



**FARG'ONA DAVLAT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI PEDAGOG KADRLARNI
QAYTA TAYYORLASH VA ULARNING
MALAKASINI OSHIRISH MINTAQAVIY
MARKAZI**



**ASTRONOMIYA VA
ASTROFIZIKANING ZAMONAVIY
MUAMMOLARI VA YUTUQLARI**



Modulning ishchi dasturi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligining 2024-yil 27 dekabrda 485-sonli buyrug'i bilan tasdiqlangan oliy ta'lim muassasalari rahbar kadrlarini qayta tayyorlash va malaka oshirish yo'nalishlari o'quv reja va dasturlariga muvofiq ishlab chiqilgan.

Tuzuvchi:

K.E.Onarkulov – FarDU , f-m.f.d.,
Fizika kafedra professori.

Taqrizchi:

D.A.Yusupova- FarDU Fizika
kafedra dotsenti, f-m.f.n.

*Ishchi o'quv dasturi FarDU Ilmiy Kengashining qarori bilan tasdiqqa tavsiya qilingan
(2025 yil 27 dekabrda 5- sonli bayonnoma).*

I. ISHCHI DASTUR

Kirish

Ushbu dastur O‘zbekiston Respublikasining 2020-yil 23-sentabrda tasdiqlangan “Ta’lim to‘g‘risida”gi Qonuni, O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti 2017-yil 26-sentabrdagi PQ-3289-son “Pedagog kadrlarni tayyorlash, xalq ta’limi xodimlarini qayta tayyorlash va ularning malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” qarori, 2019-yil 8-oktabrdagi “O‘zbekiston Respublikasi oliy ta’lim tizimini 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-5847-son, 2022-yil 28-yanvardagi “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-60-son, 2023-yil 25-yanvardagi “Respublika ijro etuvchi hokimiyat organlari faoliyatini samarali yo‘lga qo‘yishga doir birinchi navbatdagi tashkiliy chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PF-14-son Farmonlari, O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining “Oliy ta’lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida” 2019-yil 23-sentabrdagi 797-son, “Oliy ta’lim tashkilotlari rahbar va pedagog kadrlarini qayta tayyorlash va malakasini oshirish tizimini samarali tashkil qilish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi 11.07.2024 yildagi 415-son qarorlarida belgilangan ustuvor vazifalar mazmunidan kelib chiqqan holda tuzilgan bo‘lib, u oliy ta’lim muassasalari pedagog kadrlarining kasb mahorati hamda innovatsion kompetentligini rivojlantirish, sohaga oid ilg‘or xorijiy tajribalar, yangi bilim va malakalarni o‘zlashtirish, shuningdek amaliyotga joriy etish ko‘nikmalarini takomillashtirishni maqsad qiladi.

Dastur doirasida berilayotgan mavzular ta’lim sohasi bo‘yicha pedagog kadrlarni qayta tayyorlash va malakasini oshirish mazmuni, sifati va ularning tayyorgarligiga qo‘yiladigan umumiy malaka talablari va o‘quv rejalari asosida shakllantirilgan bo‘lib, uning mazmuni astronomiya va astrofizikaning zamonaviy masalalari bo‘yicha tegishli bilim, ko‘nikma, malaka va kompetensiyalarni rivojlantirishga yo‘naltirilgan.

Ushbu dasturda astronomiya va astrofizika fanlarining asoslari, tadqiqot usullari va asosiy yo‘nalishlari, Koinot to‘g‘risidagi tasavvurlarning paydo bo‘lishi va rivojlanishi, Yulduzlar evolyutsiyasi, Yulduzlarning tarkibi, James Webb va Hubble kosmik teleskoplarining zamonaviy kuzatuvlari va kashfiyotlari myammolari bayon etilgan.

Modulning maqsadi va vazifalari

“Astronomiya va astrofizikaning zamonaviy muammolari va yutuqlari”
modulining maqsad va vazifalari:

- sohadagi ilg‘or tajribalar, zamonaviy bilim va malakalarni o‘zlashtirish va amaliyotga joriy etishlari uchun zarur bo‘ladigan kasbiy bilim, ko‘nikma va malakalarini takomillashtirish, shuningdek ularning ijodiy faolligini rivojlantirishdan iborat

Kursning **vazifalariga** quyidagilar kiradi:

“**Fizika**” yo‘nalishida pedagog kadrlarning kasbiy bilim, ko‘nikma, malakalarini takomillashtirish va rivojlantirish;

- o‘quv jarayonini tashkil etish va uning sifatini ta‘minlash borasidagi zamonaviy yondashuvlarni o‘zlashtirish;

“**Fizika**” yo‘nalishi pedagog kadrlarining qayta tayyorlash va malaka oshirish jarayonlarini fan va ishlab chiqarishdagi innovatsiyalar bilan o‘zaro integratsiyasini ta‘minlash.

Modul yakunida tinglovchilarning bilim, ko‘nikma va malakalari hamda kompetensiyalariga qo‘yiladigan talablar:

Qayta tayyorlash va malaka oshirish kursining “Astronomiya va astrofizikaning zamonaviy muammolari va yutuqlari” o‘quv moduli bo‘yicha tinglovchilar quyidagi yangi bilim, ko‘nikma, malaka hamda kompetensiyalarga ega bo‘lishlari talab etiladi:

Tinglovchi:

- Astronomiya va astrofizikaning rivojlanish tarixini;
- Qorong‘i materiya va qorong‘i energiya tushunchalarini;
- Yulduzlarning paydo bo‘lish jarayoni;
- Qora o‘ralar va ularning tiplari.;
- James Webb va Hubble kosmik teleskoplarining zamonaviy kuzatuvlari;
- Galaktikalarning shakllanishi;
- Yulduzlar va ularning turlarini *bilishi* kerak.

Tinglovchi:

• Yulduzlar evolyutsiyasi va yulduzlarning tarkibi organish usullarni tahlil etish va baholash *ko‘nikmalariga* ega bo‘lishi lozim.

Tinglovchi:

- Koinot to‘g‘risidagi tasavvurlarning paydo bo‘lishi va rivojlanishi. Qorong‘i materiya va qorong‘i energiya;
- Teleskoplarining zamonaviy tizimlaridan amaliyotda foidalanish *malakalariga* ega bo‘lishi zarur.

Tinglovchi:

- Astronomiya va astrofizikaning zamonaviy muammolari va yutuqlari

o‘zlashtirish;

- James Webb va Hubble kosmik teleskoplarining zamonaviy kuzatuvlari va kashfiyotlarini qo‘llash *kompetensiyalariga* ega bo‘lishi lozim.

Modul hajmi

“Astronomiya va astrofizikaning zamonaviy muammolari va yutuqlari” jami 18 soatni – 8 soat nazariy hamda 10 soat amaliy mashg‘ulotni tashkil etadi. Malaka oshirishning bevosita shaklida uchinchi haftadagi o‘quv yuklamasining hajmi - 10 soatni, to‘rtinchi haftada esa - 8 soatni tashkil etadi.

“Astronomiya va astrofizikaning zamonaviy muammolari va yutuqlari”

O‘QUV MODULINING MAZMUNI

Koinot to‘g‘risidagi tasavvurlarning paydo bo‘lishi va rivojlanishi. Qorong‘i materiya va qorong‘i energiya. Nukleosintez va elementlarning tarqalishi. Koinotning yirik masshtabdagi strukturasi. Katta portlash va inflyatsiya. Yulduzlarning paydo bo‘lish jarayoni.

Yulduzlar evolyutsiyasi. Yulduzlarning tarkibi. Yulduzlarda metallarning o‘rni. Gersshprung-Rassel diagrammasi. O‘ta massiv qora o‘ralar. Kompakt gravitatsion obyektlar. Qora o‘ralar, neytron yulduzlar. Qora o‘ralar va ularning tiplari.

Chandrasekar va Opegeymer-Volkov chegaralari. Neytron yulduz va oq mittilar. Neytron yulduzlarning magnit maydoni. Akkretsiyon disk. Qora o‘raning nurlanishi. Qora o‘ra termodinamikasi. Qora o‘ra tasviri. Gravitatsion to‘lqinlar. Ko‘p kanalli astronomiya. O‘ta massiv qora o‘ralar.

James Webb va Hubble kosmik teleskoplarining zamonaviy kuzatuvlari va kashfiyotlari. Ekzoplanetalar va zamonaviy kuzatuvlar. Galaktikalar va ularning turlari. Ekzotik yulduzlar: gravostarlar, bozon yulduzlar, kvark yulduzlar. Galaktikalarning shakllanishi. Galaktikalarning turlari. Gravastarlar, Bozon yulduzlar, kvark yulduzlar.

Modul bo‘yicha soatlar taqsimoti

№	Mavzular	Umumiy soat	Jami aydinatoriya soati	Jumladan		
				nazariy	amaliy	ko'chma mashg'ulot
1	Nazariy mashg'ulot					
1.1	Koinot to'g'risidagi tasavvurlarning paydo bo'lishi va rivojlanishi. Qorong'i materiya va qorong'i energiya. Nukleosintez va elementlarning tarqalishi. Koinotning yirik masshtabdagi strukturasi. Katta portlash va inflyatsiya. Yulduzlarning paydo bo'lish jarayoni.	2	2	2		
1.2	Yulduzlar evolyutsiyasi. Yulduzlarning tarkibi. Yulduzlarda metallarning o'rni. Gersshprung-Rassel diagrammasi. O'ta massiv qora o'ralar. Kompakt gravitatsion obyektlar. Qora o'ralar, neytron yulduzlar. Qora o'ralar va ularning tiplari.	2	2	2		
1.3	Chandrasekar va Opegeymer-Volkov chegaralari. Neytron yulduz va oq mittilar. Neytron yulduzlarning magnit maydoni. Akkretsiyon disk. Qora o'raning nurlanishi. Qora o'ra termodinamikasi. Qora o'ra tasviri. Gravitatsion to'lqinlar. Ko'p kanalli astronomiya. O'ta massiv qora o'ralar.	2	2	2		
1.4	James Webb va Hubble kosmik teleskoplarning zamonaviy kuzatuvlari va kashfiyotlari. Ekzoplanetalar va zamonaviy	2	2	2		

	kuzatuvlar. Galaktikalar va ularning turlari. Ekzotik yulduzlar: gravostarlar, bozon yulduzlar, kvark yulduzlar. Galaktikalarning shakllanishi. Galaktikalarning turlari. Gravastarlar, Bozon yulduzlar, kvark yulduzlar.					
II.	Amaliy mashg'ulot					
2.1.	Yulduzlarning paydo bo'lish jarayoni.	2	2		2	
2.2.	Yulduzlarning tarkibi. Yulduzlarda metallarning o'ri. Gersshprung-Rassel diagrammasi.	2	2		2	
2.3.	Chandrasekar va Opengeymer-Volkov chegaralari.	2	2		2	
2.4.	James Webb va Hubble kosmik teleskoplarning zamonaviy kuzatuvlari va kashfiyotlari.	2	2		2	
2.5.	Galaktikalarning shakllanishi. Galaktikalarning turlari.	2	2		2	
	Jami	18	18	8	10	

Amaliy mashg'ulotlarni tashkil etish bo'yicha ko'rsatma va tavsiyalar

Amaliy mashg'ulotlarda tinglovchilar o'quv modullari doirasidagi ijodiy topshiriqlar, keuslar, o'quv loyihalari, jarayonlar bilan bog'liq vaziyatli masalalar asosida amaliy ishlarni bajaradilar.

Amaliy mashg'ulotlar zamonaviy ta'lim uslublari va innovatsion texnologiyalarga asoslangan holda o'tkaziladi. Bundan tashqari, mustaqil holda o'quv va ilmiy adabiyotlardan, elektron resurslardan, tarqatma materiallardan foidalanish tavsiya etiladi.

Modulning axborot-metodik ta'minoti

Modulni o'qitish jarayonida ishlab chiqilgan o'quv-metodik materiallar, tegishli soha bo'yicha ilmiy jurnallar, Internet resurslari, multimedia mahsulotlari va boshqa elektron va qog'oz variantdagi manbaalardan foidalaniladi.

"Astronomiya va astrofizikaning zamonaviy muammolari va yutuqlari"
modulining maqsadi – Olamning paydo bo'lishi va rivojlanishi, yulduzlar

evolyusiyasi, qora o'ra va qora materiya, galaktikalar va ularning turlari, astrofizik tadqiqotlarning fizik asoslarini o'rganishdan iborat.

NAZARIY MASHG'ULOTLAR MAZMUNI

Mavzu 1. Koinot to'g'risidagi tasavvurlarning paydo bo'lishi va rivojlanishi. Qorong'i materiya va qorong'i energiya. Nukleosintez va elementlarning tarqalishi. Koinotning yirik masshtabdagi strukturasi. Katta portlash va inflyatsiya. Yulduzlarning paydo bo'lish jarayoni.

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

Qora materiya. Qora tuynuklar Eynshteynning umumiy nisbiylik nazariyasi bilan bashorat qilingan o'zgacha obyektlardan biridir. Qora tuynuklar qiziq tarixga ega. Ular nazariyotchilarga bir qancha syurprizlarni taqdim etdilar, fazo-vaqt tabiatini yaxshiroq tushunish imkoniyati yaratildi.

Nyutonning butun olam tortishish qonunidan boshlaylik. Agar toshni tashlasak u yerning tortishish kuchi ta'sirida qaytib yerga tushadi. Toshni qanday tezlik bilan otganda u yerga qaytib tushmaydi? Agar toshga ikkinchi kosmik tezlikdan kattaroq tezlik bersak, ($v \approx 11 \text{ km/s}$) u yerning gravitatsion maydonini tark etadi. Bu „chiqish tezligi“, yer sharining massasiga va radiusiga bog'liq. Shunday savol tug'uladi: Kosmik jismning massasi va zichligi shunchalik kattaki, uning gravitatsion maydondan chiqish tezligi yorug'lik tezligidan katta bo'lsa, u holda nima bo'ladi?

Javob: Bunday jism tashqi kuzatuvchiga absolyut qora bo'lib tuyuladi., chunki yorug'lik bu jismni tark eta olmaydi.

Masalan yulduz radiusi quydgı ifodadan

$$R_{b,h} = \frac{2G * M}{c^2}$$

Kichik bo'lsa, absolyut qora jism bo'lib ko'rinadi.

Bu yerda

G-gravitatsiya doimiysi.

C-vakumda yorug'lik tezligi.

Massasi yer massasiga teng bo'lgan jism qora tuynukka aylanishi uchun uning radiusi 1 sm dan kichik bo'lishi kerak. Massasi quyosh massasiga teng bo'lgan jism esa qora tuynuk bo'lishi uchun diametri 1 km dan kichik masofaga qadar siqilishi lozim. Buni XVIII asrning oxirida P'er Simon Laplas ko'rsatgan edi, ammo o'sha vaqtda bunga hech kim e'tibor bermadi.

1905 –yilda maxsus nisbiylik nazariyasi yaratilganidan so'ng yorug'likning vakuumda tarqalish tezligi oddiy tezlik emasligini tushuntirib aytdilar .

Bu kosmik chegara:hech narsa yorug'likdan tezroq harakatlana olmaydi.Eynshteyn nazariyasi fazo va vaqt uzluksiz bog'langan deb ta'lim beradi Bir-biriga nisbatan harakatlanayotgan kuzatuvchilar uchun vaqt turli tezliklarda kechadi. Faraz qilamiz biz ko'chada turib o'tib ketayotgan avtomobillarni kuzatyapmiz .Avtomobil haydovchilari uchun vaqt kuzatuvchilarga nisbatan birmuncha sekinroq kechadi. Yoki mumkin qadar yo'lning turli tomonlaridagi svetaforlar bir vaqtning o'zida qizil ranga o'tadi. Haydovchilar uchun esa bu bir vaqtda kechmaydi. Bu natija svetafordan kuzatuvchigacha bo'lgan masofadagini yorug'lik o'tishi uchun ketgan vaqtni hisobga olgandan so'ng keladi. Haydovchilar uchun ular bir vaqtda yonmaydi. Kuzatuvchi uchun ham, haydovchi uchun ham yorug'lik bir xil tezlikda tarqaladi, ammo vaqt ular uchun sekinroq kechadi.Demak vaqt nisbiy yorug'likning tarqalish tezligi esa absalyut.

Bu effektни kundalik hayotda biz sezmaymiz,chunki biz harakatlanayotgan tezliklar yorug'lik tezligidan ancha kichki vaqtni esa absalyut aniqlikda o'lchamaymiz.Ammo elementar zarrachalar tezlatgichlarida bu effekt har doim kuzatiladi. Yurug'lik tezligiga yaqin tezliklarda zarrachalar nisbatan uzoqroq yashaydi. Fazo va vaqt bitta konsepsiyaga joylashgan.

Endi gravitatsiyaga qaytaylik . U alohida xususiyatga ega bo'lib ,uni G.Galiliy ochgan .Agar havoning qarshiligini e'tiborga olmasak ,barcha jismlar bir xilda tushadi. Boshqa kuchlar ta'sirida bu xol biroz boshqacha bo'ladi. Elementar maydonida zaryadlangan zarrachalar uning zaryadi yoki massasi o'zgargan taqdirda uning harakat yo'nalishi o'zgaradi. Butun olam tortishish nazariyasida gravitatsion tortishish kuchlari jism massasiga proporsional. Buni ko'pincha „ekvevalentlik proporsionali” deb atashadi.

Nyuton nazariyasi maxsus nisbiylik nazariyasiga zid, chunki Nyuton nazariyasiga asosan jismlar orasidagi gravitatsion ta'sir bir onda uzatiladi. 1915-yilda Eyenshteyn bu muammoning yechimini shunday yo'l bilan tanladiki ,bu yechimdan ekvevalentlik prinsipi kelib chiqadi. O'zining yangi konsepsiyasini Eyenshteyn umumiy nisbiylik nazariyasi deb atadi. Unga asosan gravitatsiya fazo-vaqtning egrilanishi natijasida vujudga keladi. Egrilangan fazo vaqtda zarrachalar qisqa trayektoriyalar bo'yicha harakatlanadi. Boshlang'ich holatda

bunday trayektoriyalarning parallel chiziqlari egrilangan fazo-vaqtda yaqinlashib biladi. Masalan, ikkita yer meridian ekvator bilan kesishgan joyda parallel, ammo undan uzoqlashgan sari ular yaqinlashib shimoliy qutbda kesishadi. Fazo-vaqt konfiguratsiyasi undagi materiyaning harakatiga bog'liq. Umumiy nisbiylik nazariyasiga ko'ra vaqt tenpi gravitatsion maydonga bog'liq. Demak ,bitta uyda birinchi va oxirgi qavatda yashovchi odamlar vaqt kechishini turlicha his etadi. Birinchi qavatda yashovchi odam uchun vaqt oxirgi qavatda yashovchiga nisbatan sekinroq kechadi. Yerdagi binolar uchun bu effekt juda kichik bo'lib bir sekundda $t \approx 10^{-15}$ sekundni tashkil etadi. Asosiy fikr shundan iboratki ,massiv jismlar fazo-vaqtni o'ziga tortadi.Xususiy holda ,massiv obektlar yaqinida vaqt sekinroq kechadi. Fiziklar har doim eng oddiy hollarni o'rganishga harakat qiladilar.Shuning uchun 1916-yilda umumiy nisbiylik nazariyasi ochilganidan so'ng nemis fizigi Karl Shvarzsheld (Karl Schwarzschild) Eyenshteyn tenglamalarining oddiy sferik , simmetrik yechimlarini topdi. Bu yechim nuqtaviy massa ta'sirida fazo-vaqt geometriyasining egrilanishining xususiy holini qaraydi. Endi geometriya o'rnida statsionar soatlarning yurishiga to'xtalaylik. Quyosh sirtida soat undan uzoqlashgan soatga nisbatan milliondan bir qismiga sekinroq yuradi. Neytron yulduzi sirtidagi soatlar undan uzoqlashgan soatlar tezligining yetmish foizini tashkil etadi. Bu yerda vaqt kechishidagi farq effekti aniq ko'rinib turibdi.

