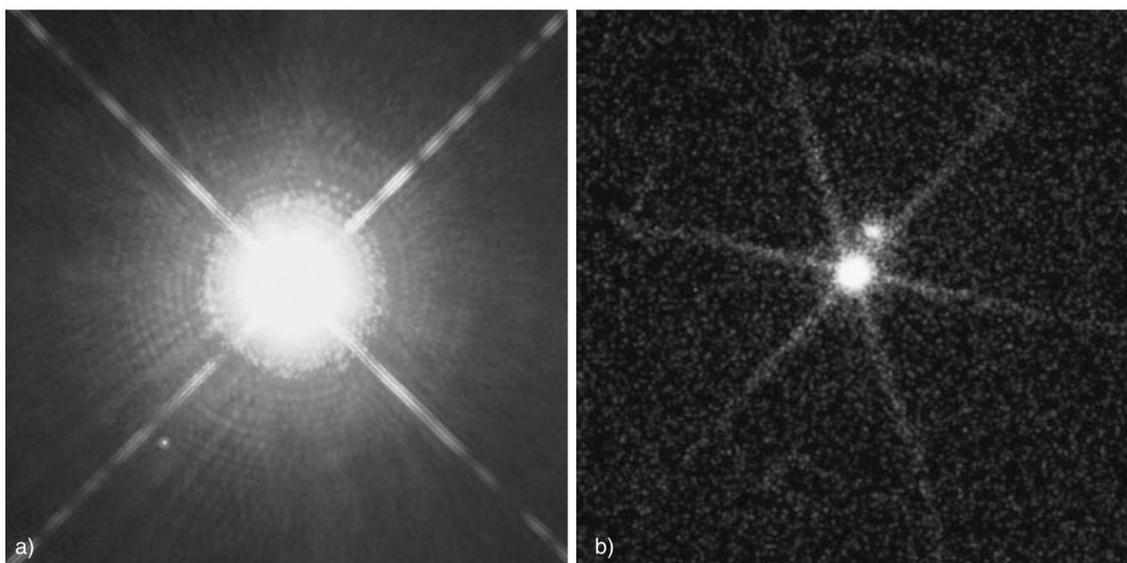
Aynigan yulduzning radiusi massaning kub ildiziga teskari proporsionaldir. Oddiy yulduzdan farqli o'laroq, massa ortishi bilan uning radiusi kamayadi.

Kashf etilgan birinchi oq mitti Siriusning yo'ldoshi Sirius B bo'lgan (1-rasm). Uning o'ta ajoyib tabiati 1915-yilda, uning effektiv harorati juda katta ekanligi

aniqlanganda, namoyon bo'ldi. Yulduz hira bo'lgani uchun, bu holat uning radiusi juda kichik, Yernikidan ham biroz kichikroq bo'lishi kerakligini anglatardi. Sirius B massasi taxminan Quyosh massasiga teng ekanligi ma'lum bo'lgan, shuning uchun uning zichligi juda katta bo'lishi kerak edi.

Sirius B ning yuqori zichligi 1925-yilda, uning spektral chiziqlarining gravitatsion qizil siljishi o'lchanganida, tasdiqlangan. Ushbu o'lchash Eynshteynning umumiy nisbiylik nazariyasining ilk kuzatuv tasdiqlaridan biri bo'lgan.

Oq mittilar aloxida yulduz holatida ham, qo'shaloq sistemalarda ham uchraydi. Ularning spektral chiziqlari sirdagi kuchli tortishish maydoni tufayli kengayib ketgan. Ba'zi oq mittilarda tez aylanish tufayli spektral chiziqlar yanada kengayadi. Ularda kuchli magnit maydonlar ham kuzatildi. Oq mittilarda ichki enyergiya manbalari yo'q, ammo aynigan elektron gaz bosimi bilan gravitatsion siqilishining oldi olinadi. Qolgan issiqlikni tarqatib, oq mittilar asta-sekin soviydi, rangi oqdan qizilga va nihoyat qora rangga o'zgaradi. Sovush vaqti taxminan Koinot yoshi bilan teng, shuning uchun hatto eng qadimgi oq mittilar ham kuzatila olinadi. Eng hira oq mittilarni qidirish Koinot yoshiga pastki chegarani belgilash usuli sifatida ishlatilgan.