Shvarzsheld yechimiga ko'ra nuqtaviy massa markazida soatlar to'xtab qolishi kerak. Boshida fiziklar buni „nofizik“ paradoks deya atashdi.

Keyingi hisob kitoblar ko'rsatadiki Shvarzshel'd yechimida gap qandaydir shartli „markaz“ holatida emas ,balki to'la idial sfera holatida bo'lyapti. Bu sfera chegaralarini kesib o'tib uning ichiga tushib qoluvchi sayohatchi hech qanday g'ayri tabiiy holni sezmaydi, u uchun vaqt oldindek kechayotgan bo'ladi .Ammo bu sferadan tashqaridagi kuzatuvchilar uchun sfera ichkarisidagi sayohatchi uzatayotgan signallar sekinlashib boradi. Statsionar soatlar sekinlashib nolga aylanuvchi sirt Shvarsshiel'd sferasi yoki „ gorizond“ diyiladi. Gorizontdan qaytish yo'q .Uning chegaralarini kesib sfera ichiga kirgan kuzatuvchi hech qachon chiqolmaydi, va albatta uning markazida singulyarlik tomonidan yutiladi.

“Singulyarlik” – bu fazo-vaqtning o'ta yuqori egrilanish sohasi bo'ib ,unga sayohatchi o'z-o'zidan yo'qoladi va kuchli gravitatsiya ta'sirida yo'qolib ketadi. Ma'lum bo'ladiki ,Eynshteyn nazariyasiga asosan qora tuynukning o'lchamlari Nyuton mexanikasi chegarasida Laplas tomonidan taklif etilgan formuladan topildi . Ammo uning fizik talqini umuman o'zgaradi .

Qora tuynuklar astrofizik hodisalar natijasida xos bo'lishi mumkin. M: massasi quyosh massasidan birinchi tartibga katta yulduzda termoyadro yoqilg'isi tugasa u gravitatsion kuchlar ta'sirida o'zining ichiga tushub ketadi. Koinotda bunday qora

tuynuklarning real mavjudligi haqida yetarlicha ma'lumotlar bor. Topilgan qora tuynuklar astrofizik nuqtai nazardan ikki kategoriyaga bo'linadi.

Birinchi tip- bu massiv yulduzlarning kollapsi natijasida xos bo'lgan qora tuynuklar bo'lib, ular ma'lum massaga ega. Qora tuynuklar real qora, qora bo'lgani uchun ularni kuzatish juda qiyin. Agar baxtimiz chopib qolsa, qora tuynuk tomonidan tortilayotgan gaz sheleyfini ko'rish mumkin. Tushayotgan gaz tezlashib isiydi va ma'lum nurlanish chiqaradi va buni biz qayd qila olmaymiz. Bunda gaz manbai yulduz bo'lib, u qora tuynuk bilan juft sestemani hossasi diyiladi va ikkilangan yulduz massalar markazi atrofida u bilan birga aylanadi. Boshqacha aytganda biz avval ikkilangan yulduzga ega edik, so'ngra yulduzlardan biri gravitatsion kollapsdan so'ng qora tuynukka aylanadi. Shundan so'ng qora tuynuk qaynoq yulduz sirtidan gazni so'ra boshlaydi.

Ikkinchi tip- bu galaktikalar markazlaridagi nisbatan massivroq qora tuynuklardir. Ularning massalari quyosh massasidan milliardlab marta katta. Bunday qora tuynuklarga tushayotgan modda qizib, xarakterli nurlanish chiqaradi va nurlanish ma'lum vaqtdan keyin yergacha yetib keladi va uni biz qayd eta olamiz. Barcha katta galaktikalar, shu qavatda bizning galaktika markazida ham qora tuynuklar mavjud degan taxminlar ilgari suriladi.

Bizni qora tuynuklarning astrofizikasi emas, balki ularning fazo-vaqt strukturasi ta'siri qiziqtiradi.

Eynshteyn nazariyasiga asosan qora tuynuk fazo-vaqtdagi cheksiz, tubsiz o'ra bo'lib, unga tushgandan so'ng qaytish yo'q. Unga tushgan jism bir umrga yo'qoladi. Qora tuynuklar qiziq xususiyatga ega. Yulduz kollapsidan so'ng qora tuynukka aylangandan keyin uning xususiyatlari faqatgina ikki parametr: massa va aylanishning burchak momentiga bog'liq bo'lib qoladi. Ya'ni, qora tuynuklar unversial obyektlar bo'lib, ularning xususiyatlari ularni xossasiga amal qilgan modda xususiyatlariga bog'liq emas. Boshlang'ich yulduz tarkibining har qanday kimyoviy tarkibidan qat'iy nazar qora tuynukning xususiyatlari o'shaligicha qoladi. Demak qora tuynuklar faqat gravitatsiya nazariyasiga bo'ysunadi.

Qora tuynuklarning ya'na bir ajoyib xususiyati shundan iboratki, ikkita qora tuynuk to'qnashgandan so'ng natijada bitta yanada massivroq qora tuynuk harakatda bo'ladi. Bu proses natijasida gravitatsion tuynuklarning nurlanishi hisoblanadi va ularni qayd etish va o'lchash uchun detektorlar ishlab chiqarilgan. Bu prosesni nazariy hisoblash oson emas, bu uchun ancha murakkab differensial tenglamalar sestemasini yechish zarur bo'ladi. Ammo oddiy nazariy natijalar ham bir hossaga ega bo'lgan qora tuynukning Shvarsshel'd sferasi sirti boshlang'ich ikkita qora tuynuk sirt yuzalari yig'indisidan doim katta. Ya'ni qora tuynuklar qo'shilganda ularning sirt yuzasi massadan tezroq oshadi. Bunga yuzalar teoremasi

diyiladi va u 1970- yilda Stevin Xoking (Steven Kawking) tomonidan isbotlangan.

Qora materiya elektromagnit nurlanishni chiqarmaydi va boshqa osmon jismlariga faqat gravitatsion ta'sir qiladi.

Hozirgi kunda 3 ta asosiy savol o'ylantiradi.

1. Barion materiyasining asosiy qismi ko'rinmasligi?

2. Koinotdagi asosiy massa zaif o'zaro ta'sirlarda ishtirok etuvchi zarracha-lardan iboratmi?

3. Energiyaning qandaydir „qora“ formasi mavjudmi?

U noldan farqli kosmologik konstanta bilan qanday bog'langan.?

Qora materiya faqat barion massadan iborat emas, balki nobarion massadan tashkil topganligi gallaktikalar egriliklarini hisoblash natijasida katta ehtimol bilan taxmin qilinadi. Agar gallaktikaning butun massasi uning ko'rinadigan qismida to'planganida edi, gallaktikalarning orbital tezliklari gallaktika markazidan uzoqlashgan sari kamayar edi.

Haqiqatdan ham, bizning Quyosh sayyoramiz uchun aniqlanganki, planitalar orbital tezliklari quyoshgacha bo'lgan masofaning o'zgarishi bilan Kepler qonuniga binoan o'zgaradi.

Uzoq yassi gallaktikalar va karmik spiral gallaktikalar uchun tuzulgan egriliklardan ko'rinadiki, ularda qora materiya ko'rinuvchi materiyadan ustunlik qiladi, Gallaktikalar kosmologik nazariyalariga ko'ra qora galo- bu gallaktikalar tuzilishi va shakllanishi uchun boshlang'ich joy. Galaktikalarda massa taqsimotidan ko'rinadiki galo sferik yoki elliptik shakllarga ega bo'lib bu shakl zichlik taqsimotiga ega bo'ladi. Bizning gallaktikamiz uchun qora galo 50 kpk deb taxmin qilinadi.

Qora materiya mavjudligini 2 xil variantda tuzish mumkin :

Qora materiya –kosmologik konstanta, ya'ni o'zgarimas energetik zichlik bo'lib, fazoni bir maromda to'ldirib boradi;

Qora materiya –dinamik maydon bo'lib ,uning energetik zichligi fazo va vaqt bo'yicha o'zgarib boradi.

Qora materiya 2 xil ko'rinishda o'rganiladi:

-Qora materiya yorug'lik tezligiga yaqin tezliklarda harakatlanuvchi zarrachalardan iborat. Bu zarrachalar nitrino deb taxmin qilindi. Galaktikalar shakllanishi uchun zamonaviy tasavvurlarga ko'ra qaynoq materiyaning o'zi yetarli emas.

-Sovuq qora materiya massiv sekin harakatlanuvchi (shu ma'noda sovuq)zarrachalardir.

Birlamchi nukleosintez— Olamda birinchi yulduzlar paydi bo'lguncha moddalarning kimyoviy tarkibi hosil bo'lishiga olib kelgan jarayonlar yig'indisidir.

Katta portlashdan 3 minut o'tgach birinchi nukleosintez boshlanishida neytronlar va protonlarning nisbati 7 ga 1 bo'lgan. 20 minutdan keyin birlamchi nukleosintez yakunlandi va olamning barion tizimida vodorod (75%) va geliy (25%) ustunlik qila boshladi. Kam miqdorda В дейтерий, гелий-3 va литий-7 hosil bo'ldi, boshqa elementlar sezilarsiz miqdorda hosil bo'ldi.

Katta portlashdan 3 minut o'tgach Olamni temperaturasi 10^9 K dan past bo'lib qoldi. Bu proton va neytronlarni to'qnashuvidan deyteriyning stabil yadrolarini (deytronlar) hosil bo'lishi, reaksiyalar zanjiri oxirida geliyning stabil yadrolariga aylanishiga olib keldi. Shunday qilib, deyarli barcha neytronlar nukleosintez natijasida geliy yadrosida bo'lib qoldi. Deytronlar nisbatan yuqoriroq temperaturalarda ham hosil bo'lishi mumkin edi, lekin ular stabil mas va tezda parchalanib ketgan.

Катта портлашлар билан алоқадор доимий мавжуд бўлган саволларнинг баъзиларига жавоб бера оладиган замонавий қурилмалар барпо этилмоқда. Ҳозирда очиқ фазодаги радиация детекторларимиз буюк портлашдан 300.000 йил ўтиб, илк атомлар шакллана бошлаган пайтларда йўлга чиққан микротўлқинларни ҳам аниқлай олади. Бу микротўлқин радиациясини Катта портлашнинг гувоҳи бўлган 300.000 йилдан олдинги даврни тадқиқ қилиш учун қўллаш имконсиздир, чунки портлашда юзага келган оловли тўп аниқ маълумот олишга тўсқинлик қиладиган даражада юқори иссиқлик ва фавқулудда ҳолатда бўлган. Бироқ, бошқа радиация турларини ўрганиб чиқадиган бўлсак, Катта портлашга бироз бўлса-да яқинлашган бўламиз. Масалан: нейтронларни кузатиш бизни буюк портлашга яқин масофага олиб боради (нейтриноларни қўлга киритиш шунчалик қийинки, бошдан охиригача кўрғошиндан иборат бўлган бутун бошли қуёш системасининг бир учидан бошқасига бемалол кета оладилар). Нейтрино радиацияси, бизни Катта портлашдан бир неча сония кейинги давргача олиб келиши мумкин. Балки Катта портлашнинг сири космик вақт тартиби бўйича ҳаракат қилган “гравитация тўлқинларининг” ўрганилиши натижасида юзага чиқар. Чикаго университети физиги Рокки Колб айтгани каби “Нейтринонинг орқа пландаги хусусиятларини ўлчаш баҳонасида катта портлашдан кейинги илк сонияни ўрганишимиз мумкин. Аммо, кўтарилиш майдонидан келган тортишиш кучи тўлқинлари портлашдан кейинги 10-35- сониялардан қолган далиллардир.

MAVZU 2. Yulduzlar evolyutsiyasi. Yulduzlarning tarkibi. Yulduzlarda metallarning o'rni. Gersshprung-Rassel diagrammasi. O'ta massiv qora o'ralar. Kompakt gravitatsion obyektlar. Qora o'ralar, neytron yulduzlar. Qora o'ralar va ularning tiplari.

Yulduzlar evolutsiyasi — vaqt oʻtgan sari **yulduzlarning** fizik parametrlari va kimyoviy tarkiblari oʻzgarib borishi. Turli evolutsiya bosqichidagi yulduzlarning fizik parametrlarini taqqoslab koʻrish asosida oʻrganiladi. **Gravitatsiya** (tortishish) kuchlari taʼsirida yulduzlar orasidagi **gaz** va **chaglarning** kondensatlanishi oqibatida protoyulduzlarning hosil boʻlishi, siqiluvchan yulduzlar markazida termoyadro energiya manbai paydo boʻlishi, ayrim yulduzlarning **gigant yulduzlarga** yoki **mitti yulduzga** aylanishi, massasi katta yulduzlarning gravitatsion kollapsi (**neytron yulduz** yoki qora oʻra hosil boʻlishi bilan yuz beradi) kabi hodisalar Yulduzlar evolutsiyasining bosqichlari hisoblanadi. Yulduzlar evolutsiyasi doim yuz berib turadigan uzluksiz jarayondir.

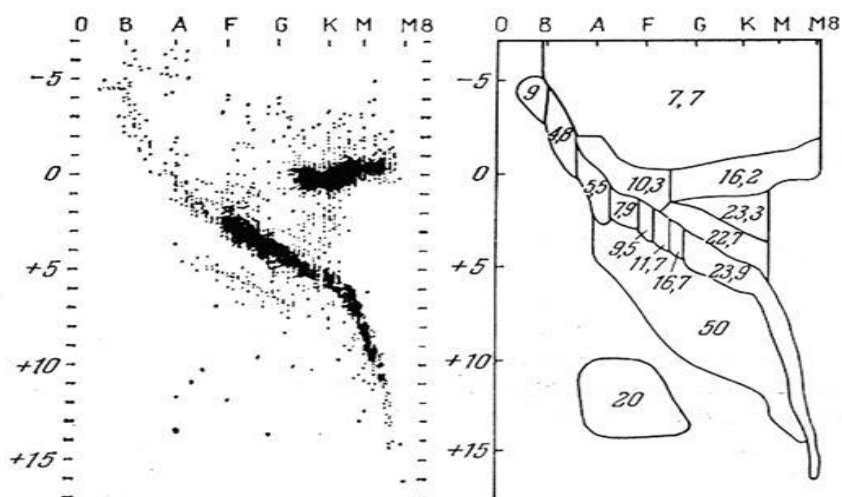
Tungi qorongʻi falakda bizga kichik moviy nuqta boʻlib koʻrinadigan yulduzlar aslida biznikiga oʻxshash yorqin quyoshlardir. Boshqacha qilib aytganda, ular qizigan gazlarning ulkan, sharsimon toʻplamidir. Ular shunchalik qaynoqki, yuzasiga yaqinlashgan poʻlat boʻlagi bir zumda bugʻga aylanib ketadi. Koʻpgina yulduzlarda bu gazlarning zichligi juda past, chunki yulduzlarni tashkil etuvchi turli moddalar atomining zarralari bir-biridan ancha katta masofada joylashgan. Yulduz massasi uning evolutsiyasi va taqdirini belgilovchi bosh mezondir. Yulduzning boshqa xarakteristikalarini uning oʻtmishi, diametri, aylanishi, harakati va harorati orqali aniqlanadi. Yulduz haroratining uning yorqinligiga nisbati jadvali yoki Hertzsprung–Russell diagrammasi (HR diagramma), yulduz yoshi va evolutsiyaviy holatini bilishga yordam beradi. Yulduz vodoroddan iborat materiya buluti kollapsi bilan boshlanadi, unda oz miqdorda geliy va ogʻirroq unsurlar ham boʻlishi mumkin. Yulduz yadrosi yetarlicha zich boʻla boshlaganida vodorodning bir qismi yadroviy reaksiya orqali zudlik bilan geliyga aylanadi. Yadrosidan tashqaridagi yulduz massasi yadrodan energiyani radiatsiya va konveksiya jarayonlari orqali sirtga olib chiqadi. Yulduzning ichki bosimi uni keyingi kollapsdan (oʻz ichiga qulab tushishdan) saqlaydi. Vodorod yoqilgʻisi tugaganida, massasi Quyosh massasining kamida 0,4 boʻlgan yulduz kengayib, qizil gigantga aylanadi, baʼzi hollarda ogʻirroq unsurlar ishlab chiqarishni boshlaydi. Keyin yulduz degenerat shaklga oʻtib, moddasining bir qismini yulduzlararo muhitga chiqaradi, bu modda u yerda ogʻir unsurlari koʻproq boʻlgan yangi yulduzlar avlodini shakllantiradi. Juft va koʻp-yulduzli tizimlar bir-biri bilan gravitatsiya orqali bogʻlangan va bir-birining atrofida sobit orbitalarda aylanuvchi ikki yoki undan oshiq yulduzlardan iborat boʻladi. Bunday yulduzlar evolutsiyasiga ularning oʻzaro gravitatsiyasi katta taʼsir koʻrsatishi mumkin. Yulduzlar klaster yoki galaktika kabi oʻzaro gravitatsiyaviy bogʻliq yanada kattaroq tizimlar ichiga kirishi mumkin. Odamlar qadim zamonlardan yulduzlar hosil qiladigan naqshlarni kuzatib kelishadi. Arslon yulduz turkumini arslon shaklida tasvirlovchi ushbu rasmni 1690-yili Johannes Hevelius chizgan.

Har bir yulduz ko‘plab kimyoviy elementlardan tashkil topgan. Masalan, Quyoshda kamida 60 ta element borligi aniqlandi. Ular orasida vodorod, geliy, temir, kalsiy, magniy va boshqalar bor. Sovuq yulduzlarda moddalar asosan domna pechida qaynayotgan temirga o‘xshash suyuq holatda bo‘ladi. Juda eski va eng sovuq yulduzlarda materiya zarralari shu qadar zich “qadoqlanganki”, uning kub santimetrining og‘irligi bir tonna yoki undan ham ko‘proq bo‘lishi mumkin. Ular so‘ngan yulduzlar deb ataladi. Yulduzlar yuzasidan material namunalarini olish imkoni bo‘lmagani uchun astronomlar ularni o‘rganish uchun maxsus asbob — spektroskoplardan foydalanadi. Spektroskop yulduzning nurlanish spektri, ya’ni yulduz chiqaradigan to‘lqinlar uzunligi to‘plamini olish imkonini beradi. Spektir yordamida olimlar yulduzning kimyoviy tarkibi va uning haroratini aniqlashi mumkin. Har bir kimyoviy elementning ma’lum bir yorug‘lik to‘lqin uzunligi bor, nurlanish intensivligi esa uning issiqlik darajasini aniqlab beradi.

Gertsshprung–Russell diagrammasi - tarqalish diagrammasi bo‘lib, yulduzlar yorqinligi va absolut yulduz kattaligi bilan ularning spektral tipi yoki sinfi orasidagi aloqani ko‘rsatadi. Diagrammani 1910-yillarda Eynar Gertsshprung va Genri Norris Russell yaratishgan.

Gersshprung-Rassel diagrammasi.

XX asrboshlarigacha bir necha yuz yulduzni uzoqligi (yillik parallaksi) o‘lchanadi va absolyut kattaligi (M) hisoblab topiladi. Shu paytga kelib ularning spektral sinflari ham aniqlanadi. 1905 – 1913 yillarda daniyalik E. Gersshprung (1873-1967) va amerikalik G.N. Rassel (1877-1957) bir biriga bog‘liq bo‘lmagan holda yulduzlar diagrammasini tuzadilar. Ular ordinata o‘qi bo‘ylab yulduzlarni absolyut kattaliklari absissa o‘qi bo‘ylab esa spektral sinflarini qo‘yadilar. Bunday diagrammada har bir yulduz bitta nuqta sifatida o‘rin egallaydi. “Gersshprung-Rasseldiagramma” si nomi bilan fanga kirgan, bu diagramma rasmda tasvirlangan.

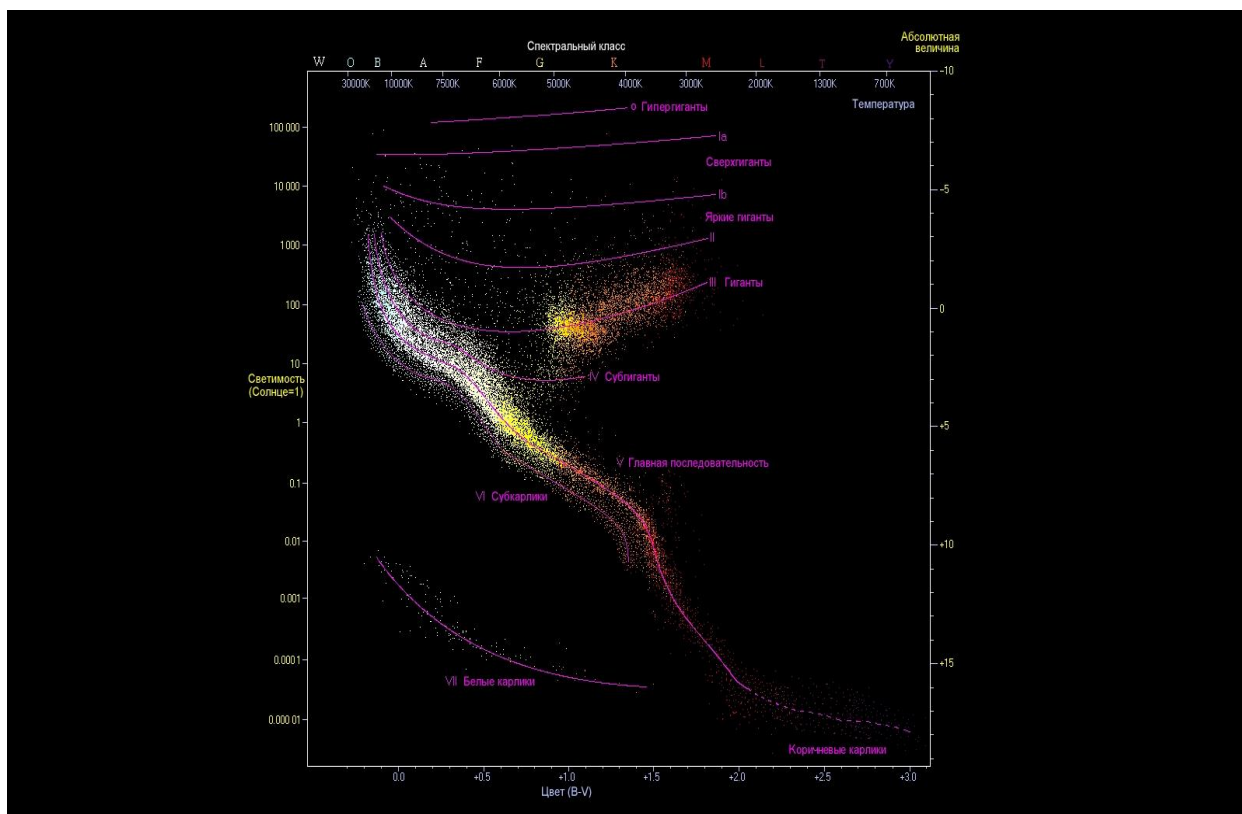


Gershprung-Rassel diagrammasi va ayrim yulduzlar guruhlarining fazoviy harakat tezliklari

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

Agar yulduzlar fizik xossalariga ko'ra diagrammaga terib chiqilsa, ular o'z evolyutsion bosqichiga muvofiq, yaqqol namoyon bo'luvchi guruhlariga ajraladi. Yulduzlarning turi ko'p. Diametri Quyoshnikidan 30 barobar katta bo'lgan yulduzlar ham bor, shuningdek, Yerdagi yirik bir shahar kattaligicha keladigan o'lchamdagi yulduzlar ham mavjud. Shu darajada qaynoq yulduzlar borki, ularning nurlanish spektridagi asosiy rang — binafsharang bo'ladi. Qolaversa, yana shu darajada "sovuqroq" yulduzlar ham borki, ular spektrda to'q qizil rang bilan namoyon bo'ladi va juda xira tortib qolgan bo'ladi.

XIX asrda astronomiyada tub burilish sodir bo'ldi. Olimlar mumtoz falakkiyotshunoslik ilmi — klassik astronomiyadan chetlashib, astrofizika sohasiga qadam qo'ya boshladi. Agar mumtoz astronomiyada markaziy savollar — "Qayerda, qanday va qayoqqa harakatlanyapti?" qabilida qo'yilgan bo'lsa, endi astrofizikada masalaning mohiyatini ochishi kerak bo'lgan savollar — "Bu nima o'zi? Qanday kelib chiqqan va qanday tuzilgan?" tarzida yangray boshladi. Bu boradagi qilinishi kerak bo'lgan birlamchi vazifalardan biri, [yulduzlarni hech bo'lmaganda, tashqi qiyofasiga ko'ra tasniflash](#) masalasi edi. Aynan shu masala ustida bir-biridan mustaqil ravishda bosh qotirgan ikki olim — daniyalik Eynar Gersshprung (1873–1967) va amerikalik Genri Rassel (1877–1957) tomonidan hozirda astrofizikada keng qo'llaniladigan va fanda "Gersshprung-Rassel diagrammasi" deb yuritiladigan yulduzlar diagrammasi yaratilgan. Yozilishi va talaffuzi biroz qiyin bo'lgani sababli Gersshprung-Rassel diagrammasini ko'pincha "GR diagrammasi" deb qisqartiriladi.



Supergigantlar egallagan maydon belgilangan Gersshprung-Rassel diagrammasi.

Diagramma mualliflaridan biri Genri Rassel XX asr boshidagi Amerikaning eng yirik astronomlaridan biri bo‘lib, uzoq yillar mobaynida yulduzlarning hayot siklini bayon qilish masalalari bilan shug‘ullangan va taxminan 1909-yilda uning xayoliga diagrammani chizish g‘oyasi kelib qolgan.

Biroq u ishni ancha cho‘zgan va faqat 1913-yilga kelibgina o‘zining diagrammasini chizib ko‘rsatgan. Daniyada faoliyat yuritgan Eynar Gersshprung esa bunday diagrammani ishlab chiqish g‘oyasini biroz avval amalga oshirgan bo‘lib, biroq uning mazkur salmoqli ilmiy ishi bir muddat davomida jahonning yirik olimlari e‘tiboridan chetda qolib ketgan.

Buning sababi esa juda oddiy: Gersshprung o‘z ilmiy izlanishlari natijasini hamda o‘z talqinidagi ilk yulduzlar evolyutsiyasi diagrammasini 1905 va 1907-yillarda unchalik ham taniqli bo‘lmagan hamda juda tor ixtisoslikka ega bo‘lgan nemis tilidagi “Ilmiy fotografiyalar jurnali”da (*Zeitschrift fuer Wissenschaftliche Photographie*) chop etish bilan kifoyalangan.

Shu sababli ham to 1930-yilgacha ilmiy manbalarda mazkur diagramma shunchaki “Rassel diagrammasi” deb atalgan. Faqat tasodifiy tarzda bir vijdonli olim tomonidan Gersshprung diagrammasi haqida xabar topilganidan keyin uning mehnatlari ham munosib e‘tirof etiladi.

GR diagrammasida vertikal o‘q yulduzlarning yorqinligini (yorug‘lik nurlanishi intensivligini) ifodalaydi, gorizontal o‘q esa uning sirtidagi kuzatilayotgan harorat ifodalanadi. Agar muayyan yulduz va Yer orasidagi masofa aniq bo‘lsa, unda ushbu har ikkala miqdoriy ko‘rsatkichlarni eksperimental tarzda o‘lchab tekshirish mumkin.

Tarixan shunday vaziyat shakllanganki, x o‘qida yulduzlarning sirt harorati teskari tartibda joylashtiriladi. Yulduz sirtidagi harorat qanchalik yuqori bo‘lsa, u o‘qda shunga mos ravishda chaproqda joylashadi. Bu shunchaki shartli ravishda olingan narsa bo‘lib, uning o‘ng yoki chapga qarab o‘shining diagramma uchun ahamiyati yo‘q va bu narsani muhokama qilishdan hech bir naf ham mavjud emas. Shunchaki matematikada son qiymati qanchalik katta bo‘lsa, u son o‘qida o‘ngda joylashishi haqidagi qoidaga o‘rganib qolgan kishilar uchun GR diagrammasidagi ushbu o‘ziga xoslik ajablanarli bo‘lishi mumkin. GR diagrammasining astronomiya nuqtayi nazarida mohiyati shundaki, unga imkon qadar ko‘proq sondagi eksperimental kuzatilayotgan yulduzlarni kiritish maqsad qilinadi.

Unda har bir yulduz o‘ziga mos nuqta bilan ifodalanadi. Muayyan yulduzning GR diagrammasidagi joylashuviga ko‘ra, yulduzlarning spektral va yorqinlik nisbatlariga ko‘ra tarqalish qonuniyatlari o‘rganiladi.

Sinchiklab o‘rganishlar shuni ko‘rsatdiki, yulduzlarning GR diagrammasiga ko‘ra bu tarzda tarqalishi bejiz emas ekan. Yorqinligi va spektriga ko‘ra yulduzlar uchta qat‘iy toifalarga farqlanadi va astrofizikada bu toifalar “ketma-ketliklar” deyiladi.

Diagrammada yuqori chap burchakda, pastki o‘ng burchak tomon asosiy ketma-ketlik tortilgan bo‘ladi. Jumladan, bizning Quyosh ham mazkur asosiy ketma-ketlikka mansubdir. Asosiy ketma-ketlikning yuqori qismida eng yorqin va qaynoq yulduzlar joylashgan. O‘ng pastki burchakda esa eng xira va uzoq yashaydigan yulduzlar o‘rin olgan.

O‘ngroqda va yuqoriroqda alohida guruh bo‘lib, o‘ta yuqori darajadagi yorqinlikka ega bo‘lgan va yorqinligi sirt harorati bilan proporsional bo‘lmagan yulduzlar joylashgan. Bu yulduzlarning yorqinligiga nisbatan sirt harorati pastligi xarakterlidir. Mazkur toifaga (ketma-ketlikka) qizil va o‘ta gigantlar kiradi.

Pastki chap tarafda yana alohida guruh bo‘lib turgan ketma-ketlikka mitti va sovuq yulduzlar mansubdir.

Alohida ta’kidlab o‘tish joizki, koinotda kuzatilayotgan yulduzlarning aksariyat qismi asosiy ketma-ketlikka mansub bo‘lib, ularning energiyasi [vodorod](#)dan [geliy](#) hosil qilinishi bilan kechadigan termoyadro sintezi reaksiyasi evaziga hosil bo‘ladi.

Aslida GR diagrammasidagi ushbu mazkur uch ketma-ketliklar yulduzlarning hayot sikli etaplariga mos keladi. O‘ng yuqori burchakdagi qizil va o‘ta gigantlar bu

— o‘z umrining so‘ngi qismini “yashayotgan” va tashqi qobig‘i mislsiz darajada shishib, kengayib borayotgan “qariya” yulduzlar.

Bizning Quyosh ham taxminan 6,5 milliard yildan keyin shu taqdirga ro‘baro‘ bo‘ladi. O‘shanda Quyoshning tashqi qobig‘i chegarasi hozirda Venera sayyorasi joylashgan hududgacha shishib keladi. Diagrammaning mazkur qismida joylashgan yulduzlar asosiy ketma-ketlikda joylashgan yulduzlar bilan deyarli bir xil miqdorda energiya chiqaradi.

Lekin ushbu energiyani koinotga tarqatib yuborish uchun foydalaniladigan sirt yuzasi favqulodda katta bo‘lgani sababli yulduzning o‘zi nisbatan sovuq bo‘lib qolaveradi.

Diagrammaning chapki past burchagiga e‘tibor qaratamiz. Bu joyda oq mittilar joylashgan. Bu yulduzlar juda qaynoq, lekin juda mitti bo‘ladi. Odatda ularning o‘lchami arang Yer sayyorasi o‘lchamidek keladi xolos.

Shu sababli ham koinotga nisbatan kam energiya chiqargan holda boshqa yulduzlarga qaraganda anchayin kichik sirt yuzasiga egaligi tufayli nisbatan yorqin spektrda namoyon bo‘ladi.

Umuman olganda, Gersshprung-Rassel diagrammasi orqali muayyan yulduzning umumiy hayot siklini kuzatib borish mumkin. Avvaliga asosiy ketma-ketlikdagi yulduz [gaz-chang bulutidan kondensatsiyalanadi](#) va dastlabki termoyadro sintezini yo‘lga qo‘yish kifoya qiladigan bosim va haroratgacha zichlashadi.

U yulduz bo‘lib porlashi bilan asosiy ketma-ketlikdagi o‘ziga munosib nuqtadan joy oladi. Yulduz hali porlab turar ekan, (vodorod zaxiralari hali tugab bitmagan paytlarda) u asosiy ketma-ketlikda deyarli siljimasdan, o‘z joyida turaveradi.

[Vodorod](#) zaxirasi tugashi bilanoq yulduz avvaliga qizil yoki o‘ta gigant ko‘rinishgacha shishib, qizib boradi va diagrammaning o‘ng yuqori qismiga ko‘chadi. U keyinchalik sovib, oq mitti darajasigacha siqilishi sodir bo‘lgach, diagrammadagi chap quyi tarafdin joy egallaydi.

Koinotda uchraydigan g‘aroyib ob‘ektlardan biri “qora tuynuklar” yoki kollapslar deb ataluvchi cheksiz kata zichlikka ega bo‘lgan osmon jismlaridir. Uning g‘aroyibligini mohiyati shundan iboratki, jismlarning o‘zaro gravitatsion ta’sirlari intensivligi ularning massasi bilan aniqlanadi. Boshqa ta’sirlari esa ularning massalariga bog‘liq emas. Bu shuni bildiradiki, agar fazoning biror sohasida modda miqdori ma’lum kritik qiymatdan oshsa gravitatsion kuchlar boshqa ta’sirlardan katta bo‘lib ketadi. Natijada gravitatsion kuchlar tortishish kuchlaridan iborat bo‘lgani uchun qaralayotgan jism siqila boshlaydi. Neytron kashf etilgandan so‘ng og‘ir yulduzlarning taqdiri nima bo‘lishini tushunishga yordam berdi. Ulkan tortilish kuchlari erkin elektronlarni protonlarga “bosadi” va elektr jihatdan neytral zarrachalar - neytronlar hosil bo‘ladi.

Zichligi benihoya katta bo'lgan neytron yulduzlar tug'iladi. Bunday materiyaning kub shaklidagi qandga o'xshagan bo'lakchasi bir milyard tonnadan ortiq massaga ega bo'ladi, qumday bir bo'lak neytron zarrachasi esa qudratli elektrovozni muvozanatga keltiradi. Umumiy nisbiylik nazariyasida fazo - vaqt uzliksiz deb tasavvur etilsa, bunday siqilishga hech qanday chegara qo'yib bo'lmaydi. Natijada, qaralayotgan nazariyaga ko'ra jism nuqtaga siqiladi, bu vaqtda gravitacion maydonlarning intensivligi cheksizga ortib ketadi, fazo esa shunchalik egrilanadiki, uning tomonlari to'liq birlashadi. Bunday to'dadan chiqib ketish uchun tezlik unda yorug'lik tezligidan har qancha kata bo'lish kerak, demak moddaning birorta zarrachasi ham, birorta nurlanish kvanti ham uni tark eta olmaydi, ya'ni shunday ob'ekt hosil bo'ladiki, u materiyaning har qanday miqdorini ham yutadi va o'zidan chiqarib yubormaydi. Bunday ob'ektning sirtiga tushgan har qanday jism undan qaytib chiqa olmaydi, uning tashkil etuvchilari vakansiya-bariXlari qudratli tortishish kuchlari ta'sirida pufakcha bo'lib quyiladi, natijada jism har qanday o'ziga xos belgisi va xususyatlarini yo'qotadi.

Hamma qora tuynuklar atrof fazodan gazni tortadi va o'z atrofida disskato'planadi. Gaz zarrachalarining to'qnashishlari tufayli u qiziydi, energiyasi tezligini yo'qotadi va spiral bo'ylab qora tuynukka yaqinlashib keladi. Bir necha million graduslargacha qizigan gaz vixr varonka shaklida hosil qiladi. Uning zarrachasi bir sekundda 100ming km tezlik bilan uchadi. Oqibatda gaz vixri "hodisalar gorizanti" gacha etadi va qora tuynikda abadiy yo'q bo'lib ketadi. Bu tuynikdan chiqib ketish uchun zarur bo'lgan tezlik yorug'lik tezligidan kichik bo'lgani uchun har qanday uning sirtiga tushmagan jism uning chegarasidan chiqib ketish imkoniyatiga ega bo'ladi. Qora tuynik sirtiga qulab tushayotgan jism uning atrofidagi gravitatsion maydonlarning intensivligi katta bo'lganligi tufayli rentgen nurlanishlari hosil bo'lishi kerak. 1997-yilda ba'zi qora tuynuklar o'z atrofidagi fazoni qamrab olib aylanma harakat qilishi isbot qilindi.

Qora tuynuk biror chegara bilan o'rab olingan, Uning ichidagi mavjud har qanday massa shubhasiz uning tomonidan yutiladi. Chegarasining o'lchamlari qora tuynukning aylanish tezligiga bog'liq. Agar chegarada materiya qanday tezlik bilan aylanayotganini bilsak, bu tezlikni hisoblash mumkin. Rentgen nurlanishini qayt qiluvchi yuldoshlardan kelayotgan axborotni ishlab chiqib Shuang Nan Sang va uning safdoshlari Samon yo'lida massasi uch Quyosh massasidan o'ttiz Quyosh massasigacha bo'lgan 12ta qora tuynuk bor ekanligi to'g'risidagi xulosaga kelishgan. Ulardan ba'zilari juda sekinlik bilan aylanadi, ayrimlari butunlay harakatsizdir. Biroq ikkitasi o'z o'qi atrofida misli ko'rilmagan katta tezlik bilan aylanadi.

“Qora tuynuk”ning aylanishini o’rganib - deb yozadi Baltimorlik astrofizik Mario Liviou o’z yashash davri davomida qancha materiyani yutushga ulgurdi va oqim o’qi ko’rinishida ajratgan modda miqdori aylanish impul’si bilan qanday bog’lanishda ekanligini aniqlash mumkun.

Sang bizning Galaktikamizda kuzatilgan bu ikki tez aylanuvchi qora tuynuklar o’z atrofiga yuqori chastotali zarrachalar oqimini tarqatadi. Oqimlar ham qora tuynukning o’zi kabi taxminan o’shanday tezlik bilan aylanadi. Aniq o’lchashlar vixr materiyasi qora tuynukda yo’q bo’lib ketish oldidan uning qanday tezlik bilan aylanayotganini aniqlashga imkon beradi. Undan tashqari olimlar u ikkita ob’ektlarning rentgen nurlanishi intensivligining tebranishini aniqlaganlar. 1997-yilning oxiridagi kuzatishlar qiziq hodisaning yuz berishini aniqladi. Gaz va chang zarrachalari pranssiya deb atalovchi ikki qora tuynuk atrofida davriy harakatga kirar ekan. Bu degan so’z zarrachalarning harakatlanish vixr o’qi bir joyda turmaydi, balki o’z navbatida boshqa o’q atrofida aylanadi.