1-Rasm. Siriusning kichik hamrohi - eng mashhur oq mitti Sirius B ning ikkita ko'rinishi. *Chap tomonda* Xabbl kosmik teleskopida optik yorug'likda olingan tasviri. Sirius B – Siriusning uzoq ekspozitsiyada olingan tasvirining pastki chap burchagidagi kichkina oq nuqta. *O'ng tomonda* – qo'shaloq sistemaning Chandra rentgen rasadxonasi tomonidan olingan tasviri. Bu yerda endi Sirius B yorqinroq manba, Sirius esa zaifroq bo'lib ko'rinmoqda, chunki uning yuzasi oq mitti yuzasiga qaraganda ancha sovuqroq. (NASA / HST vad Chandra fotosuratlari).

2-AMALIY MASHG'ULOT: ASTROFIZIKA NUQTAI-NAZARIDAN GRAVITATSION KOLLAPSNING TURLARINI FARQLASH. (2 SOAT)

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.

Kataklizmik o'zgaruvchanlar. Oq mitti zich qo'shaloq sistemaning a'zosi bo'lsa, u sherik yulduzning moddasini tortib olishi mumkin. Eng qiziqarli holat – bu asosiy ketma-ketlik yulduzi oq mittiga tegmasdan, mumkin bo'lgan eng katta hajmi, ya'ni o'zining *Rosh qobig'ini* to'ldirganda uchraydi. Bu, ikkilamchi, yulduz evolyutsiyalanishi davomida kengayadi va massasini yo'qotishni boshlaydi. Natijada bu modda birlamchi yulduzda akkretsiyalanib, to'planadi. Ushbu turdagi qo'shaloq yulduzlar *kataklizmik o'zgaruvchanlar* deyiladi.

Kataklizmik o'zgaruvchanlar sinfining hozirgi ta'rifi asta-sekin o'zgarib borgan va natijada ilgari alohida deb hisoblangan sistemalarning ko'p turlari endi ushbu sarlavha ostida to'plangan. Aslida, hatto Ia tipidagi o'ta yangilar ham bu yerga kiritilishi kerak. Oq mitti yuzasida to'plangan vodorodning to'satdan yonishi natijasida *klassik yangi yulduzlarning* chaqnashlari tasvirlangan. Portlashlar paytida to'plangan gazning katta qismi qobiqqa chiqib ketadi, ammo agar tizimda massa uzatish jarayoni davom etadigan bo'lsa, keyingi chaqnashlar sodir bo'lishi mumkin, bu esa *takroriy yangilarning* paydo bo'lishiga olib keladi. Va nihoyat, otilishsiz bo'lgan *kataklizmik o'zgaruvchanlar*, masalan, yangidan-oldin yoki yangidan-keyin yulduzlar *yangi kabi o'zgaruvchanlar* deb tasniflanadi.

Mitti yangilar butunlay boshqa mexanizm orqali hosil bo'ladi. Ularning holatida chaqnashlar termoyadro reaksiyalari natijasida emas, balki oq mitti atrofida akkretsiya oqimining beqarorligidan kelib chiqadi. Bu yerdagi chaqnash mexanizmining tafsilotlari haligacha to'liq aniq bo'lmas-da, asosiy masalasi shundaki, diskda ikkita mumkin bo'lgan holat mavjud - issiq va sovuq. Muayyan sharoitlarda disk ushbu holatlarning birortasida doimiy bo'la olmaydi va issiq chaqnash holatidan sovuq tinch holatiga qayta-qayta sakrab o'tishi kerak bo'ladi.

Yangilariga o'xshash o'zgaruvchanlarning maxsus turi – magnitli *kataklizmik o'zgaruvchanlar*dir. *Qutblangan yulduzlarda* magnit maydon shunchalik kuchliki, akkretsiyalangan gaz akkretsiya diskga joylasha olmaydi. Buning o'rniga, bu modda magnit maydon chiziqlariga ergashishga majbur bo'lib, *akkretsiya ustunini* hosil qiladi. Gaz oq mittining yuzasiga tushganda, u yuqori darajada qiziydi va qutblangan yulduzlarga hos hususiyat bo'lgan yorqin rentgen nurlanishini keltirib chiqaradi. Magnit maydoni biroz zaifroq bo'lgan tizimlar *oralik qutblangan yulduz* deb ataladi. Ushbu tizimlar ham rentgen nurlanishini ham akkretsiya disk tufayli hosil bo'lgan o'zgarishni namoyish yetadi.