Qora tuynuklar qanday hosil bo’ladi. Qora tuynuklarni bevosita kuzatib bo’lmaydi, biroq astronomlar yuldosh yulduzga gaz otilib chiqayotganda ularning mavjudligini isbot qila oldilar. Agar dinamit kiritilsa, portlovchi moddaning mayda bo’laklari yaqin turgan ob’ektlarga uchib kiradi va shu tariqa amalga oshirilgan portlash haqida isbotlovchi dalil qoladi. Astronomlar yulduzda shunga o’xshash qora tuynuk atrofida orbita bo’ylab harakatlanuvchi jismini aniqladilar. Qaralayotgan qora tuynuk o’tmishda yulduz bo’lgan va u shunchalik kuchli emirilganki, hatto uning gravitatsion kuchini yorug’lik ham engi olmaydi. Natijada portlash tufayli o’ta yangi yulduz hosil bo’ladi. Astronomlar bu vaqtga kelib o’ta yangi yulduzlarning portlashini va ylar o’rnida qora dog’larni kuzatdilar, va ular olimarning fikricha, qora tuynuk bo’lib hisoblanadi. Yangi kashfiyot bir hodisaning boshqa real hodisa bilan bog’liqligini isbotlovchi dalil bo’lib hisoblanadi.

Qora tuynuklarni bevosita ko’rishni iloji yo’q, biroq ularni yuzaga kelishini ular gravitatsion maydonning yaqindagi osmon jismlariga ta’siridan bilish mumkin. “Yulduz – qora tuynuk” sistemasi GRO I 1655-40 belgisi ostida bizning Somon yo’li galaktikamizda taxminan 10 yorug’lik yo’li masofada joylashgan.

1994-yilda kuzatilgan hodisa astronomlarning diqqatini kuchli roentgen nurlari va radio to’lqinlar otilib chiqishi turtdi, chunki qora tuynuk o’zidan 7.4 mln mil masofada joylashgan yuldosh yulduzga gaz chiqarib turadi. Ispaniyalik va Amerikalik tadqiqotchilar yuldosh yulduzga u (qora tuynukning shakillanish jarayoniga guvoh bo’luvchi) biror iz qoldiradimi degan mulohaza asosida katta e’tibor bilan qaray boshladilar.

Yulduz o'lchamiga ega qora tuynuklar vodorod yoqilg'isini sarflab bo'lib, o'z o'lchamlarini shunchalik kichraytirgan katta yulduzlar hisoblanadi. Hozirgacha tushunib bo'lmaydigan sabablarga ko'ra, so'nayotgan yulduz portlashdan ilgari o'ta yangi yulduzga ko'chadi. 1994 yilning avgust va sentyabrida GRO J1655-40 sistemasi ustidan o'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, u yerda qora tuynuk mavjudligini isbotlaydigan tezligi yorug'lik tezligining 92% ini tashkil etadigan otilib chiquvchi gaz oqimi ajralayotganini qayd etdi. Agar olimlar xato qilmasalar portlayotgan yulduzlarning ushbu qismi quyoshdan 25-40 marta katta bo'lib yashayotgan yo'ldoshlarga aylanadi. Astronomlar kuzatgan dalillar aynan shu dalillardir. Yo'ldosh-yulduzning atmosferasi odatfagidan ko'ra, super yangi yulduz hosil bo'layotganda multimilliard gradus haroratlarda hosil bo'ladigan yuqori konsentratsiyali kislarod, magniy va oltingugurt – og'ir elementlarga boy bo'ladi.

Shuning o'zi ba'zi qora tuynuklar dastlab o'ta yangi yulduzlar sifatida yuzaga keladi degan nazariyaning to'g'ri ekanligini isbotlovchi birinchi dalil hisoblanadi, chunki astronomlar kuzatayotgan narsalar yulduz tomonidan tug'ilmaydi.

Qora tuynuk qanday topiladi? Ma'lumki, qora tuynuklarni bevosita oddiy kuzatishlar orqali topib bo'lmaydi, ularning mavjudligini kuchli rentgen nurlanishi va ularning boshqa ob'ektlarga ko'rsatadigan qudratli ta'siri tufayli ko'rsatiladi.

Teleskopda faqat bitta yulduz bo'lib ko'rinuvchi ikkilangan yulduzni kuzatishlar shuni ko'rsatadiki, uning ko'rinmaydigan safdoshi qora tuynukdir. Bu juft yulduzlar bir-biriga shunchalik yaqin joylashganki, ko'rinmaydigam massa ko'rinadigan yulduz moddasini "so'rib" oladi va uni yutadi. Ba'zi hollarda yulduzning ko'rinmaydigan sherigi atrofida aylanish vaqtini va ungacha bo'lgan masofani aniqlashga muvaffaq bo'linadi. Bu esa yashirin massani hisoblashga imkon beradi. Shunday juft modelga birinchi nomzod sifatida yetmishinchi yillarning boshida topilgan ob'ektlarni ko'rsatish mumkin. U oqqush tumanligida joylashgan va rentgen nurlari chiqaradi. Bu yerda qaynoq havorang yulduz aylanadi va u massasi 16 quyosh massasiga teng bo'lgan qora tuynuk hisoblanadi.

Ikkinchi sherigi (V404) ko'rinmaydigan 12 quyosh massasiga ega. Yana bitta gumon qilinayotgan (LMCX3) rentgen nurlanish manbai to'qqiz quyosh massasiga teng massali juftlik katta Magellan bulutida joylashgan. Bu holatlarning xammasi Jon Mishelning "Qora yulduzlar" degan mulohazalarida yaxshi tushuntirilgan. 1783 yilda u "Agar nur sochayotgan jism biror ko'rinmaydigan jism atrofida aylanayotgan bo'lsa, biz aylanayotgan jismning harakatidan aniq ehtimollik bo'yicha markaziy jism mavjud ekanligi aytish holatida bo'lishimiz kerak" deb yozgan edi. Ikki italyan astronomlari Lundgen Stella va Mario Viertrilar RXTE yo'ldoshdan olingan natijalarga asoslanib, neytpost yulduz atrofida fazoning egrilanishini juda zaif bo'lsada, ochdilar.

“Gravity Probe B” deb nomlanuvchi yo’ldosh yordamida umumiy nisbiylik nazariyasi effektlarini tekshirish uchun 2000 yilda unga start berilgan.

Bizning galaktikamiz markaziy sohalaridagi harakatning parametrlarini o’lchash 1992 yildan 1998 yilgacha Germaniyadagi Maks Planj nomidagi Yer tashqi fizika instituti xodimlari tomonidan A.Ekart rahbarligida olib borildi.

Ular maxsus spektrometr yordamida 200 ta yulduzning harakatlanish tezligini aniqladilar. Bunga ko’ra, ilgari “qora tuynuklar” qatoriga kiritilgan ninachi A ob’ektga yaqin bo’lgan yulduzlar eng katta tezlikka ega ekanlar. Undan besh yorug’lik sutkasi uzoqlikdagi yulduzlar markaz atrofida 100km/s tezlik bilan harakatlanar ekan. Hisoblashlar ko’rsatadiki, yulduzlarning bunday harakati Galaktika yadrosida massasi 2.6 mln quyosh massasiga, zichligi esa bir yorug’lik yili kubiga 2 trln quyoshni tiqqanda hosil bo’ladigan zichlikda kuzatilishi mumkin. Bunday xususiyatga faqat ta’sir sferasiga bir necha million yil davomida tushayotgan hamma materiyani yutuvchi “qora tuynuk” gina ega bo’lishi mumkin.

Shunga o’xshash natijalar to’g’risida 1998 yilda Vashingtonda Amerika astronomiya jamiyatida o’tkazilgan konferensiyada A.M.Geiz axborot beradi. U o’z shogirdlari bilan birgalikda A.Ekart kabi chastotaning infraqizil diapazoni (2 mkm) da, biroq qudratliroq diametri 10 metr bo’lgan Kek nomli teleskopda Mauna- Kea tog’larida (Gavay orollarida) ilmiy kuzatishlar olib bordi. Ularning ko’rsatishicha, Galaktika markaziga nemis astronomlari kuzatgan yulduzlarga nisbatan ikki marta yaqin joylashgan yulduzlar 3000km/s tezlik bilan harakatlanar ekan. Geizning fikricha, yulduzlarga bunday tezlikni faqat massasi 2.7 mln quyosh massasiga teng “qora tuynuk” gina berar ekan. Shunday qilib, bizning Galaktikamiz markazida ham ulkan “qora tuynuk” joylashgan ekan.

Bir necha yil avval bir guruh amerikalik va yaponiyalik astronomlar “Gonchix Psov” tumanligida joylashgan M106 spiral tumanligida o’z teleskoplarini yo’llashdi. Bu galaktika bizdan 20 mln yorug’lik yili masofada joylashgan, biroq uni havaskor teleskop yordanida ham ko’rish mumkin. Ko’pchilik uni minglab boshqa galaktikalarga o’xshash deb hisoblashadi. Diqqat bilan o’rganilganda M106 tumanligida kam uchraydigan xususiyat-uning markaziy qismida tabiiy kvant generator – mazer mavjud ekan. Bu molekulalari tashqi “nakachka” tufayli mikroto’lqin sohada radioto’lqinlar tarqatuvchi gaz bulutlari ekan.

Mazer o’zining qayerda joylashganini va bulutning tezligini va umuman boshqa osmon jismlarning harakatlanish tezligini aniq aytib beradi. Yaponiyalik astronom mokoto Mionis va uning safdoshlari M106 tumanligini tekshirish vaqtida uning kosmik mazerida g’aroyib o’zgarishni topdilar. Bulut qandaydir markaz atrofida undan 0.5 yorug’lik yili masofada aylanma harakat qilari ekan. Astronomlarni aynan shu aylanma tezlik tashvishga soldi: bulutlarning chetki qatlamlari soatiga to’rt million kilometr ga siljigan. Bu narsa shuni ko’rsatadiki, markazda gigant massa

mujassamlangan. Hisoblashlarga ko'ra u 36 mln quyosh massasiga teng massaga ega. Astronomlar bunday katta miqdordagi materiya kosmik changlar tufayli biz ko'ra olmaydigan yulduzlarning juda zich to'dalari degan fikrga kelib gumonlarga chek qo'yishdi. To'daga kirgan yulduzlar bir-biriga juda yaqin masofada joylashgan. Ular bunday holata bir-biri bilan itarisha boshlandi va yulduz to'dasi tez "to'kilib" ketishi kerak. Bulutlarning aylanib harakatlanishini olimlar qora tuynukning mavjudligi bilan tushuntirishadi, to'g'rirog'i uni atrofidagi hodisani kuzatishadi. Axir qora tuynukning o'zini ko'rib bo'lmaydiku.

Amerikalik olimlar yaqin vaqtlargacha "tinch" deb hisoblangan supermassiv qora tuynuklardan kelayotgan rentgen nurlanishini qayd qilishga muvaffaq bo'lishdi. Bu tuynuklar eng massiv galaktikalarning eng markazida mavjud bo'lib, siqilgan bo'ladi. Supermassiv qora tuynuklarning kichik foizi kuchli roentgen nurlanish oqimini chiqaradi. (faol galaktik yadro sifatida ma'lum) Shu bilan birga massiv qora tuynuklarning juda katta qismi roentgen nurlanishi chiqarmaydi. Keyingi kuzatishlar shuni ko'rsatadiki, tinch supermassiv qora tuynuklar ham roentgen nurlanishiga ega, biroq ular faol galaktik yadro nurlanishiga nisbatan juda kichik bo'ladi.

Yangi natijalar shunda umid qilishga undaydiki, supermassiv qora tuynuklar hamma galaktikalarda, shu jumladan bizning galaktikada xam mavjud bo'lib, ular koinotning paydo bo'lish masalasida kalit vazifasini o'tash mumkin.

Xabli yangi kosmik spektrgrafi yordamida olimgan rasmda M84 galaktika markazida joylashgan yuqori massiv qora tuynuk tasvirlangan. Gravitatsiya qora tuynuk atrofida hatto yorug'lik unit tark etishga qo'ymaganiga qaramay, uning namoyon bo'lganini qora tuynuk sirtiga yulduzlararo modda katta tezlanish bilan spiral bo'ylab tushayotgani orqali kuzatish mumkin. Uning tezligi taxminan 380 km/s bo'lib, bizdan 50 000000 yorug'lik yili narida bo'lgan Devlar yulduz to'plamlari galaktikalarning klasterida joylashgan M84 galaktika markazidan 26 yorug'lik yili masofada ekanligini Doppler effekti yordamida aniqlangan. STIS natijalarining ko'rsatishicha, spektrning binafsha qismiga siljigan va bizga qarab harakatlanayotgan gaz nurlanishi rasmning markazidan o'ng tomonga qizil sohaga siljish orqali moddaning galaktika diski markazi atrofida tez aylanayotganini ko'rsatadi. Natijada biz qora tuynukning S-ko'rinishidagi shaklini ko'ramiz. Uning massasi 300 000000 quyosh massasidan kam emas.

Umumiy nisbiylik nazariyasining ko'rsatishicha, massa fazoni egrilaydi. Eynshteyn ishlarini chop etgandan 4 yil keyin bu effekt astronomlar tomonidan topilgan edi. Quyoshning to'la tutilishi vaqtida astronomlar teleskop yordamida kuzatishlar olib borib haqiqatan ham quyoshning yonuvchi qora oy diskining cheti bilan yopilgan yulduzni kuzatdilar. Quyosh gravitatsiyasi ta'sirida yulduzning tasviri siljigan. Bu yerda o'lchashlarning aniqligi hayron qoldiradi, chunki, ular

gradusning mingdab bir bo'lagiga siljigan. Astronomlar enfi "tortishish linzasi" sifatida bo'lgan og'ir yulduzlar, qora tuynuklar ta'sirida bo'lgan osmon jismlarining real o'rinlari yerda ko'rinadigan o'rnidan farq qilishini anglab yetdilar. Uzoqdagi galaktikalar ulardan yerga kelayotgan yorug'lik ko'p "tortishish linzalari" ning ta'sirida shakli o'zgargan va ravshanligi o'zinikidan yorqinroq bo'lib ko'rinadi. Ayrim og'ir ob'ekt yaqinidan o'tayotgan nur bo'linadi va yerdagi kuzatuvchi bitta ob'ektning ko'plab tasvirlarini ko'radi yoki ular bitta halqa bo'lib ko'rinadi.

Kompyuterda modellashtirish shuni ko'rsatadiki, masalan "qora tuynuk " atrofida aylanaotgan gaz diskining chaqnashi uning "kapsulasi" orqasidan xan ko'rinadi. Umuman mumkin bo'lmaydigan holatni tasavvur etsak, biror jasur kosmanavt o'z kosmik kemasini qora tuynuk sirlarini o'rganish uchun unga qarab yo'naltirayotgan bo'lsin. U bunday fantastik safar vaqtida nimani ko'radi?

Mo'ljalga yaqinlashgan sari kosmik kemadagi soat orqada qola boshlaydi. –Bu nisbiylik nazariyasidan kelib chiqadi. Mo'ljalga yaqin uchib kelgan kosmanavt guyo qora tuynukni o'rab olgan halqa ichidagi trubaga tushib qolgandek bo'ladi,biroq unga aylana bo'ylab emas balki, to'g'ri quvur bo'ylab harakatlangedek tuyuladi. Kosmanavtni yanada hayron qolarli hodisa kutadi: "hodisalar gorizonti" ga tushib va quvur bo'ylab hrakatlanayotib u o'zining orqasini, o'z ensasini ko'radi.

Umumiy nisbiylik nazriyasi "tashqari" va "ichkari" tushunchalari ob'ektiv ma'noga ega emas, ular "chap" yoki "o'ng" , "yuqori" yoki "past" singari nisbiy ma'noga ega bo'lib qoladi, deb uqtiradi. Kema qora tuynuk chegarasini kesib o'tgan vaqtdayoq, yerdagi odamlar u yerda nima bo'layotganini ko'ra olmaydilar. Kemada esa soatlar to'xtaydi, hamma ranglar qizil rang tomonga siljiydi: yorug'lik gravitatsiya bilan kurash vaqtida bir qism energiyasini yo'qotadi.

Hamma predmetlar qiziq egrilangan ko'rinishini oladi. Agar bu qora tuynuk bizning quyoshdan ikki marta og'ir bo'lsa, tortishish shunchalik kuchli bo'ladiki, kema va uning kapitani ipga osilgan va u tezda uzilib ketadi. Qora tuynuk ichiga tushgan materiya uning markaziga yo'nalgan kuchga qarshilik ko'rsata olmaydi. Ehtimol materiya yemiriladi va singulyar holatga o'tadi. Ba'zi tasavvurlarga ko'ra, bu yemirilgan materiya qandaydir boshqa koinotning qismi bo'lib qoladi. Qora tuynuklar bizning koinotni boshqa dunyo bilan bog'laydi.

Qora tuynuk o'z atrofida gigant modda miqdorini yutadi: har minutda bizning yer shariga teng massa yutiladi. Biroq qora tuynuk ichida yo'qolib ketishdan oldin materiya vannaga tushayotgan suv kabi vixirlanadi. Uning oqimi tez aylanadi, chunki uning zarrachalari bir-biriga kuchli urila boshlaydi, ularning harorati millionlab selsiy gradusga qiziydi. Zarrachalarning to'qnashishi tufayli yerdagi astrofiziklar payqab oladigan rentgen nurlanishi hosil bo'ladi. Bu yerda aytib o'tilgan kosmik jarayonlar hozirgi vaqtda juda kam ro'y beradi. Qariyb

hamma rentgen nurlanishlari uzoq o'tmishdan yulduzlar hosil bo'lishi kuchli bo'layotgan zamonlardan kelmoqda. Biroq bu vaqtgacha allaqachon qora tuynuklar mavjud edi.

1998-yilning fevralida "astronomik xabarlar" jurnalida qora tuynuklarning "eng katta ishtahasi" vaqtini aniqlashga doir maqola paydo bo'ldi. Hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, ular shunday ishtahaga ko'pchilik gaz sharlari siqilib ravshan yulduzlarga aylanish oldidan ega bo'lar ekan. U vaqtlarda qora tuynuklar haqiqiy ulkan yutuvchanligi bilan ajralib turgan. Binobarin qora tuynuklar bizning koinotni yuzaga keltirgan birlamchi portlashdan keyin tezda paydo bo'lgan va birinchi yulduzlar yuzaga kelishdan avval hosil bo'lgan deb taxmin qilinadi. Ko'p narsa ushbu o'ta massivli qora tuynuklar milliardlab quyoshlarni birlashtirgan gallaktikalarning yadrosi bo'lib qolgani to'g'risida aytiladi. Agar bu gepoteza vaqt davomida tog'riligi isbotlansa, u hozirgi vaqtda boshlang'ich olamning paydo bo'lishi haqidagi qabul qilingan modelning o'zgartirishiga majbur qiladi.

Qora tuynuklar boshqa yulduzlarda bo'lmagan neytron yulduzlarga o'xshash ekzotik xususiyatlarga ega. Eng avvalo ular ko'rinmaydigan yulduzlardir. Jismni ko'rish uchun undan bizga yorug'lik kelayotgan bo'lishi kerak. Agar jism ko'rinadigan nurlarda ko'rinmasa, u vaqtda boshqa nurlanishlar: infraqizil, rentgen nurlanish, radionurlanishlar qayd qilish imkoniyatiga ega bo'lish kerak. Qora tuynuklar deb ataluvchi o'ta zich yulduzlar ularni o'rab olgan atrof fazoga hech qanday nurlanish tarqatmaydi. O'z- o'zidan bu juda qiziq hodisa. Chunki ma'lum massa va haroratga ega bo'lgan ob'ekt qandaydir nurlar chiqarishi kerak. Buning ustiga qora tuynuklarning harorati milliardlab gradusga yetishi mumkin. Bunday holatni fransuz matematigi va astronomi P. Laplas o'zining 1795 yilda chop etgan "Dunyo tizimining bayoni" degan asarida tushuntirgan.

Agar jism qaralayotgan kosmik ob'ektdan ajralmoqchi bo'lsa, shu ob'ekt massasiga tegishli aniq qiymatga ega bo'lgan tezlik (birinchi kosmik tezlik) bilan harakatlanishi kerak. Agar ob'ektning massasi juda katta bo'lsa, undan ajralish uchun jism yorug'lik tezligi bilan harakatlanishi kerak. Raqamlar quyidagilarni ko'rsatadi. Yerdan birinchi kosmik tezlik 7.2 km/s, oyda- 2.4 km/s, yupiter sirtida 61 va quyoshda- 620 km/s ga teng. Neytron yulduzda yorug'lik tezligining yarmiga (150000 km/s) teng tezlik bilan harakatlanishi kerak. Shunday qilib yulduz massasi yana ham katta bo'lsa, u holda birinchi kosmik tezlik yorug'lik tezligidan katta bo'lishi kerak. Bu muhokamalar ham jismlarga, ham fotonlarga, ya'ni yorug'likka ham bir tarzda tegishli. Agar yulduz massasi shunday bo'lsaki, uning uchun birinchi kosmik tezlik yorug'lik tezligidan katta bo'lsa, u vaqtda bu yulduzda yorug'lik chiqa olmaydi, undan ajrala olmaydi,

chunki, yorug'lik tezligidan katta tezlik tabiatda yo'q. Laplas bu osmon jismining massasi qanchaga teng bo'lishini hisoblab topdi. U nur chiqarayotgan yulduz yerning zichligiga teng zichlikka ega bo'lib, diametri quyosh diametridan 250 marta katta bo'lganda uning tortishish kuchidan birorta ham yorug'lik bizga yetib kela olmaydi. Shunga ko'ra, koinotdagi eng katta osmon jismlari ko'rinmaydigan bo'lib qolishi mumkin. Demak, qora tuynukning birinchi va ekzotik xossasi uning ochilishidan 150 yil ilgari tushuntirilganidek tuyuladi. Biroq, bu ham shunday ham shunday emas. Bunday katta gravitatsion kuchlar bo'lganda hodisani Nyuton tenglamalari bilan emas, balki, Eynshteynning tortishish nazariyasi bilan tushuntirish kerak. Shuning uchun Laplasning kosmik mexanikaga asoslangan hisoblashlari noto'g'ridir. Shunga qaramasdan, qora tuynuk hosil qilish uchun yulduz massasi va o'lchamlarini to'g'ri hisoblab chiqargan. Bu holda Eynshteynning tortishish nazariyasi uchun qo'llaniladigan formulalar Nyuton nazariyasidagi formulalar bilan mos tushadi.

Qora tuynuklarning hamma xossalari umumiy nisbiylik nazariyasiga kiruvchi Eynshteynning tortishish nazariyasidan olinishi mumkin. Yulduz siqilishi bilan, massasi o'zgarmagan holda uning radiusi kamayadi, tortishish kuchi osha boradi. Radius nolga teng bo'lsa, tortishish kuch cheksizlikkacha oshadi. Bu Nyutonning tortishish nazariyasidan kelib chiqadi. Eynshteyn nazariyasi bo'yicha tortishish kuchi radius nolgacha kamayishidan oldin cheksiz qiymatga erishadi. Ya'ni u radius kamayishi tezligiga ko'ra tezroq osha boradi. Tortishish kuchi cheksiz qiymatga intiluvchi radiusiga gravitatsion radius deb ataladi. Jism massasi qancha kichik bo'lsa, uning gravitatsion radiusi shuncha kichik bo'ladi. Masalan bizning yer uchun u 1 santimetr ga, quyosh uchun 3 km ga teng. Bu nazariyalar orasidagi farq katta bo'lganda, Eynshteynning tortishish nazariyasini qo'llashga hojat yo'q.

Eynshteynning nisbiylik nazariyasi gravitatsion kuchlar bilan vaqtning o'tishi va fazoning geometrik xossalari orasida bog'lanish o'rnatadi. Unga ko'ra, kuchli gravitatsion maydonda vaqt gravitatsiya kuchlari kichik bo'lgandagiga ko'ra, sekin o'tadi. Yerga yaqin joyda vaqt uzoq kosmosdagiga ko'ra, milliarddan bir qismga sekinroq o'tadi. Biz buni sezmasligimiz tushunarli.

Agar yulduzning massasi juda katta va radiusi shuncha kichik bo'lsa, ya'ni gravitatsion radiusga yaqin bo'lsa, buni darrov payqash mumkin. Biroq gravitatsion kuchlar bilan nafaqat vaqt, balki, fazo ham bog'langan. Nisbiylik nazariyasiga ko'ra, fazo gravitatsion maydonda egrilanadi. Maydon qancha kuchli bo'lsa, egrilanish ham shuncha katta bo'ladi. Bunga quyidagicha misol keltirish mumkin. Fazoda yupqa yirtilmaydigan rezinadan ideal tekis parda yasaladi. Unga metall shar (qora tuynuk) tushuriladi va uning og'irligi

ta'sirida parda egrilanadi. Fazoning massiv qora tuynukning gravitatsion maydon, ta'sirida egrilanishini shunday tasvirlanadi. Shuni aytish kerakki, vaqt sekinlashishi o'lganganligidek kuchli gravitatsion maydon yaqinida fazoning egrilanishi ham o'lgangan. Nisbiylik nazariyasidan shu paytgacha mavjud mutlaq vaqt va mutlaq fazo tushunchalari ular gravitatsion maydon orqali o'zaro bog'langani uchun bitta fazo vaqt tushunchasiga birlashtirilgan.

Gravitatsion maydonning qiymati Eynshteynning nisbiylik nazariyasi tenglamalari bo'yicha nazariya 1915 yilda chop etilgandan bir oy o'tib nemis astronomi va matematigi K. Shvarsshild tomonidan hisoblangan. Shundan boshlab ushbu radius uning nomini olgan. Shvarsshild Nyuton tenglamalarining aylanmaydigan sferik jism va qora tuynukning asosiy xossalari uchun yechimini olgan. Gravitatsion kuchlar yulduzni siqar ekan, hali uning radiusi Shvarsshild radiusidan katta bo'lganda gravitatsion kuchlarga qarshi yulduzning ichki bosim kuchi qarshilik ko'rsatadi. Agar uning radiusi gravitatsion radiusgacha kamaysa, bu kuchlar yulduzni siqayotgan gravitatsion kuchlarga qarshilik qila olmaydi. Fiziklar relyativistik kollaps deb ataluvchi yulduz moddasining siqilishi ro'y beradi. Xususan, qora tuynuklar ham uzoq vaqt kollaps deb aytilib kelindi va faqat oltmishinchi yillarning oxirida Amerikalik fizik D. Uiler tomonidan shunday deb atala boshlandi. Agar yulduzni yoki sayyorani biror usul bilan uning gravitatsion radiusigacha siqilsa, u holda boshqa kuch qo'shilmasa ham bo'ladi – u o'z-o'ziga kollapslanadi va qora tuynukka aylanadi. Buning uchun ko'p emas, masalan quyoshni 3 km radiusigacha siqish keek.

Relyativistik gravitatsion kollapsning umumiy nisbiylik nazariyasi tenglamalari uchun aniq hisoblashlari 1939 yilda Amerikalik olimlar R. Oppengeymer va G. Volkovlar tomonidan bajarilgan. Bu qora tuynuk mavjudliginng aniq va nazariy jihatdan asoslangan xulosasi edi. Shvarsshild ham, Laplas ham, qora tuynukning hamma xossalari bilan mavjud ekanligini aytib bera olmaganlar.

Qora tuynukning chegarasi bo'lib Shvarsshild radiusli sfera hisoblanadi. Nurlanayotgan jism bu chegaraga qancha yaqinlashib kelsa, unga gravitatsion kuchlar shuncha kuchli ta'sir etadi. Nafaqat unga balki, nurlanishga ham ta'sir qiladi. Bu nurlanishni tashkil etuvchi fotonlar qora tuynukning gravitatsion kuchlari ta'sirida o'z energiyasini kamaytiradi. Ularning bir qism energiyasi bu kuchlarga qarshi kurashga sarflanadi. Foton energiyasining kamayishi uning chastotasini kamayishini bildiradi. Boshqacha so'z bilan aytganda, nurlanish chastotasi ko'rish nurlanish spektrining qizil tomoniga siljiydi, bunga nurlanish "qizaradi" deb aytishadi. Agar fotonlarga biror kishi energiya qo'shsa, u "binafshalanar" edi. Biz bilamizki, nurlanishning qizarishi dopler effekti ta'sirida yuz beradi.

3- mavzu. Chandrasekar va Opegeymer-Volkov chegaralari. Neytron yulduz va oq mittilar. Neytron yulduzlarning magnit maydoni. Akkretsiyon disk. Qora o‘raning nurlanishi. Qora o‘ra termodinamikasi. Qora o‘ra tasviri. Gravitatsion to‘lqinlar. Ko‘p kanalli astronomiya. O‘ta massiv qora o‘ralar.

Chandrasekar chegarasi. Yulduzlarning fizik xarakteristikalarini, ichki tuzilishini va kimyoviy tarkibini vaqt bo‘yicha o‘zgarishi yulduzni evolyusiyasi yoki rivojlanish jarayonida o‘zgarishi deb ataladi. Statsionarholatdagi yulduzbugidrostatik (gravitatsion kuch ichki bosim kuchiga teng) va energetik (atrofga sochilayotgan nuriy energiya yulduz o‘zagida ajralayotgan energiyaga teng) muvozanatdagi gaz (plazma) shar. Yulduzni «tug‘ilishi» bu atrof fazoga sochilayotgan energiyasini o‘zining ichki energiya manbain isobiga to‘ldirib turuvchi gidrostatik muvozanatdagi ob’ektning hosil bo‘lishidir. Yulduzni «o‘lishi» bu tiklanmaydigan muvozanatni buzilishi yoki uni halokatli holatda siqilishidir.

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

Yulduzning evolyusiyasi boshidan oxirigacha kuzatib bo‘lmaydigan juda uzoq davom etadigan jarayon. Shuning uchun, yulduz evolyusiyasini tekshirishda har xil massaga ega yulduzlarning ichki tuzilishi va kimyoviy tarkibini vaqt bo‘yicha o‘zgarishini namoyish etuvchi evolyusion modellarni tuzish usuli qo‘llaniladi. Bu evolyusion modellar kuzatish natijalari, masalan, harxil evolyusiya bosqichidagi ko‘plab yulduzlarning yorqinligi bilan temperaturasini bog‘lovchi Gershprung-Rassel diagrammasi bilan solishtiriladi va bu yulduzni evolyusion ketma-ketlikda o‘rnini aniqlashga yordam beradi. Bu usul yulduz to‘dalari (tarqoq va sharsimon) uchun qo‘llanilganda ayniqsa yaxshi natija beradi. Chunki to‘da a‘zolari bir vaqtda bir xil kimyoviy tarkibdagi tumanlikdan hosil bo‘lganlar.

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

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

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

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

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

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

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

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

Ko'pchilik yulduzlar Quyosh singari tabiatga ega. Chunki ularning spektri Quyoshnikiga o'xshash qora (yutilish, absorpsion) chiziqlar bilan kesilgan tutash (uzluksiz) spektrdan iborat. Past dispersiyali spektrga bir qarashdan hosil bo'lgan bu o'xshashlik yuqori dispersiyalilarda yo'qoladi.

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

Yuqorida ko'rganimizdek tutash spektr yulduz (Quyosh)ning fotosfera qatlamining pastki qismlarida chiziqlar esa uning ustiga nisbatan past temperaturaga ega qismlarida hosil bo'lsa, yulduzlarning spektridagi rang baranglik ularning fotosferasidagi fizik sharoitni turlichaligi bilan bog'liq degan xulosaga kelamiz. Spektri Quyoshniki singari bo'lgan yulduzlar normal yoki statsionar yulduzlar deb ataladi. Bunday yulduzlarni yorug'ligi deyarli ($\approx 0.1\%$) o'zgarmaydi. Demak, ularning (T) temperaturasi va radiusi (R) deyarli o'zgarmaydi, yulduzning ichki va tashqi qatlamlari termodinamik muvozanatda.

Ayrim yulduzlar spektrida keng emission (yorug') chiziqlar boshqalarinikida yutilish chiziq bilan birgalikda, uni yonida yoki ustida shu atomga tegishli emission chiziq ham kuzatiladi. Uchinchi turdagi yulduzlar yorug'ligi bilan

birgalikda spektrini o'zgartirib turadi. Bunday yulduzlar nostatsionar yulduzlar deyiladi. Ularni o'rganishga o'tishdan oldin statsionar yulduzlarni fizik xususiyatlari bilan tanishib chiqamiz.

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

Oysiz tunda ochiq osmonda biz minglab har xil yorqinlikdagi yulduzlarni, shuningdek, Somon Yo'lining uzun yorug' bulutli tasma-sini ham ko'rishimiz mumkin. (1-rasm). Galiley ilk bor o'zining teleskopida Somon yo'lining son-sanoqsiz alohida yulduzlardan tashkil topganligini kuzatgan. Qariyb bir yarim asr keyinroq (taxminan 1750 yillarda) Tomas Vrayt xozirda biz Galaktika^[2] deb nomlaydigan Somon yo'lini bir tekislikda juda katta masofalarga yoyilib ketgan yulduzlardan iborat yassi disk deb taxmin qildi.



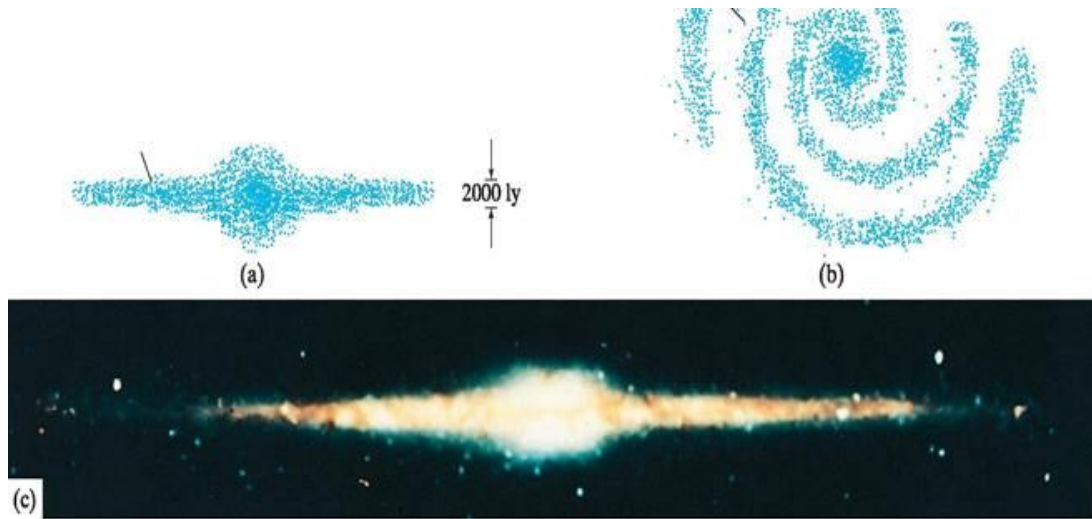
(a)



(b)

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

Bizning Galaktikamiz diametri deyarli 100 ming yoy. va disk qalinligi 2000 yoy.ga teng. U yana markaziy do‘nglik va spiral qo‘llariga ega (2-rasm). Quyoshimiz Galaktika markazidan to chekkasigacha bo‘lgan masofaning o‘rtalarida joylashgan, bu taxminan markazdan 26000 yoy ga teng. Bizning Galaktikamiz taxminan 400 milliard yuzduzlardan tashkil topgan. Quyosh Galaktika markazi atrofida har 250 million yilda bir marta aylanib chiqadi va tezligi Galaktika markaziga nisbatan 200km/s. Odatiy materiyasining massasi esa taxminan $4 \cdot 10^{41}$ kg. Yana shunday qat‘iy dalil ham borki, Galaktika massiv ko‘rinmas “Galo” “qorong‘i materiya” bilan o‘ralgan.



2-rasm. Bizning Galaktikamizning tashqi tomondan ko‘rinishi: (a) disk tekisligida "yondan ko‘rinishi"; (b) "ust ko‘rinishi". (Tashqi tomondan ko‘rinishi- agar buni iloji bo‘lganida huddi shunday ko‘ringan bo‘lar edi!) (c) Somon yo‘li galaktikasi ichkari tomonidan olingan infraqizil tasvir- Galaktika diski va markaziy do‘nglik ko‘ringan holda. Bu COBE sun‘iy yo‘ldoshidan juda katta burchakda, osmonning deyarli 3600 burchakli qismidan olingan tasvir. Oq nuqtalar qo‘shni yulduzlardir.

Bundan tashqari, agar biz tungi ochiq osmonni teleskop yordamida kuzatsak, Somon Yo‘lining ichidagi va tashqarisidagi yulduzlar “nebula” (Lotin tilidan “bulut”) deb ataladigan yorug‘ bulutlarni ko‘rishimiz mumkin. Oddiy ko‘z bilan ochiq osmonni kuzatganimizda, ularning ko‘pchiligi Andromeda va Orion deb ataluvchi yulduz turkumiga kiruvchi tumanliklarni ko‘rishimiz mumkin. Ba’zi yulduz turkumlari va guruhleri ko‘p sonli yulduzlardan iborat bulutga o‘xshab ko‘rinadi (3-rasm). Boshqalari qizigan gaz yoki chang va bularni biz asosan nebula deb ataymiz.



3-rasm. Herkules yulduz turkumida joylashgan sharsimon yulduz klasteri

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



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



5-rasm. Galaktikalarning rasmlari, (a) Hidra yulduzlar turkumlaridagi spiral galaktikalar, (b) Ikkita galaktika: kattaroq va dramatikrog'i mashxur Virpul galaktikasi, (c) (b)dagi galaktikaning infraqizil tashviri ("yasama" ranglarda berilgan), bu Yerdagi spiral galaktikaning (b) rasmda ko'rinmay qolgan yengilari ham ko'rsatilgan; har hil ranglar har hil intensivliklarga to'g'ri keladi. Ko'rinuvchi nurlar galarikalararo "changlar" da infraqizil nurlarga nisbatan ko'proq yutiladi va sochiladi, shuning uchun infraqizil nurlar aniqroq tasvir beradi.

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

Nihoyat, uzoq galaktikalar markazlarida o'ta yorqin nuqtaviy yorug'lik manbalar bo'lgan faol galaktika yadrolari (FGYa) ham mavjud. FGYangalarning eng ta'sirchan ko'rinishi yorqinligi katta bo'lgan qvazarlardir ("kvazyiyulduz" yoki "yulduzga o'xshash ob'ektlar"). Ularning yorug'liklari galaktika markazlarida joylashgan gigant qora o'ralar orqali o'tib keladi.

Yulduzlarni aylanishi va magnit maydoni. Quyosh o'z o'qi atrofida aylanadi va uning aylanish tezligi ekvatorida 2 km/s. Quyoshning umumiy magnit maydoni kuchlanganligi 0.5 gs ga teng va u o'zgaruvchan (22 yillik sikl)dir. Yulduzlar ham o'z atrofida aylanishi va uning tezligiga mos ravishda kuchlanganlikka ega o'zgaruvchan magnit maydon hosil qilib turishi kerak. Agar yulduz o'z atrofida aylanayotgan bo'lsa uning bir cheti bizga tomon harakat qilsa qarama-qarishi bizdan uzoqlashadigan harakat qiladi. Demak yulduzning butun gardishi bo'yicha yig'indi nurlanish spektrida chiziqlar doppler effekti tufayli kengaygan bo'ladi. Shuning uchun bir xil sinfga mansub ikkita yulduz chiziqlari farqi ularni o'q atrofida

aylanishi va magnit maydoni bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Haqiqatdan chiziqlar profilini o‘rganish shuni ko‘rsatdiki, O5-G‘0 sinfga mansub bosh ketma-ketlik yulduzlari o‘q atrofida aylanishi ekvatorida 300-400 km/s ga yetishi mumkin. G‘5-M sinfga mansub yulduzlarniki 10 km/s dan oshmaydi. o‘tagigant va gigant O-F yulduzlar bosh ketma-ketlik yulduzlariga nisbatan sekin aylansalar, G-M yulduzlar tez (100 km/s gacha) aylanadilar.