Magnetarlar. Oddiy pulsarlar chiqaradigan energiya ularning aylanishi sekinlashishi bilan bog'liq. Ammo ba'zi neytron yulduzlarda – magnetarlarda –

magnit maydon shunchalik kuchliki, shu maydonning parchalanishi paytida chiqadigan energiya asosiy energiya manbasi hisoblanadi. Oddiy pulsarlarda magnit maydon odatda $10^9 T$ bo'lsa, magnetarlarda tipik qiymat $10^9 - 10^{11} T$ bo'lishi mumkin.

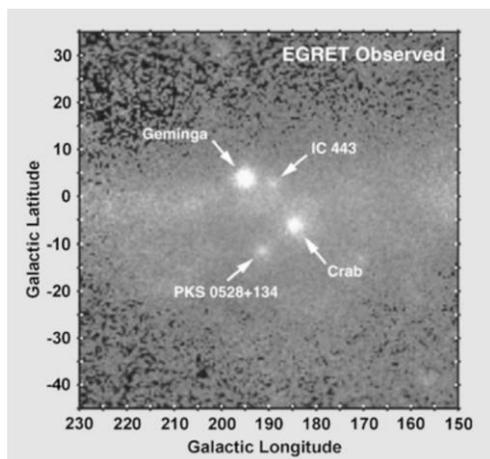
Ilk bor magnetarlar yumshoq gamma nurlar takrorlovchilarni (SGR), ya'ni tartibsiz ravishda yorqin, qisqa muddatli (0.1s) past energiyali gamma nurlarni takroriy chaqnovchi rentgen yulduzlarni tushuntirish uchun ishlatilgan. Keyinchalik sirli obyektlarning yana boshqa sinfi – anomal rentgen pulsarlar (AXP) magnetarlar sifatida aniqlandi. AXPlar – aylanish davri 6 dan 12 sekundgacha bo'lgan sekin aylanadigan pulsarlardir. Shunga qaramay, ular rentgen nurlanishining yorqin manbalaridir, chunki ularning energiyasi magnit maydonning hususiyatlaridan kelib chiqadi deb tushuntirsa bo'ladi.

Magnetarlar – oddiy pulsarlarga olib kelgan yulduzlarga qaraganda ancha massiv va tez aylanadigan yulduzlarning qoldiqlari deb qaraladi, garchi tafsilotlar hali ham muxokama qilinmoqda. Magnetar birinchi bo'lib SGR sifatida namoyon bo'ladi. Atigi taxminan 10,000-yil davom etadigan ushbu bosqichda juda kuchli magnit maydon aylanish tezligini sekinlashtiradi. Shu bilan birga, maydon neytron yulduzning qobig'iga nisbatan siljiydi. Bu qobiqning tuzilishidagi o'zgarishlarga olib keladi, bu esa o'z navbatida kuchli magnit chaqnashlarni va kuzatilgan otilishlarni keltiradi. Taxminan 10,000-yil o'tgach, aylanish yetarlicha sekinlashdi va chaqnashlar to'xtaydi va neytron yulduz endi AXP sifatida kuzatildi.

Gamma nur chaqnashlari. *Gamma nur chaqnashlari* (GRB) – gamma nurlarning qisqa muddatli va keskin impulslari birinchi marta 1973-yilda aniqlangan edi va uzoq vaqt davomida ularning tabiati sir bo'lib kelgan. Kamroq uchraydigan SGRlardan farqli o'laroq, GRBlar hech qachon takrorlanmagan va ularning optik yoki rentgen analoglari yo'q bo'lgan edi. Keyinchalik Compton Gamma Ray Observatory rasadxonasi tomonidan amalga oshirilgan kosmik kuzatuvlari gamma-nur chaqnashlari, neytron yulduzlaridan farqli o'laroq, osmon bo'ylab deyarli teng taqsimlanganligini ko'rsatdi va bu holat gamma chaqnashlarni tushunib olishga katta yordam berdi. Gamma nur chaqnashlarning tabiati maxsus kuzatuv dasturlari tufayli ravshanlashmoqda. Bu dasturlar Beppo-SAX va xususan Swift kabi gamma va rentgen yo'ldoshlar tomonidan topilgan chaqnashlarni optik diapazondagi portlashdan keyingi qoldiklarni tez qidirib olishda qo'llashgan. Ushbu portlashdan keyingi qoldiklarning aniqlanishi chaqnashlargacha bo'lgan masofani va ularning ona-galaktikalardagi joylashishini topishga imkon berdi (6-rasmga qarang).