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

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

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

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

$$M_{V,max} = -11.75^m + 2.51gt_3.$$

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

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

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

Ko'plab statsionar yulduzlar spektrini tahlil qilib, ulardagi chiziqlar to'lqin uzunligi va intensivligi har xil ekanligiga ishonch hosil qilish mumkin. Chiziqlarni intensivligiga ko'ra yulduzlarni ma'lum ketma-ketlikda joylashtirish yoki spektral sinflarga ajratish mumkin. Bunday ish birinchi navbatda vodorod ($N_\square, N_\square, N_\square, N_\square$) va geliy ($5875 \text{ \AA}, 6678 \text{ \AA}$) va keyin metal ionlari (N va K Sa II) atomlari (D_1, D_2, Na), molekulalar chiziqlariga nisbatan AQShning Garvard universitetida bajarilgan va u garvard spektral sinflashtirish deb ataladi. 1918-24 yillarda e'lon qilingan va Genri Dreper (ND) katalogi deb ataladigan 9 tomlik jadvalda 225330 yulduzni spektral sinfi belgilangan. Hozirgi kunga kelib jami 500 000 dan ortiq yulduzni spektral sinfi aniqlangan.

Oq mittilar, neytron yulduzlar va qora tuynuklar. Ma'lumki, yulduz energiya zahirasi juda katta bo'lishiga qaramay bu energiya vaqt o'tishi bilan bosqichma-bosqich yaroqsizlashib boradi. Yulduzlar xuddi insonlarga o'hshab yashaydi, qariydi va o'ladi. Ularning yashash vaqti- paydo bo'lganidan to yadro yonilg'i resurslari yulduz bo'lib nur sohib turishiga yetarli bo'lmay qolishigacha bo'lgan vaqtdir. Bu vaqt har bir yulduzning massasiga bog'liqdir. Xususan, eng yaqin yulduz- bu 5 milliard yillardan beri yadro sintezi jarayoni xisobiga xozirda o'zining aktiv bosqichida bo'lgan Quyoshdir va uning yonilg'i zahirasi yana 5 milliard yilga yetadi^[15]. Quyosh o'z yonilg'isini sarflab tugatayotgan bosqichda o'zining gravitatsiyasi hisobidan Yer sayyorasi o'lchamidan katta bo'lmagan o'lchamgacha siqiladi. Bunda u xosil bo'lgan elektron gaz bosimi bilan muvozanatlashgandan so'ng siqilishdan to'htab oq mittiga aylanadi. Massasi Quyosh massasidan 3-5 marta katta bo'lgan Yulduzlar o'z umrini boshqacha- neytron yulduzlarga aylangan holda yakunlaydi, bunda gravitatsiya shunday kuchliki elektronlarni atom yadrosiga joylashtiradi. Endi ichki bosim kuchi elektron

gaz bosimi emas balki neytronlar bosimi xisobiga gravitatsiya kuchlarini muvozanatlaydi va 10 km gacha siqilib boradi.

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

4-mavzu. James Webb va Hubble kosmik teleskoplarining zamonaviy kuzatuvlari va kashfiyotlari. Ekzoplanetalar va zamonaviy kuzatuvlar. Galaktikalar va ularning turlari. Ekzotik yulduzlar: gravostarlar, bozon yulduzlar, kvark yulduzlar. Galaktikalarning shakllanishi. Galaktikalarning turlari. Gravastarlar.

Xabbl kosmik teleskopi (ko'pincha **HST** yoki **Xabbl** deb nomlanadi) — kosmik teleskop bo'lib, u 1990–yilda pastki Yer orbitasiga chiqarilgan va hozir ham ishlamoqda. Bu birinchi kosmik teleskop emas edi, lekin u eng katta va ko'p qirrali teleskoplardan biri bo'lib, muhim tadqiqot vositasi sifatida ham, astronomiya uchun jamoatchilik bilan aloqalar bo'yicha ham mashhurdir. Xabbl teleskopi astronom Edvin Xabbl sharafiga nomlangan va NASAning Buyuk Observatoriyalaridan biri hisoblanadi. Kosmik Teleskop Ilmiy Instituti (STScI) Xabbl maqsadlarini tanlaydi va olingan ma'lumotlarni qayta ishlaydi, Goddard kosmik parvoz markazi (GSFC) esa kosmik kemani boshqaradi.

Xabbl 2.4 m (7 ft 10 in) ga ega oyna va uning beshta asosiy asboblari elektromagnit spektrning ultrabinafsha, ko‘rinadigan va yaqin infraqizil hududlarida kuzatadi. Xabblning Yer atmosferasining buzilishidan tashqaridagi orbitasi unga yerga asoslangan teleskoplarga qaraganda ancha past fon yorug‘ligi bilan juda yuqori aniqlikdagi tasvirlarni olish imkonini beradi. U kosmosni aniq ko‘rish imkonini beruvchi eng yuqori sifatda ko‘rinadigan yorug‘lik tasvirlarini yozib oldi. Xabblning ko‘plab kuzatishlari astrofizikada koinotning kengayish tezligini aniqlash kabi yutuqlarga olib keldi.

Kosmik teleskoplar 1923–yilda taklif qilingan va Xabbl teleskopi 1970–yillarda Amerika Qo‘shma Shtatlari kosmik agentligi NASA tomonidan Yevropa kosmik agentligi hissasi bilan moliyalashtirilgan va qurilgan. U 1983–yilda ishga tushirildi, ammo loyiha texnik kechikishlar, byudjet muammolari va 1986–yildagi *Challenger* falokati bilan bog‘liq edi. Nihoyat, Xabbl 1990–yilda ishga tushirildi, biroq uning asosiy oynasiga qattiq shikast yetgan, natijada sferik aberatsiya teleskopning imkoniyatlarini buzgan. Optika 1993–yilda xizmat ko‘rsatish missiyasi tomonidan kutilgan sifatni bera oldi.

Xabbl kosmonavtlar tomonidan kosmosda saqlash uchun mo‘ljallangan yagona teleskopdir. Beshta Space Shuttle missiyasi teleskopdagi tizimlarni, shu jumladan barcha beshta asosiy asboblarni ta‘mirladi, yangiladi va almashtirdi. Beshinchi missiya dastlab *Kolumbiya*dagi falokatdan keyin (2003–yil) xavfsizlik nuqtai nazaridan bekor qilindi, biroq NASA ma‘muri Michael D. Griffin uni tasdiqlaganidan so‘ng, u 2009–yilda yakunlandi. Teleskop 2020–yil aprel oyida^[1] 30 yillik ish faoliyatini yakunladi va 2030–2040–yillargacha xizmat qilishi kutilmoqda.^[2]

Xabbl Compton Gamma Ray rasadxonasi, Chandra rentgen observatoriyasi va Spitzer kosmik teleskopi (infraqizil diapazonlarni qamrab oluvchi) bilan birga NASAning Buyuk Observatoriyalar dasturining ko‘rinadigan yorug‘lik komponentini tashkil qiladi. Xabbl teleskopining o‘rtadagi IR-dan ko‘rinadigan tarmoqli davomchisi Jeyms Uebb kosmik teleskopi (JWST) bo‘lib, u 2021–yil 25–dekabrda ishga tushirilgan.

2024 yilda NASA‘ning “James Webb” kosmik teleskopi o‘zining navbatdagi tasvirini e‘lon qildi. Unda yulduzlar paydo bo‘ladigan joyning yangicha ko‘rinishi aks etgan.



“Yaratilish ustunlari (Pillars of Creation) Yerdan 6500 yorug‘lik yili uzoqlikda joylashgan. Uning ilk tasviri 1995 va 2014 yillarda NASA‘ning Hubble teleskopida suratga olingandi. “James Webb” olgan yangi tasvir 3-bo‘ladi.

Bu tasvirning oldingilaridan farqi – ustunlar o‘ta batafsil tasvirlangan. Unda zich gaz va chang ichidagi yulduzlarning shakllanish landshafti aks etgan. Tugunlar gaz va chang ustunlari ichida yetarli massaga ega bo‘lgach, o‘zining tortishish kuchi sabab yiqila boshlaydi, asta-sekin qiziydi va natijada yangi yulduzlar hosil bo‘ladi. Tasvirda ustunlar 3 bo‘lakka bo‘lingan va katta tosh qoyalarni eslatadi. Lekin yaxshi o‘tkazuvchanlik xususiyatiga ega.

Yangi tasvir tadqiqotchilarga yulduzlar shakllanishi modellarini qayta ko‘rib chiqishga, yulduzlar qanday hosil bo‘lishiga oid aniqroq tasavvurlarning paydo bo‘lishiga yordam beradi. Bu – koinot hududidagi gaz, chang va yangi shakllangan yulduzlarning aniq miqdorini aniqlash orqali amalga oshadi.

Ma‘lumot uchun, “James Webb” AQSh, Yevropa va Kanada kosmik agentliklari birlashgan loyihasi hisoblanadi. U Hubble kosmik teleskopining yangicha varianti bo‘lib, o‘tgan yilning dekabr oyida koinotga uchirilgan.

Ekzoplanetalar – Quyosh tizimidan tashqarida, boshqa yulduzlar atrofida aylanadigan sirli sayyoralar. Ular o‘zining fizikaviy va kimyoviy xususiyatlari bilan insoniyat uchun koinotni o‘rganishda yangi imkoniyatlar yaratmoqda. Quyida ekzoplanetalar haqidagi eng muhim ma‘lumotlar keltirilgan:

Kashfiyot tarixi

1992-yilda birinchi ekzoplaneta neytron yulduz PSR B1257+12 yonida topilgan.

1995-yilda 51 Pegasi b ekzoplanetasi kashf etildi va bu kashfiyot uchun Michel Mayor va Didier Queloz 2019-yilda Nobel mukofotini oldi.

Bugungi kunga kelib, 7 mingga yaqin ekzoplanetalar aniqlangan, ulardan ayrimlari hayotga mos bo'lishi mumkin.

Ekzoplanetalarni aniqlash usullari

- Tranzit usuli: Sayyora yulduz oldidan o'tganda, yulduz yorqinligi pasayadi. Kepler va TESS teleskoplari minglab sayyoralarni shu usulda aniqlagan.
- Radial tezlik usuli: Sayyora tortish kuchi yulduzning nurlanishida o'zgarish keltirib chiqaradi.
- To'g'ridan-to'g'ri kuzatish: Infraqizil yoki optik nurlanish yordamida sayyora ko'rinadi.
- Gravitatsion mikrolinjalash: Sayyora va yulduzning nuri egilganida aniqlanadi.

Ekzoplanetalar turlari

- Yerga o'xshash sayyoralar: Radiusi va massasi Yernikiga yaqin, hayot uchun mos bo'lish ehtimoli yuqori. *Masalan: Proxima b*.
- Gaz gigantlari: Vodород va geliydan iborat ulkan sayyoralar. *Masalan: HD 209458 b*.
- Super-Yerlar: Yerdan katta, Neptundan kichik sayyoralar. *Masalan: Kepler-452b*.
- Issiq Yupiterlar: O'z yulduziga yaqin joylashgan gaz gigantlari. *Masalan: 51 Pegasi b.

Yashashga mos hudud

Hayot uchun mos bo'lgan "yashash zonasi" – bu yulduz atrofidagi sayyorada suv suyuq holatda mavjud bo'lishi mumkin bo'lgan masofa.

Mashhur ekzoplanetalar

- TRAPPIST-1 tizimi: 7 ta Yer o'lchamidagi sayyoralar, ularning 3 tasi yashash zonasida joylashgan.
- Kepler-452b: "Ikkinchi Yer" deb nomlanadi.
- Proxima Centauri b: Quyosh tizimiga eng yaqin ekzoplaneta.

NASA va ESA loyihalari

Kepler teleskopi: Minglab ekzoplanetalarni aniqladi.

Yangi sayyoralarni topishga mo'ljallangan.

James Webb teleskopi: Ekzoplanetalar atmosferasini o'rganmoqda.

Okean ekzoplanetalari

Okean sayyoralari deyarli to'liq suv bilan qoplangan bo'lib, ular hayot uchun yanada katta imkoniyatlar yaratishi mumkin.

Ekzoplanetalar bizga koinotning sirlarini ochish va Yerga o'xshash hayotga mos sharoitlarni izlash imkoniyatini bermoqda. Sizningcha, insoniyat qachon birinchi ekzoplanetaga qadam bosadi?

Yulduz turkumlari — yulduzlarni topish va belgilashni osonlashtirish uchun osmon gumbazining shartli ravishda ajratilgan qismlari; eng yorqin yulduzlar hosil

qilgan o'ziga xos shakllar. Ular afsonaviy qahramonlar (Mars, Gerkules, Persey, va boshqalar), hayvonlar (Ilon, Katta it va boshqalar) va narsalar (masalan, Mezon, Qalqon va boshqalar)ning nomi bilan atalgan. Yulduz turkumlarining eng yorqin yulduzlari yunon harflari (α , β , γ va boshqalar) bilan belgilanib, bu harflar yoniga yulduz turkumining nomi yoziladi (masalan, Aravakashning α si), ravshanligi pastroq yulduzlar lotin harflari va raqamlari bilan belgilanadi. Butun osmon gumbazi 88 ta yulduz turkumlariga bo'lingan^[1].

Yulduz turkumlarining tarixi. Yulduzlarni turkumlash uzoq o'tmishga borib taqaladi. Qadimda odamlar yulduz turkumlaridan o'zlarining dunyo qarashlari, tajribalari, yaratuvchanligi va hattoki diniy va ma'rifiy ahamiyatga ega bo'lgan afsonalarni o'rganish uchun foydalanishgan. Turli xil madaniyatlar va mamlakatlar o'zlarining yulduz turkumlarini ixtiro qilgan, va shu kabi harakatlar 20-asrning boshlariga qadar ya'ni aniq faktlar asosida yulduz turkumlari yig'ilgunga qadar davom etgan.

O'n ikki (yoki o'n uch) qadimiy yulduz turkumlari burjlar bilan bog'liq bo'lgan (quyosh va oy tutilishini o'z ichiga olib, va kesib o'tuvchi sayyoralar). Burjlarning tarixiy kelib chiqishi hali hanuz noma'lum bo'lib kelmoqda.

Astrofizika osmon jismlarining ichki tuzilishini va fizik xususiyatlarini, yulduz va quyosh energiyasi manbaalarini, yulduzlararo fazodagi diffuz materiyani urganadi. Amaliy astrofizika har xil astrofizik kuzatishlar texnikasini va unga tegishli instrumentlar nazariyasini tekshiradi. Nazariy astrofizika kuzatishlar va fizik qonuniyatlarga asoslanib, yulduzlarning ichki tuzilishlarini va ularning energiya manbalarini, atmosfera tuzilishlarini hamda yulduzlar evolyusiyasini urganadi. yulduzlarni statistik usullar yordamida galaktikadagi yulduzlar va yulduz tudalarining tarqoqligi va harakatini, Galaktika tuzilishini, boshqa Galaktika va Galaktik sistemalar tuzilishini urganadi. Shuningdek, quyosh sistemasidagi sayyoralar sistemasini fizik xususiyatlari va kinematik, dinamik holatlarni urganadi. Olamning asosiy xossalardan biri uning strukturasi bulib, uning ayrim masshtabli elementlari bo'lgan Galaktikalar tuplamining kattaligi million va ba'zan un millionlab yorug'lik yiliga teng. Hozirgi kunda 700 mingga yaqin shu xildagi Galaktikalar tuplami ma'lum. Bizning Galaktikamiz uziga yaqin 7 qo'shni galaktika bilan mayalliy to'dani tashkil etib, u bilan tashqi galaktika tudalari orasidagi ulchami millionlab yorug'lik yiliga teng bo'lgan bo'shliqlar kuzatiladi. Bu boshliqlar atrofni galaktikalar va ular tulamlarining zanjirlari tashkil qiladi. Mazkur zanjirlarni tolalar deb aytiladi. Tolalarning qalinligi 30-35 million yorug'lik yili bilan ulchanadi. Urta hisobda galaktikalarda un milliarddan tortib yuz milliardgacha yulduzlar mavjud. Galaktikalar tashqi ko'rinishga ko'ra asosan 4 turga bulinadi: Elliptik, spiral, linzasimon va notekis buladi.

Hozirgi zamon astrofizikasi eng asosiy yunalishlarga ega bulib u bir necha fanlar majmuasidan iborat. Demak, astrofizikaning o'zi amaliy va nazariy astrofizika bulimlariga bulinadi. Amaliy astrofizika bevosita asbob-uskunalarning rivojlanishi va teleskoplarning qurilishi bilan bog'liqdir. Nazariy astrofizika bo'limi esa tom ma'noda osmon jismlarining nazariy modellarini yaratish va shu modellar asosida ularning tartiblarini o'rganishdan iborat.

Astrofizikaning uzi fan sifatida shakllanishi uchun qator fanlarni ilmiy yutuqlariga tayanib ish ko'radi. Astrofizika fizika tug'ridan-tug'ri astronomiya fanlari bilan bog'liqdir. Astrofizikaning kuchli rivojlanib borishi bugungi kunda biologiya, kosmogoniya, kosmologiya bilan bog'lanib ketdi. U ayniqsa ximiya fanlarning eng so'nggi yutuqlaridan foydalanib ish ko'radigan buldi. Astrofizika fani ayniqsa fizikaning molekular, elektromagnetizm, optika va atom yadro bulimlari bilan uzaro bog'lanib ketganligi bu fanni rivojlanib ketishini asosiy omili hisoblanadi. Olamning yagona fizik manzarasi haqida fikr yuritilar ekan shu narsa aniqki, u albatta atom-yadro va elementar zarrachalar uzaro bog'lanishiga bo'lgan protsesslar bilan bog'liq.

Koinot tabiatning tunganmas kitobidir. Uning sirlarini o'rgangan inson o'z tarixini zamon va kelajagini bilib oladi. Koinot ob'ektlaridan kelayotgan nurlanishni o'rganuvchi asosiy asbob-teleskopdir. Astrofizika va astronomiya amaliyotiga radioelektronika, raketa va yuldosh metodlari keskin kirib kelishiga qaramay optik astronomiya turli tuman bebaho informatsiya berib kelayapti. XVII asrni boshlarigacha koinotni kuzatish faqatgina oddiy ko'z bilan olib borilgan edi. Teleskopni yaratgan birinchi olim Galileo Galiley bo'lgan. Galiley linzalar yordamida qurgan moslamasidan 1609 yilda qator kuzatishlar olib brogan, qator kashfiyotlar qilgan. Dastlabki teleskoplarni linzasining diametri atigi 3 sm bo'lgan va atigi 7 marta kattalashtirgan. Hozirgi zamonaviy teleskoplar juda katta bo'lib texnik jihatdan murakkab tuzilishga egadir. Ularning vazifalar ham hozirgi kunga kelib ancha kengaygan. Hozirgi vaqtda ob'ektivini diametri 12-16 metrgacha bo'lgan teleskoplar mavjud. Bunday teleskoplar Gavana orollarida qurilib, ishga tushirishgan. Kavkaz tog'lari bag'ridagi Zelenchukskaya stansiyasiga joylashgan diametri 6 metrli teleskoplar bugungi kunda tarixga aylandi. Butun dunyo miqyosida astronomik stansiyalar qatori Uzbekistondagi astronomik stansiyalarda teleskoplar qurilgan. Binobarin Toshkent shahridagi Astronomiya institutidagi teleskoplar, Qashqadaryo viloyati Qamashi baland tog'idagi AZT-22 kabi teleskoplar fikrimiz dalilidir.