O'z-o'zini tavsiflovchi “uzoq yumshoq chaqnashlar” va “qisqa qattiq chaqnashlar” nomli kamida ikki turdagi chaqnashlar mavjudligi aniq bo'ldi. Endi 2 sekunddan ortiq davom etadigan uzoq yumshoq gamma chaqnashlar – massiv yulduzlarning hayoti oxirida o'ta yangi yulduzlarining, xususan Ib va Ic, portlashlari paytida hosil bo'lishi ishonchli isbotlandi. Ibc tipidagi barcha o'ta yangilarning faqat kichik bir qismi gamma-nur chaqnashlariga olib keladi. Gamma nurlanishni keltirib

chiqaradigan portlashlar giper yangi deb nomlangan va ular Koinotdagi eng yorqin obyektlar qatoriga kiradi. 2005-yili oxirida kuzatilgan gamma-nur chaqnashi Koinot yoshi atigi 900 million yil bo‘lganida sodir etdi va bu uni hozirgacha kuzatilgan eng uzoq obyektlardan biriga aylantirdi. Giper yangi portlashlari uchun zarur bo‘lgan shartlar oxirigacha hali aniqlanmagan.



7-Rasm. Ba’zi pulsarlar gamma nurlarida yorqin chaqnaydi. Rasmning *markazida* Qisqichbaqa nomli pulsar, *chapda* esa Gyeminga nomli gamma manbasi ko‘rsatilgan. Geminga 1992-yilda kashf qilingan. U Quyoshdan taxminan 100 pk masofada joylashgan bizga eng yaqin pulsar sifatida qaraladi. (Su’rat Compton Gamma Ray Observatory rasadxonasida olingan).

2 sekunddan kam davom etadigan gamma nurlarning qisqa chaqnashlarni beradigan sistemalarning tabiatini aniqlash qiyinroq masala bo‘lib chiqdi. Eng mashhur nazariya ko‘ra, ular ikkita neytron yulduz yoki neytron yulduz va qora o‘radan iborat zich qo‘shaloq sistemalarda hosil bo‘ladi. Bu sistemalar energiyasini gravitatsion nurlanish tufayli yo‘qotadi va oxir-oqibat ikkita komponent birlashib, gamma nurlar chaqnashini keltirib chiqarishi kerak. Bir nechta qisqa chaqnashlarning qoldiq nurlanishlari ona galaktikalarining tashqi qismlarida aniqlanishi oqibatida ushbu nazariya endi ishonchli isbotini topdi va qo‘llanildi. Bu hududlardagi barcha yulduzlar qari bo‘lgani va endi yadroning kollapsi bilan tugaydigan o‘ta yangi yulduzlarni bermagani sababli neytron yulduzlarining birlashish gipotezasi katta ehtimol bilan qabul qilinmoqda. Biroq, ba’zi qisqa muddatli portlashlar – magnetarlarning juda yorqin chaqnashlari bo‘lishi mumkin.

Oq mitti va neytron yulduzlarning radiusi. Oq mitti yoki neytron yulduzning massasi uning radiusini belgilaydi. Bu gidrostatik muvozanat tenglamasidan va aynigan gaz uchun bosim–zichligi munosabatidan kelib chiqadi. Gidrostatik muvozanat tenglamasidan (11.1) foydalansak

$$\frac{dP}{dr} = \frac{-GM_r\rho}{r^2}$$

o‘rtacha bosim P baholasa bo‘ladi:

$$\left| \frac{dP}{dr} \right| \approx \frac{P}{R} \propto \frac{M \times M/R^3}{R^2} = \frac{M^2}{R^5}.$$

Bu yerda $\rho \propto M/R^3$ munosabatdan foydalandik. Shunda bosim quyidagiga bo‘ysinadi

$$P \propto M^2/R^4. (1)$$

Norelyativistik holda aynigan elektron gazning bosimi (11.16) bilan aniqlanadi:

$$P \approx (h^2/m_e)(\mu_e m_H)^{5/3} \rho^{5/3}$$

va shunda

$$P \propto \frac{\rho^{5/3}}{m_e \mu_e^{5/3}}. (2)$$

(1)- va (2)-formulalarni birlashtirsak, quyidagini topamiz

$$\frac{M^2}{R^4} \propto \frac{M^{5/3}}{R^5 m_e \mu_e^{5/3}}$$

yoki

$$R \propto \frac{1}{M^{1/3} m_e \mu_e^{5/3}} \propto M^{-1/3}.$$

Shunday qilib, oq mittining radiusi kichik bo‘lsa, uning massasi shuncha katta bo‘ladi. Agar zichlik shunchalik katta bo‘lib ketib, (11.17)- relyativistik tenglamadan foydalanish kerak bo‘lib qolsa, bosim uchun tenglama boshqacha ko‘rinishda yoziladi:

$$R \propto \rho^{4/3} \propto \frac{M^4}{R^4}.$$

Yulduz siqilishi bilan bosim gidrostatik muvozanati shartidan (1) kelib chiqqan holdagi tezlik bilan oshadi. Siqish boshlangandan so‘ng, u faqat moddaning holati o‘zgarganda to‘xtashi mumkin: masalan, elektronlar va protonlar neytronlarga birlashganda. Faqat massasi yetarlicha katta bo‘lgan yulduz relyativistik aynigan bosimga olib kelishi mumkin.

Neytronlar – elektronlar kabi fermionlardir. Ular Pauli prinsipiga bo‘ysunadilar va aynigan neytron gazining bosimi (2)-ga o‘xshash ifodadan olinadi:

$$P_n \propto \frac{\rho^{5/3}}{m_n \mu_n^{5/3}}$$

bu yerda m_n neytron massasi va μ_n erkin neytronning molekulyar massasi. Shunga ko‘ra, neytron yulduzining radiusi quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$R_{ns} \propto \frac{1}{M^{1/3} m_n \mu_n^{5/3}}.$$

Agar oq mitti faqat geliydan iborat bo'lsa, uning molekulyar massasi $\mu_e = 2$ bo'ladi. Neytron yulduzi uchun $\mu_e \approx 1$. Agar oq mitti va neytron yulduz bir xil massaga ega bo'lsa, unda ularning radiuslari orasidagi nisbati quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{R_{wd}}{R_{ns}} = \left(\frac{M_{ns}}{M_{wd}}\right)^{1/3} \left(\frac{\mu_n}{\mu_e}\right)^{5/3} \frac{m_n}{m_e} \approx 1 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{5/3} \times 1840 \approx 600.$$

Shunday qilib, neytron yulduzining radiusi oq mitti radiusining taxminan 1/600 ismiga teng. Odatda neytron yulduzi radiusi R_{ns} taxminan 10km teng.

Misollar

1-Misol. Aytaylik, Quyosh radiusi 20 km bo'lgan neytron yulduziga kollapslandi.

a) neytron yulduzning o'rtacha zichligi qancha bo'ladi? b) uning aylanish davri qanday bo'ladi?

a). O'rtacha zichlik

$$\rho = \frac{M_{\odot}}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{2 \times 10^{30} \text{ kg}}{\frac{4}{3}\pi (20 \times 10^3)^3 \text{ m}^3} \approx 6 \times 10^{16} \text{ kg/m}^3$$

Ushbu moddaning bir kub millimetrining og'irligi 60 million kilogrammni tashkil qiladi.

(b) aniq qiymatni topish uchun biz Quyosh hamda natijada hosil bo'lgan neytron yulduzdagi moddaning taqsimotini inobatga olishimiz kerak bo'ladi. Ikkalasi ham bir hil taqsimlangan deb taxmin qilib, juda taxminiy natijalarni olishimiz mumkin. Shunda inersiya momenti $I = \frac{2}{5}M^2$, burchak momenti esa $L = I\omega$ bo'ladi. Shundan keyin, 12.1-misol singari, aylanish davriga kelamiz:

$$P = P_{\odot} \left(\frac{R}{R_{\odot}}\right)^2 = 25d \left(\frac{20 \times 10^3 \text{ m}}{6.96 \times 10^8 \text{ m}}\right)^2 = 2.064 \times 10^{-8} \text{ d} \approx 0.0018 \text{ s}.$$

Natijada Quyosh sekundiga 550 dan ko'p marta aylanadigan bo'ladi.

2-Misol. Agar sirtidan ajralish tezligi yorug'lik tezligidan oshsa, Quyosh radiusi qanday bo'lishi kerak?

Qochish tezligi yorug'lik tezligidan oshadi, agar

$$\sqrt{\frac{2GM}{R}} > c$$

yoki

$$R < \frac{2GM}{c^2} = R_s.$$

Quyosh uchun bu kattalik quyidagicha bo'ladi:

$$R_s = \frac{2 \times 6.67 \times 10^{-11} \times m^3 s^{-2} kg^{-1} \times 1.989 \times 10^{30} kg}{(2.998 \times 10^8 ms^{-1})^2} = 2950m.$$

Masalalar

1-Mashq. Pulsarning massasi $1.5M_{\odot}$, radiusi $10km$ va aylanish davri 0.033 syekund. Pulsarning burchak momenti nimaga teng? Bu davrda 0.0003 syekundli tebranishlar kuzatiladi . Agar ular radial tebranishlardan ("yulduz zilzilalar") natijasida kelib chiqqan bo'lsa, unda bu tebranishlar qanchalik katta bo'ladi?