Klassik fizika tushunchasi buyicha nurlanish bu elektromagnit maydoni tebranishidir. Har bir jism harakatga ega bo'lsa, atrofiga nur tarqatadi. Nur to'lqin uzunligi λ , chastotasi ν bilan tasvirlanadi. Nur juda katta tezlik bilan tarqaladi. Nurning ushbu λ va ν parametrlari quyidagicha bog'lanadi:

$$S = \lambda / v \quad (1)$$

Koinotdan keladigan nurlarning chastosasi va to'liq uzunligi har xil buladi. To'liq uzunligiga mos ravishda E- energiya ham turlicha bo'ladi. Tulqin uzunligi $\lambda = 10^{-14}$ m dan $\lambda = 10^{-12}$ m gacha Gamma nurlar. Tulqin uzunligi $\lambda = 10^{-3}$ m dan kattasi radiotulqinlar.

Ko'z ko'radigan optik diapazoni atigi $3,8 \cdot 10^{-5}$ dan $7,5 \cdot 10^{-5}$ gacha, demak elektromagnit tulqinlar shkalasi 10^{-14} dan to 2000 m gacha bo'lsa, odam kuzi bir qismini ko'radi, xolos. Teleskoplar ana shu diapazondagi moddalar xususiyati yordamida optik nurlarni yig'ib beradi.

BIZNING GALAKTIKAMIZ. Tunda qorong'u osmonga qarab butun osmon buylab chuzilgan yorug' kamarga ko'zimiz tushadi. Bu — Somon yo'lidir. Somon yuli bo'ylab kuzatilsa, uning hamma qismining kengligi bir xil emasligiga ko'zimiz tushadi. Oddiy dala durbin yoxud kichiqroq teleskopdan Somon yo'lga qaralgandayoq u g'ij-g'ij yulduzlardan tashkil topgani ko'rinadi. Uning ayrim qismlarida yulduzlar aslo ko'rinmaydi. Buning sababi, Somon yo'lining shu qismida joylashgan gaz-chang bulutlar bo'lib, ularda yulduzlarning nurlanishlari yutilib bizga kurinmaydi. Osmonda ko'rinadigan barcha yulduzlar, Galaktikamizning tarkibini tashkil qiladi.

Bizni quyosh ham (bir oddiy yulduz sifatida), shu ulkan yulduzlarning to'dasining a'zosi bo'lgani uchun biz uni Bizning Galaktikamiz deb nomlaymiz. Galaktikamizga kiruvchi yulduzlarning asosiy qismi fazoda egallagan formasi qavariq linza ko'rinishiga o'xshaydi. Linza ko'rinishidagi Galaktikamizning diametri salkam 100 ming yorug'lik yiliga teng, qalinligi esa 7 ming yorug'lik yiliga tengdir. Quyosh sistemasi Galaktikamizning markazidan uning radiusining 2/3 qismiga teng masofada (33 ming yorug'lik yili) joylashadi. Agar Galaktikamiz diskiga (ya'ni Somon yo'li tekisligiga) tepadan turib, boshqacha aytganda, uning tekisligiga tik yo'nalish tomonda turib qaralsa, Galaktikamiz - markazdan spiral kurinishda tarqaluvchi, soat mayatnigi prujinasini eslatuvchi yenglar kurinishini oladi. Quyosh sistemasi tomondan qaralganda, Galaktikamizning markaziy yadrosi Qavs yulduz turkumiga proeksiyalanadi.

Hisob-kitoblar Galaktikamizda 150 mlrd ga yaqin yulduz borligini ma'lum qiladi. Maxsus kuzatishlar esa, yulduzlarning ulkan bu to'dasi uning markazi atrofida aylanishini ma'lum qiladi. Barcha yulduzlar, jumladan Quyosh (uz "oila a'zolari"- planetalarni ergashtirib), Galaktikamiz yadrosi atrofida Somon yo'li tekisligiga (Galaktikamizning ekvator tekisligi ham deyiladi) parallel ravishda aylanadi. Bunda yulduzlarning tezliklari, ularning Galaktikamiz yadrosiga yaqin yoki uzoq joylashganiga ko'ra har xil bo'ladi. Quyosh va uning yaqinida joylashgan yulduzlarning aylanish tezliklari sekundiga 250 km ni tashkil qilib, davri taxminan 200 mln yilga teng.

Yulduzlar Galaktikamizning asosiy qismini tashkil qiladi. Biroq bu degani u faqat yulduzlardan tuzilgan degani emas, unda yulduzlardan tashqari yulduzlarning turli sistemalari (qushaloq yulduzlar, karrali yulduzlar, yulduz to‘dalari va gujlari), yulduzlararo gaz va chang muhit (bulutlar va tumanliklar), kosmik nurlar (vodorod va geliy atomlari va boshqalar) uchraydi. Galaktikada materiya: har ikkala ko‘rinishda modda va maydon (elektromagnit va gravitatsion maydon ko‘rinishida) ham uchraydi.

Bizdan juda uzoq masofalarda galaktikalar to‘dalarining to‘dalari ham borligini ma’lum qildi. Ular fanda o‘tagalaktikalar deb nom oldi. O‘tagalaktikalar, bugungi kunda, Koinotda kuzatiladigan eng yirik sistema hisoblanadi.

Umuman hozirgi zamonda ko‘zga ko‘rinadigan koinotning qismi (uning radiusi 10- 12 milliard yorug‘lik yilini tashkil etadi) esa Metagalaktika deb yuritiladi. Metagalaktikada yuzlab o‘tagalaktikalar kuzatilib, uning chegarasi ichidagi barcha galaktikalarning soni 10 milliardga yaqin deb taxmin qilinadi.

Katta adron kollayder (Large Hadron Collider - KAK) dunyodagi eng katta Yevropa yadro fizikasi laboratoriyasi - CERN (Conseil Europeen pour la Recherche Nucleaire)da qurildi. Bu qurilma elementar zarrachalarning tezlatgichi bo‘lib, u elementar zarrachalarning o‘zaro ta’sirini o‘rganish uchun insoniyat tomonidan barpo qilingan tarixdagi eng katta qurilmadir. KAK CERNdagi Katta elektron-pozitron kollayderi (Large Electron Positron (LEP) solider)ning o‘rnini olib o‘rtacha 100 metr chuqurlikdagi uzunligi 27 km. bo‘lgan tunnelda joylashgan. U protonlarning 7 TeV (Terra elektronvolt) energiyagacha 2 dastasini bir-biriga qarama-qarshi yo‘nalishda jadallashtirish va so‘ngra ularni bir-biri bilan to‘qnashtirish imkonini beradi. Protonlar to‘qnashganda energiyasi 14 TeV ni ($1\text{TeV}=10^{12} \text{ eV}$) tashkil etadi. Energiya shkalasi elektronvolt bo‘laklaridan toki termodiapazonlargacha ortib borar ekan, biz bu jarayonda borgan sari o‘zimizga tanish bo‘lgan olamdan uzoqlashib boramiz va butunlay boshqa bilimlar qamroviga tushib qolamiz. Bular qattiq jism kimyosi va elektronikasi doirasi (eV lar va uning bo‘laklari), yadroviy reaksiyalar (million eVlar) va o‘tgan asrning ikkinchi yarmida olimlar o‘rgangan milliard eV li diapazonlardir. Termodiapazonda insoniyatni nimalar kutayapti, buni hech kim bilmaydi. KAK faqat proton - proton to‘qnashishini o‘rganish bilangina cheklanib qolmasdan qo‘rg‘oshin kabi og‘ir ionlarning to‘qnashishini ham o‘rganish imkonini beradi va bu to‘qnashishlardagi energiya 1148 TeV gacha yetib boradi. KAKga tushguncha protonlar CERNdagi mavjud «tezlatgich komplekslari»da tayyorlanadi. 7 TeV energiyali protonlar aylana bo‘ylab harakatlanishi uchun KAK magnit induksiyasi 8.36 Tesla li magnit maydonini hosil qila oladigan elektromagnitlarga ega bo‘lishi kerak. Buning uchun o‘ta o‘tkazuvchanlik hodisasidan foydalanishga to‘g‘ri keladi. Elektromagnitlarni tashkil qilgan o‘tkazgichlarda o‘ta o‘tkazuvchanlik hodisasi vujudga kelishi uchun

esa ularni o'ta past temperaturalarda ushlab turish kerak. Shu sababli KAKning 38000 tonna qurilmalari o'ta past temperaturada ishlatiladi. Buning uchun bir necha tonna suyuq geliy va vodoroddan foydalaniladi. 1296 o'ta o'tkazuvchan elektromagnitlar va 2500 dan ortiq boshqa magnitlar KAKda nurlarning uchishini va to'qnashishini ta'minlab turadi. Magnitlar og'irligi yig'indisi 1.9 million tonnani tashkil qiladi.

Jahondagi minglab fiziklar o'tgan asr davomida o'zlarining nazariyalari va eksperimentlari asosida materiyaning ajoyib fundamental manzarasini yaratishdi va u Zarrachalar va Kuchlarning Standart Modeli degan nom oldi. Standart Model bugungi kunda yaxshi tekshirilgan fizik nazariyadir va u ko'plab turli-tuman hodisalarni tushuntirib va oldindan aytib bera oladi. O'ta aniq eksperimentlar nazariya oldindan aytib bergan hisob-kitoblarni bir necha bor tasdiqlagan. Lekin shu bilan bir qatorda hali yechilmagan masalalar ham turibdi. Masalan, nega elementar zarrachalar massaga ega va nega ular turli-tuman? Ushbu savolga javob Standart Model doirasida bo'lgan Higgs (Higgs) - mexanizm g'oyasida yotgan bo'lishi mumkin. Unga binoan barcha fazo «Higgs maydon»lar bilan to'la bo'lib, ushbu maydonlar bilan o'zaro ta'sirlashganda zarrachalar ularning massalariga ega bo'ladi. Higgs maydon bilan kuchli ta'sirlashadigan zarrachalar - og'ir, kuchsiz ta'sirlashadigan zarrachalar esa yengildir. Nazariyaga binoan Higgs maydon bilan bog'liq bo'lgan kamida bitta zarracha - Higgs bozon mavjud. Agar bunday zarracha mavjud bo'lsa, KAK uni aniqlashga qodir. Boshqa jumboq to'rtta turli o'zaro ta'sir kuchlariga aloqadordir. Olam yosh va hozirgiga nisbatan judayam qaynoq bo'lgan davrlarda bu to'rttala kuchlar bir kuch ko'rinishida bo'lgan. Elementar zarrachalar fiziklari buni bir nazariya doirasida bayon qilish mumkinligiga umid bog'lashgan va ushbu yo'nalishda ba'zi yutuqlarga erishishgan. Ikki «yelektromagnit» va «kuchsiz» o'zaro ta'sir 1970 yillarda bir umumiy nazariyaga birlashtirildi va bir necha yillar o'tgach CERNda o'z tasdig'ini topdi hamda Nobel mukofoti bilan taqdirlandi. Lekin eng kuchsiz va kuchli ta'sir («gravitatsiya» va «kuchli»)lar hali yetarlicha tahlil qilinganicha yo'q. Kuchlarni bir nazariya bilan birlashtirish borasida o'ziga xos eng yaxshi g'oya supersimmetriya yoki qisqacha SUSI (Susy) bo'lib turibdi. SUSY chiqargan xulosalarga ko'ra har bir ma'lum zarrachaning «supersimmetrik» o'xshashi mavjuddir. Agarda nazariya haq bo'lsa, u holda KAKda supersimmetrik zarrachalar topiladi. KAK antimateriya jumbog'ini yechib berishi kerak. Ilgari antimateriya bu materiyaning to'la aksi, go'yoki materiyani antimateriya bilan almashtirib va natijaga «ko'zgu» orqali qaralsa, farqiga borib bo'lmasligi tushunilardi. Hozirda bunday o'zgartirish ideal bo'lmasligi va materiya-antimateriya o'zgartirish stabil emasligi ma'lum. KAK juda ham yaxshi «antimateriya ko'zgusi» bo'lishi mumkin va u Standart Modelni shafqatsizlarcha tekshiruvdan o'tkazadi. KAK yurgizib yuborilganidan so'ng elementar zarrachalarning jahondagi eng

yuqori energiyali tezlatkichi bo'ldi. AQSh, Batava, Illinoys shtatidagi Fermi nomli tezlatgich Milliy laboratoriyasidagi proton-antiproton Tevatron (Tevatron) kollyayderidan va AQSh dagi Brukxeyven laboratoriyasida ishlab turgan og'ir ionlarning relyativistik kollyayderlardan energiya bo'yicha 7-8 marotaba kuchlilik qiladigan bo'ldi. To'qnashayotgan protonlarning energiyasi ularning tinch holatdagi to'liq energiyasidan 7 ming marotaba kattaroq bo'ldi va shu bilan bir qatorda zarrachalar dastasining intensivligi ulardagidan 40 marotaba katta bo'ldi. Protonlar kollyayderning aylana shaklidagi barcha 27 km. li uzunligi bo'ylab taqsimlangan 3 ming igna shaklidagi dasta ko'rinishida harakatlanadi. Har bir to'plam 100 milliard protonlarga ega bo'lib, to'qnashuv nuqtalarida bir necha santimetrli uzunlikda (igna uzunligida) va diametri 16 mikron bo'ldi (inson sochi tolasining eng ingichkasining qalinligi). Ushbu ignalar detektorlar joylashgan zonalarda o'zaro to'qnashadilar va sekundiga 600 million to'qnashuv sodir bo'ldi. Ushbu to'qnashuvlar (yoki fizika tili bilan aytganda sob'tie-voqea) amalda protonlarni tashkil qiluvchi zarrachalar kvarklar va glyuonlar orasida bo'ldi. Bunda ular o'rtasidagi masofa misli ko'rilmagan darajagacha 10 darajasi minus 18 metrgacha kamayadi. Zarrachalar energiyasi maksimal bo'lganida birlamchi protonlarda mavjud bo'lgan energiyaning yettidan biricha qismi, ya'ni 2 TeV energiya ajralib chiqadi. Detektorlarning to'rtta gigant sistemasi, ularning eng kattasi Parijdagi Notr-Dam soborining yarmini egallagan bo'lar edi va eng og'iri Eyfel minorasidagidan ko'proq temirni o'ziga jamlagan. Har bir to'qnashuvda protonlar parchalanib turli tomonlarga kvarklar ko'rinishida sochilib ketadi va kvarklar yakka holda mavjud bo'la olmasligi sababli ular bir zum o'tmay birlashib turli tomonlarga ulkan tezlik bilan sochilayotgan yangi zarrachalarni hosil qiladi va kollyayder detektorlari ularning parametrlarini o'lchab boradi. Detektorlarning o'lchamlari haddan tashqari katta bo'lishiga qaramay, ularning elementlari 50 mikron aniqlik bilan montaj qilingan. KAK proekt quvvatiga yetganida unda sirkulyatsiya qilayotgan zarrachalar energiyasi tezligi 100 km/soat bo'lgan 900 avtomobilning kinetik energiyasiga yoki 2 tonna suvni qaynatishga yetarli bo'ldi. Xalqaro loyiha bo'lgan KAK ning amalga oshishida CERNGa a'zo 20 davlat hamda kuzatuvchi sifatida AQSh, Yaponiya, Rossiya, Kanada, Xitoy va boshqa davlatlar ishtirok etyapti. Katta adron kollyayderining vujudga kelishida dunyoning barcha yetakchi olimlari, shu jumladan, o'zbekistonlik fiziklar ham o'z hissalarini qo'shgan. U yetti yil davomida qurildi. Unda proton va ionlar yorug'lik tezligiga yaqin tezlikkacha haydalib o'zaro to'qnashtiriladi. Bunda bizning Olam vujudga kelganga o'xshash holatlar vujudga kelishi kerak. Boshqacha qilib aytganda, Katta adron kollyayderi Katta portlashni va u ro'y bergandagi hodisalarni «laboratoriya» sharoitida vujudga keltirish uchun qurilgandir. Kollyayder ishidagi ikkinchi muhim

tomon Olamdagi qora o'ralar ichidagi sharoitlarning o'xshashini vujudga keltirishdir.

Bundan tashqari, qora materiya va qora energiya jumbog'iga javob qidiriladi hamda ularning paydo bo'lish qonuniyatlari aniqlanadi. Olamdagi eng kuchli nurlanish manbalari termoyadro reaksiyalari yoki anniglyatsiyaviy protsesslar natijasi emasligi diqqatga sazovordir. Odatda modda og'irlik kuchi ta'sirida ulkan energiyalargacha tezlanib «pastga tushadi» va uning o'sha energiyasi «nurlanadi». Olamda neytron yulduzlar hamda qora tuynuklar ko'rinishida juda ham zich va ixcham ob'ektlar mavjud bo'lib, ular atrofida og'irlik kuchi juda ham ulkandir. Faraz qilaylik, agar modda neytron yulduzning ustiga tushayotgan bo'lsa, u yorug'lik tezligining yarmiga teng bo'lgan tezlikka erishadi. Bunda ajralib chiqadigan energiyaning effektivligi yadroviy va termoyadroviy reaksiyalarda bo'lishi mumkin bo'lganiga nisbatan bir tartibdan ko'proq yuqori bo'ladi.

KAKni ishga kiritish bosqichma-bosqich olib boriladi. Birinchi bosqichda zarrachalarning bir dastasi, keyingi bosqichda ikkinchi dastasi hosil qilinadi. Va nihoyat ular to'qnashtiriladi; kam quvvatli sinov dastalaridan toki tezligi yetarlicha katta bo'lgan va kutilayotgan eksperimental natijalarni olish mumkin bo'lgan dastalarni to'qnashtirish uchun qurilmaning gigant tarxi ustida 5000 olim, injener va talabalar jamlangan. Ikki asosiy detektorning 100 million kanallaridan kelayotgan ma'lumotlar har sekunda 100 ming kompakt disklarni to'ldirishi mumkin va ularning 6 oy davomida yig'ilgani ustma-ust qo'yilsa, qatlam Oygacha yetishi mumkin. Chunki 25 ns. vaqt intervalida birgina igna ko'rinishidagi zarrachalar to'plamining to'qnashishida 20 voqea yuz beradi. Bir to'qnashishga uchragan zarrachalar to'plami detektorning tashqi qatlamidan chiqib ketayotganda keyingi to'qnashishga ham ulguradi. Detektor individual qatlamlardan tuzilgan bo'lib, ular ma'lum zarrachalarnigina sezadi. Millionlab kanallar axboroti har bir voqeadan megabayt informatsiyani yetkazib beradi. Har ikki sekunda bu petabayt (milliard megabayt) axborotni tashkil qiladi. Shuning uchun barcha olinadigan ma'lumotlarni yozish o'rniga bir sekund davomida eng ko'p qiziqish uyg'otgan 100 voqeanigina yozib boriladi. CERNda bir necha ming kompyuterlar birlamchi axborotlarni tahrir qilib boradi va jahonning uch qit'asidagi ko'plab institut va universitetlardagi 10 minglab kompyuterlar ham optik kabellar orqali CERN bilan bog'lanishini taqsimlash hisoblash tarmog'i boshqarib boradi hamda ular qolgan ishlarni amalga oshirishadi.