2-Mashq. Robert L. Forward "Ajdaho tuxumi" nomli kitobida kosmik kema neytron yulduzi atrofida markazdan $406 km$ masofada aylanadi. Kemaning orbital davri yulduzning aylanish davriga to'g'ri keladi – 0.1993 syekund.

- (a) yulduz massasini hamda kosmik kemaga ta'sir qiladigan gravitatsion tezlanishini toping.
- (b) balandligi $175 sm$ bo'lgan hamda oyoqlari yulduzga qaratgan kosmonavtga tortishish kuchi qanday ta'sir qiladi? Agar u orbitaga urinma holda yotgan bo'lsa nima bo'ladi?

3-Mashq. Foton yulduz yuzasini ν_e chastota bilan tark etadi. Cheksiz uzoq kuzatuvchi uning chastotasi ν ga teng ekanligini aniqlaydi. Agarda bu farq faqat tortishish kuchi bilan bog'liq bo'lsa, unda foton energiyasining o'zgarishi $h\Delta\nu$ uning potensial energiyasining o'zgarishiga teng bo'ladi. Yulduzning massasi M va radiusi R teng deb faraz qilib, ν va ν_e orasidagi munosabatni toping. Quyosh nurlanishining qizil siljishi Yerga yetib kelguncha qanchalik katta bo'ladi?

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”

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

Nega yulduzlar yashash vaqti ularning massasiga teskari proporsional ravishda bog'liq? Yulduzlardagi termoyadreaksiyalarining 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 proporsioanal ravishda kamayib boradi. Moddaning zichligi nurlanishning zichligiga nisbatan sekinroq kamaygani uchun, dastlabki paytda katta zichlikka ega bo'lgan yorug'lik tez orada moddaning zichligidan kamroq bo'lib qoladi.

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

Asosiy keysni ishlab chiqish.

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

«Refleksiya savati»

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

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



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 turli modellari.
3. Yulduzlardagi reaksiyalarning kesimlari.
4. Yulduzlar klassifikatsiyasi va kataloglari.
5. Galaktikalar kataloglari.
6. Gravitasion 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.

VII. GLOSSARIY

Termin	O‘zbek tilidagi sharxi	Ingliz tilidagi sharxi
Astronomiya	Osmon jismlarni o‘rganadigan tabiiy fan	Astronomy (from Greek: <i>ἀστρονομία</i> , literally meaning the science that studies the laws of the stars) is a natural science that studies celestial objects and phenomena.
Astrofizika	Osmon jismlarni va jarayonlarni fizik metodlar va prinsiplar orqali o‘rganadigan fan	Astrophysics is a science that employs the methods and principles of physics in the study of astronomical objects and phenomena.
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 quantum mechanics , a boson is a particle that follows Bose–Einstein statistics . Bosons make up one of the two classes of particles , the other being fermions . The name boson was coined by Paul Dirac ^[4] to commemorate the contribution

		<p>of the Indian physicist Satyendra Nath Bose^{[5][6]} in developing, with Einstein, Bose–Einstein statistics—which theorizes the characteristics of elementary particles. Bosons are integer spin particles.</p>
Buyuk birlashuv	<p>kuchli, kuchsiz va elektromagnit o‘zaro ta’sirlarning yagona tabiatiga ega ekanligi haqidagi tasavvurga asoslangan fundamental fizikaviy hodisalarning nazariy modeli</p>	<p>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—gravitational, electromagnetic, strong nuclear, and weak nuclear. Each one is understood as the dynamics of a <i>field</i>. The gravitational force is modelled as a continuous classical field. The other three are each modelled as discrete quantum fields, and exhibit a measurable unit or elementary particle.</p>
Vaynberg-Salam nazariyasi	<p>elektromagnit va kuchsiz o‘zaro ta’sirlarning birlashgan nazariyasi.</p>	<p>Electromagnetic and weak interactions unified theory. In particle physics, the electroweak interaction is the unified description of two of the four known fundamental interactions of nature: electromagnetism and the weak interaction. 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.</p>
Galaktika	<p>yulduzlar, yulduz turkumlari,</p>	<p>Stars, constellations, interstellar gas and dust, and dark matter to</p>

	<p>yulduzlararo gaz va chang, xamda qorong‘i moddadan iborat gravitasion bog‘langan tizim</p>	<p>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.</p>
<p>Gamma-Astronomiya</p>	<p>turlicha kosmik manbalarini ularning gamma diapazonidagi (to‘lqin uzunliklari $\lambda < 10^{-12}$ m, foton energiyasi esa $\varepsilon > 10^5$ eB bo‘lgan) elektromagnit nurlanishlari bo‘yicha o‘rganuvchi astronomiya bo‘limi.</p>	<p>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.</p>
<p>Glyuon</p>	<p>birga teng spinli va nolga teng tinchlik massali hamda kvarklar orasidagi kuchli o‘zaro ta’sirni tashuvchi elektrik neytral zarra.</p>	<p>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.</p>

		<p>In technical terms, gluons are vectorgauge bosons that mediate strong interactions of quarks in quantum chromodynamics (QCD). Gluons themselves carry the color charge of the strong interaction.</p>
Yorug‘lik yili	<p>astronomiyada qo‘llaniladigan uzunlik birligi; yorug‘lik bir yilda bosib o‘tadigan masofaga teng. (1 Yo.y. = $9,4605 \cdot 10^{15}$ m)</p>	<p>A light-year (or light year, abbreviation: ly) is a unit of length used informally to express astronomical distances. It is approximately 9 trillionkilometres (or about 6 trillion miles). As defined by the International Astronomical Union (IAU), a light-year is the distance that light travels in vacuum in one Julian year (365.25 days). Because it includes the word <i>year</i>, the term <i>light-year</i> is sometimes misinterpreted as a unit of time.</p>
Inflaton	<p>Boshlang‘ich koinotni yaratuvchi skalyar zarracha va maydon.</p>	<p>The inflaton field is a hypothetical scalar field which is conjectured to have driven cosmic inflation in the very early universe.</p>
Kuchsiz o‘zaro ta’sir	<p>bir necha attometrdan (10^{-18} m) kichik masofalarda elementar zarralar orasidagi o‘zaro ta’sir; bunday o‘zaro ta’sir xususan atom yadrolarining beta yemirilishiga olib keladi.</p>	<p>In particle physics, the weak interaction is the mechanism responsible for the weak force or weak nuclear force, one of the four known fundamental interactions of nature, alongside the strong interaction, electromagnetism, and gravitation. The weak interaction is responsible for the radioactive decay of subatomic particles, and it plays an essential role in nuclear fission. The theory of the weak interaction is sometimes called quantum flavordynamics (QFD), in analogy with the</p>

		terms QCD and QED , but the term is rarely used because the weak force is best understood in terms of electro-weak theory (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 active galactic nuclei (AGN). Quasars are extremely luminous and were first identified as being high redshift sources of electromagnetic energy , including radio waves and visible light , that appeared to be similar to stars , rather than extended sources similar to galaxies . Their spectra contain very broad emission lines , unlike any known from stars, hence the name "quasi-stellar."
Kvarklar	hozirga tasavvurga ko‘ra barcha adronlarning tarkibiy qismlarini tashkil qiluvchi fundamental zarrachalar.	A quark (/'kwɔ:rk/ or /'kwa:rk/) is an elementary particle and a fundamental constituent of matter . Quarks combine to form composite particles called hadrons , the most stable of which are protons and neutrons , the components of atomic nuclei . ^[1] Due to a phenomenon known as color confinement , quarks are never directly observed or found in isolation; they can be found only within hadrons, such as baryons (of which protons and neutrons are examples), and mesons . For this reason, much of what is known about quarks has been drawn from observations of the hadrons themselves.
Koinot	moddiy dunyoning kuzatish mumkin	part of the material world that can be observed. The Universe

	boʻlgan qismi.	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 radiotoʻlqinlar 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

		<p>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.</p>
<p>Kuchli o‘zaro ta’sir</p>	<p>bir nechta femtometr (10⁻¹⁵ m) kichik masofalarda adronlar orasidagi o‘zaro ta’sir. Xususan, atom yadrolaridagi nuklonlarning o‘zaro bog‘lanishini ta’minlaydi.</p>	<p>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 10³⁸ times stronger than gravitation at that range.</p>
<p>Leptonlar</p>	<p>kuchli o‘zaro ta’sirda ishtirok etmaydigan elementar zarralarning umumiy nomi.</p>	<p>A lepton is an elementary, half-integer spin (spin 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</p>

		<p>observed. The best known of all leptons is the electron.</p>
<p>Maydon yagona nazariyasi</p>	<p>elementar zarralar xossalari va o‘zaro ta’sirlarining barcha xilma – xilligini uncha kam sonli universal tamoyillarga keltirishga qaratilgan materiyaning yagona nazariyasi.</p>	<p>In 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.</p>
<p>Myuonlar</p>	<p>massasi elektron massasidan taqriban 207 marta katta va elektromagnit hamda kuchsiz o‘zaro ta’sirlarda ishtirok etuvchi zaryadlangan elementar zarralar.</p>	<p>The muon is an elementary particle similar to the electron, with electric charge of $-1 e$ and a spin of $1/2$, but with a much greater mass. It is classified as a lepton. As is the case with other leptons, the muon is not believed to have any sub-structure—that is, it is not thought to be composed of any simpler particles. The muon is an unstable subatomic particle with a mean lifetime of 2.2 μs. 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.</p>

<p>Neytron yulduzlar</p>	<p>yulduzlarning ichki tuzilishi nazariyasiga ko'ra ozgina elektronlar aralashgan neytronlardan o'ta og'ir atom yadrolari va protonlardan tashkil topgan eng zich yulduzlar.</p>	<p>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.</p>
<p>Nukleosintez</p>	<p>yengilroq yadrolardan og'irroq yadrolar hosil bo'lishiga olib keluvchi yadroviy reaksiyalar zanjiri.</p>	<p>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.</p>
<p>Oq mittilar</p>	<p>massalari Quyosh massasi tarkibida bo'lgan va radiuslari Quyosh radiusining</p>	<p>A white dwarf, also called a degenerate dwarf, is a stellar remnant composed mostly of electron-degenerate matter. A white</p>

	<p>~0,01 hissasini tashkil qiluvchi kichik yulduzlar.</p>	<p>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.¹ 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.</p>
<p>Parsek</p>	<p>astronomiyada ishlatiladigan uzunlik birligi; $1\text{pk}=3,0857 \cdot 10^{16}\text{m}$.</p>	<p>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.</p>
<p>Pozitron</p>	<p>kattaligi jihatdan elektron zaryadiga teng musbat zaryadli, massasi</p>	<p>The positron or antielectron is the antiparticle or the antimatter counterpart of the electron. The positron has an electric charge of</p>

	<p>elektron massasiga teng bo‘lgan elementar zarra, elektronga nisbatan antizarra.</p>	<p>+1 e, a spin of $\frac{1}{2}$, 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 rayphotons (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.</p>
<p>Fermion</p>	<p>yarim butun spinga ega bo‘lgan zarracha.</p>	<p>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 relativisticquantum field theory, particles with integerspin are bosons, while particles with half-integer spin are fermions.</p>
<p>Xabbl doimiysi</p>	<p>ko‘rinuvchi Koinotning kosmologik kengayishi tufayli gallaktikadan</p>	<p>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</p>

	<p>tashqari obektlarning uzoqlashishi tezliklari bilan ulargacha bo‘lgan masofalar orasidagi bog‘lanishlardagi mutanosiblik koeffitsiyenti.</p>	<p>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.</p>
<p>Yulduz turkumlari</p>	<p>birday yoshdagi va birgalikda vujudga kelgan gravtasion bog‘langan yulduzlar guruhlari.</p>	<p>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>.</p>

<p>Yulduzlar</p>	<p>gravitatsiya kuchlarining issiq modda (gaz) ning bosimi hamda nurlanishlar bilan muvozanati xisobiga barqaror bo‘lgan ulkan nurlanuvchi plazmaviy sharlar.</p>	<p>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.</p>
<p>Yadroviy astrofizika</p>	<p>yulduzlar va boshqa samoviy obektlarda sodir bo‘luvchi barcha yadroviy jarayonlarni tadqiq qiluvchi fan.</p>	<p>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.</p>
<p>Qora o‘ra</p>	<p>gravitatsiya kuchlari jismni uning</p>	<p>A black hole is a region of spacetime exhibiting such strong</p>

	<p>gravitatsiyaviy radiusidan kichikroq o'lchamlargacha siqilishi natijasida yuzaga keluvchi kosmik ob'yekt.</p>	<p>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.</p>
<p>Qorong'i modda</p>	<p>Borliqning 23% noma'lum moddasi.</p>	<p>Dark matter is a form of matter thought to account for approximately 85% of the matter in the universe and about 23% of its total mass–energy density.</p>
<p>Qorong'i energiya</p>	<p>Borliqning antigravitatsiya hususiyatiga ega 73% noma'lum energiyasi.</p>	<p>Dark energy is an unknown form of energy that affects and accelerates the universe on the largest scales.</p>