Asosiy aylanaga kiritish uchun tayyorlanadigan va energiyasi 0,45 TeV bo'lgan proton dastalarini hosil qiluvchi, qator yordamchi tezlatgichlar sinovlardan o'tkazilib bo'lindi. Test tajribalarini o'tkazishda apparaturani shikastlanishdan asrash maqsadida intensivligi kam bo'lgan proton dastalaridan foydalaniladi. Birinchi yurgizishda har bir yo'nalishda energiyasi 7 TeV bo'lgan protonlarning

faqat bir to'plamigina sirkulyatsiya qiladi. KAK tunneli iloji boricha uning ko'proq qismi monolit qoyaga joylashtirilgani uchun gorizontga nisbatan 1,4 foiz og'gan holatni olgan. U Jeneva ko'li tomonda 50 metr va uning qarama-qarshi tomoni esa 175 metr chuqurlikda joylashgan. Dengiz suvlari ko'tariladigan kunlari Jeneva yaqinidagi yer 25 sm. ga ko'tariladi va KAKning uzunligini 1 mm. ga oshirib dasta energiyasini 0,02 foizga o'zgartiradi. Shuning uchun eksperimentatorlar dasta energiyasini 0,002 foiz aniqlikda nazorat qilib borishiga to'g'ri keladi. Umuman aytganda, KAK to'rt yoyli sakkiz burchak shaklida bo'lib ular eksperimental qurilmalar (detektorlar) hamda dastalar - mezonlar) va kaonlar (K - mezonlar) va boshqa og'ir mezonlar kiradi. π ni boshqaruvchi tizimlar joylashgan qisqa to'g'ri seksiyalar orqali bog'langan. 2008 yilning 11 avgustida KAKning dastlabki sinovlari bo'lib o'tdi. Bunda zaryadlangan zarrachalar dastasi KAK aylanalaridan biri bo'ylab 3 km. dan ko'proq masofani o'tdi. Shunday qilib olimlar super proton sinxronizatori (SPS)ning sinxronizatsiya ishini tekshirishni hamda nurni o'ng tomondan yetkaza olishni uddalashdi. Bu sistemada haydalgan zarrachalar dastasi soat mili yo'nalishida harakatlandi. Sinovlarning ikkinchi bosqichi 22 avgust kuni muvaffaqiyatli o'tkazildi. Bunda zarrachalar dastasi soat mili yo'nalishiga teskari yo'nalishda harakatlantirildi. 4-5 sentabr kunlari KAKning tezlatgich trubalarida yuqori vakuum hosil qilindi va uchinchi yakunlovchi sinov testlari bilan qurilma tekshirilib, elementar zarrachalar dastasi berilgan yo'nalishda harakatlanishiga yana bir bora iqror bo'lindi. Bunda to'qnashuvchi zarrachalar energiyasi Tevatron kollayderidagiga nisbatan ikki marotaba past bo'lishi maqsadga muvofiq deb topildi. 2008 yilning 21 oktabrida esa 7 TeV energiyani egallash rejalashtirildi. Shundan so'ng kollayderni ikki oyga qish mavsumida yopib, 2009 yilning bahorida to'la energiya 14 TeVni egallash va sekin-asta nurlanishni oshirib borish rejalashtirildi. Shu munosabat bilan kollayderda mikroskopik qora o'ralar hamda antimateriya fragmentlari yoki quyqalari strapelka, («G'aroyib tomchilar» inglizcha strange les - g'aroyib materiyadan tarkib topgan gipotetik ob'ektlar - shartli ravishda aytganda, adronlarga birikmagan erkin kvarklar (yuqori, pastki va g'aroyib)dir. Ulardan ba'zi bir xil neytron yulduzlar tarkib topgan deb hisoblanadi, lekin ularni neytron yulduzlarda strapelkalar deb atalmay, kichik ob'ektlar bo'lganida ishlatiladi) va magnit monopoliyalari paydo bo'lishi hamda buning oqibatida zanjir reaksiyasi vujudga kelib, aylana atrofidagi materiyaning yutilishi xavfi borligini ro'kach qilishlar ko'payib ketdi. Magnit monopoliyalarining bor bo'lishi protonlarning parchalanishini tezlashtirishi mumkin, lekin bu hol ham amalda hech qachon kuzatilmagan hodisadir (protonning taxminiy yarim parchalanish davri 1036 yilni tashkil qilib, olam paydo bo'lgan vaqtdan ancha kattadir). Bir necha olimlar o'z noroziliklarini bayon etib, Yevropa sudiga murojaat qilishga ulgurishdi. Gipotezalarning biriga binoan, manfiy zaryadlangan strapelkalarni Yerga tegishi

butun planetani g'aroyib materiyaga aylanishiga olib kelishi mumkin: biror atomning yadrosi bilan strapelkaning to'qnashishi uni energiya ajratishiga va har tomonga strapelkalarining sochilishiga olib kelishi, ya'ni zanjir reaksiyasi vujudga kelishi mumkin; Adron (grekcha hadros - kuchli - elementar zarrachalar sinfi), chin elementar bo'lmagan kuchli ta'sirlashishga moyil. Adronlar ular tarkibidagi kvarklarga qarab ikki asosiy guruhga bo'linadi: mezonlar - bir kvark va bir antikkvarkdan tarkib topgan; barionlar - uch xil rangdagi uch kvarkdan tarkib topgan bo'lib, rangsiz kombinatsiyani tashkil qiladi. Bizlarga ko'rinib turadigan moddalarning asosiy qismi aynan barionlardan qurilgan bo'lib - bular proton va neytron orqali atom yadrosini tashkil qiluvchi nuklonlardir. Barionlarga - elementar zarrachalari tezlatgichlarida olingan nisbatan og'ir hamda noturg'un ko'pdan-ko'p giperonlar ham kiradi. Mezonlarga pionlar (- mezonlar deb nomlanardi. Hozirgi paytda myuonlar adrion emasligi, ular leptonlar sinfiga mansubligi aniqlandi. CERNning maxsus ajratilgan olimlar va mutaxassislardan tashkil topgan guruhi tayyorlagan hisobotlarda xavfning uch asosiy turi: manfiy zaryadlangan strapelkalar, qora o'ralar va magnit monopoliyalarining tahlili ustida batafsil to'xtalib, vahimali chiqishlarning noo'rin ekanligini ochiq-oydin ko'pgina ilmiy dalillar bilan ko'rsatib bera oladigan ma'ruza tayyorlashdi. Uning asosida loyihaning eng ko'zga ko'ringan olimi, Kembrij universiteti professori Stiven Xoking nutq so'zlab, xavotirga o'rin yo'q ekanligini isbotlab berdi hamda «Apokalipsis bo'lmaydi» deb barchani ishontirdi. Adrian Kentning ilmiy maqolasi ham uning fikrlarini tasdiqladi. Hisobot mualliflari agarda magnit monopoliyalari Dirak monopoliyalari (magnit monopoliyalarining mavjudligi xulosasiga Dirak o'tgan asrning 30-yillarida Maksvell tenglamalarini simmetrik holatga keltirganida kelgan) kollayderda vujudga kelgan va protonlarni parchalanishini tezlashtirgan taqdirda ular faqatgina 10¹⁸ protonnigina halok qilishga ulgurishi mumkinligini ko'rsatib, bu miqdor nisbatan juda ham kichkina ekanligiga e'tiborni qaratishdi. XXI asrning boshlarida, KAKni qurishga kirishishdan oldin CERN Buyuk Britaniya, Germaniya, Daniya, Fransiya va Shveysariya davlatlarining olti olimi ishtirokida tuzilgan maxsus komissiyaga topshiriq berib, yangi tezlatgichda yuzaga kelishi mumkin bo'lgan xavf-xatarlarni tahlil qilishni topshirgan edi. 2003 yili komissiyaning hisoboti chop etilib, biror-bir vahimaga o'rin yo'q ekanligi isbotlab berildi. Rossiyalik olimlar, fizika-matematika fanlari doktori, professor Irina Arefeva va Rossiya Fanlar akademiyasi muxbir a'zosi, fizika-matematika fanlari doktori Igor Volovich kollayder eksperimentlari vaqt mashinasini vujudga keltirishi mumkin degan nuqtai nazarda bo'lib turishibdi. Ilgarilari «mezon» termini «massa bo'yicha o'rtacha» ma'nosini berar edi va shuning uchun mezonlar qatoriga myuonlar deb nomlanuvchi zarrachalar ham kiritilgandi.

Dastlab fiziklar kvarklar to'g'risidagi fikrga elementar zarrachalarning xususiyatlarini tahlil qilish borasida kelishgan. Adronlarning haddan tashqari ko'pligi va leptonlarning kamligi fiziklarni o'ylantirib qo'ygan. Kvark gipotezasini ilgari surish, kvarklar turining soni leptonlar turining soniga teng bo'lishi kerak, degan qoidaning shakllanishiga olib keldi. Kvarklarning o'ziga xosligi shundaki, ular fermionlardir (kvark spini $1/2$ ga teng). Bir holatni faqatgina ikkita fermion olishi mumkin va bunda ularning spinlari, albatta, qarama-qarshi yo'nalgan bo'lishi shart. Fermionlar ham, bozonlar ham faqat fermionlardangina tarkib topgan bo'ladi, bunda fermionlarning toq soni fermionlarni bersa, juft soni bozonlarni hosil qiladi.

Olimlar oldiniga protonlarni kollaydarning sakkiz seksiyasidan biriga yuborishdi, so'ngra ikki seksiyasiga, undan so'ng esa uchta seksiyasiga va h.k va nihoyat protonlar barcha sakkiz seksiyalar bo'yicha harakat qila boshladi. Har bir seksiyani protonlar 10 mikrosekundlar atrofida va sakkiz seksiyani o'tib to'la aylana bo'yicha bir marta to'la aylanishi uchun esa 90 mikrosekund vaqt sarf bo'ldi. Keyinchalik 21 oktabrda kollayder bo'ylab qarama-qarshi yo'nalishlarda protonlarning ikki dastasi yuborilib, ular o'zaro to'qnashtiriladi. Ya'ni, 21 oktabrda birinchi marotaba kollayderni yasashdan maqsad bo'lgan eksperimentlarni boshlash rejalashtirilgan. To'la 14 TeV li eksperimentlarni boshlash esa 2009 yilning bahoriga mo'ljallangan. KAKda ushbu energiyaga erishilgach, olimlar materiya qanday tuzilgani, ya'ni Higgs bozoni izlarini, «supersimmetriya»ni, «yekzotik nazariya» deb nomlanuvchi «higgs mexanizmi»ni va shu kunda ma'lum bo'lgan eng og'ir fundamental zarracha Top-kvarklarni hamda qo'rg'oshin yadrolarini to'qnashtirish natijasida Olam barpo bo'lgan paytning harorati 1,5 trillion gradus issiqlikka erishishni, fazo va vaqt tushunchasiga aniqlik kiritishni maqsad qilib olganlar. 19 sentabrda KAKning ishida jiddiy to'xtash ro'y berdi. 3-4 seksiyalar orasidagi magnitlardan biri o'ta o'tkazuvchanlik holatidan normal holatga o'tib qoldi va tezlatgich tunneli ichiga bir tonnaga yaqin suyuq geliy quyilib ketdi. 13 sentabrda ham bir transformator ishdan chiqqan edi. Natijada kollayder ishi shu kunlarda bir necha oyga to'xtab qoldi.

KAK to'la quvvat bilan yurgizib yuborilsa, kashfiyotlar ro'yxati quyidagicha bo'lishi nazarda tutilgan: 2009: Supersimmetriya - buning uchun agarda bir TeV atrofida energiya kerak bo'lsa; 2009-2010: Higgs bozoni - agar uning massasi 200 GeV (Gigaelektronvolt) atrofida bo'lsa; 2010-2011: Higgs bozoni, agar uning massasi 120 GeV atrofida bo'lsa; 2012: Fazoning qo'shimcha o'lchamlari - agarda buning uchun 9 TeV energiya kerak bo'lsa; 2012: Kvarklarning noelementarligi - albatta haqiqatan ham kvarklar yana-da elementarroq zarrachalardan tarkib topgan bo'lsa; 2017: Supersimmetriya agarda buning uchun 3 TeV atrofidagi energiya kerak bo'lsa; 2019: Bozon Z1 (Z - shtrix) - agarda bu paytda noma'lum bo'lgan beshinchi o'zaro ta'sir mavjud bo'lsa va 6 TeV atrofidagi energiyalarda o'zini

namoyon etadigan bo'lsa; ushbu o'zaro ta'sirni tashuvchi zarracha xuddi kuchsiz ta'sirlarda tashuvchilik qiluvchi Z- bozon sifatida shartli ravishda Z-shtrix deb nomlangan.

KAKda Rossiya olimlari ishtiroki koordinatori, Moskva davlat universiteti Yadro fizikasi ilmiy tekshirish instituti direktori o'rinbosari V.Savrin 10 sentabr kuni bo'lgan matbuot anjumanida: «Bu qora o'ralar, agar ular paydo bo'lsa, juda ham qisqa vaqt davomida yashaydi. Ular darrov portlab ketadi. Hattoki kollayder devorlarigacha ham yetib borishga ulgurmaydi. Biz ham, fiziklar fizika fanining oltin davri arafasida turibdi va ulkan kollayder kashfiyotlari insoniyat tafakkurini misli ko'rilmagan darajadagi ravnaq tomon yetaklaydi, deb umid bildirib qolamiz.

AMALIY MASHG'ULOT

2.1.	Yulduzlarning paydo bo'lish jarayoni.
2.2.	Yulduzlarning tarkibi. Yulduzlarda metallarning o'ri. Gersshprung-Rassel diagrammasi.
2.3.	Chandrasekar va Opengeymer-Volkov chegaralari.
2.4.	James Webb va Hubble kosmik teleskoplarning zamonaviy kuzatuvlari va kashfiyotlari.
2.5.	Galaktikalarning shakllanishi. Galaktikalarning turlari.

KEYSLAR BANKI

I. Mini keys. Spektral qurilmalar xususiyatlari

Spektroskopiyaning asoosiy tenglamasining ko'rinishi

$$U(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(x')\varphi(x - x')dx'$$

Bu erda $U(x)$ -tasvir, $\varphi(x)$ -spektr kengligi, $F(x)$ -apparat funktsiya. U xolda apparat funktsiya va tasvirni ulchab, o'rta miyona spektral qurilmada spektrni ixtiyoriy aniqlikda ulchansa bo'ladi.

Natija: Spektral qurilmaning sifatining axamiyati bo'lmau qoldi. U xolda nega spektral qurilmalar sifatini oshirishga xarakat qilinadi?

Izoxlab bering.

II. Mini keys. Fikriy eksperiment

Zarraning boshlang'ich impulg'si R . Zarra ikkiga bo'linadi: Xosil bo'lgan zarralar impulg'si R_1 va R_2 . Impulg's saqlanish qonuniga ko'ra: $R=R_1+R_2$.

Birinchi zarra impulg'si R_1 ni o'lchab, $R_2 = R - R_1$, aniq topish mumkin.

Ikkinchi zarra koodinatasini aniq o'lchash mumkin X_2 .

Natija: bir vaqtda ikkinchi zarra impulg'si va koodinatasi aniqlandi. Kvant mexanikasi qonunlariga zid!

Izoxlab bering.

III. Mini keys. Eksperiment natijalari

SHisha prizmalı spektral qurilmada keng spektr o'lchandi. Spektrning binafsha tomonida intensivlik taxminan 0.4 mkm to'lqin uzunlikga ega to'lqinlardan boshlab to'lqin uzunligi kamayishi bilan intensivlik kamauib ketgan.

Olingan natijani izohlab bering.

Mustaqil ishni tashkil etishning shakli va mazmuni

Tinglovchi mustaqil ishni muayyan modulni xususiyatlarini hisobga olgan holda quyidagi shakllardan Foydalanib tayyorlashi tavsiya etiladi:

- me'yoriy hujjatlardan, o'quv va ilmiy adabiyotlardan foydalanish asosida modul mavzularini o'rganish;
- tarqatma materiallar bo'yicha mahruzalar 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. 1.Koinot to'g'risidagi tasavvurlarning paydo bo'lishi va rivojlanishi.
2. 2.Qorong'i materiya va qorong'i energiya.
3. 3.Katta portlash va inflyatsiya.
4. Yulduzlar evolyutsiyasi.
5. Gersshprung-Rassel diagrammasi.
6. Qora o'ralar va ularning tiplari.
7. Chandrasekar
8. Neytron yulduz va oq mittilar.
9. James Webb va Hubble kosmik teleskoplarning zamonaviy kuzatuvlari va kashfiyotlari.
- 10.Ekzoplanetalar va zamonaviy kuzatuvlar.
- 11.Galaktikalar va ularning turlari.

VII. GLOSSARIY

o'quv moduli bo'yicha test topshiriqlari

№	Test topshirig'i	To'g'ri javob	Muqobil javob	Muqobil javob	Muqobil javob
1	Nimaga yulduzlarning yorqinliklari o'zgaradi ?	Ularning o'lchamlari va haroratlari o'zgarгани uchun	Ularning hajmlari o'zgarгани uchun	Ularning massalari o'zgarгани uchun	Ularning o'lchamlari o'zgarгани uchun
2	Nostatsionar yulduzlar deb qanday yulduzlarga aytiladi	Yorqinliklarining o'zgarishi noto'g'ri yo'qi tez tez o'zgarib turadigan davr bilan sodir bo'ladigan yulduzlar ?	Yorqinliklarning o'zgarishi kat'iy davr bilan sodir bo'ladigan yulduzlar	O'lchamlari vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadigan yulduzlar	Haroratlari vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadigan yulduzlar
3	O'zgaruvchi yulduzlar deb qanday yulduzlarga aytiladi ?	Yorqinliklarning o'zgarishi kat'iy davr bilan sodir bo'ladigan yulduzlar	Yorqinliklarining o'zgarishi noto'g'ri yo'q tez tez o'zgarib turadigan davr bilan sodir bo'ladigan yulduzlar	Massalari vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadigan yulduzlar	O'lchamlari vaqt o'tishi bilan o'zgarib turadigan yulduzlar
4	Tuzilishi va tabiati bilan farqlanuvchi dinamik bog'langan yulduzlar sistemalari nima deb ataladi?	Galaktika	Yulduz to'dalari	Assotsiatsiya	Diffuz tumanlik
5	Tumanliklar spektrini o'lchovchi spektrograflar nima deb ataladi?	Planetar	Nebulyar	Korpuskulyar	Yulduzli
6	Yulduzlar rangi bizga qizilroq bo'lib ko'rinishiga sabab nima?	Atmosfera yorug'likni sochilishi	Yorug'likning yulduzlar aro yutilishi	Atmosfera yorug'likni yutilishi	Gravitatsion linzalanish
7	Jahonning yirik radioteleskopining diametri nimaga teng?	600 metr	500 metr	300 metr	800 metr
8	Hozirgi kunda eng katta optik teleskop ko'zgusi ning diametri necha metrga teng?	10	6	15	20

9	Astrofotometriya nimani o'rgatadi?	Barcha javoblar to'g'ri;	osmon ob'ektlarining nurlanishini o'rganadi;	Quyosh va Oyning nurlanish qonunlarini o'rganadi;	osmon ob'ektlarining tasvirga oladi;
10	Dog'li – interferometriya deganda nimani tushunasiz va kim tomondan kashf qilingan?	Dog'li tasvirni fazoviy interferometr usulida aniqlash va Labeyri tomonidan;	Dog'li interferometrik tasvirni planimetriya asosida aniqlash va Braun Tviss tomonidan;	Dog'li tasvirni polyarimetriya asosida aniqlash va Plank tomonidan;	Dog'li tasvirni mikrofotometriya asosida aniqlash va Labeyri tomonidan;
11	Pulsarlarning ravshanlik harorati nimaga teng?	10^{31} K;	10^{13} K;	10^{26} K;	10^{16} K;
12	Ravshanlik harorati deganda nimani tushunasiz?	Absolyut qora jism harorati;	Jism nurlanishi quvvati;	Jism nurlanishining oqim zichligi spektri;	Jism nurlanishini intensivligi;
13	Radioastronomiya da qabul qilingan asosiy o'lchov birligini ko'rsating	Yanskiy;	Lyumen;	Vt · lyumen;	Vt · m ² · Gs;
14	Yulduzlar harorati qaysi oralikda o'zgaradi?	3000^0 K – 30000^0 K;	3700^0 K – 4000^0 K;	1000^0 S – 2000^0 S;	3000^0 K – 10000^0 K;
15	Zamonaviy fikrlarga ko'ra Quyosh energiyasining manbai asosan	Proton-proton reaksiyasi;	Yadroviy parchalanish;	CNO-sikl;	Gravitatsion kollaps;
16	Quyosh yadrosidan fotosferasiga energiya qaysi yo'l bilan uzatiladi?	Nur orqali ko'chirish va konveksiya;	Issiq o'tkazuvchanlik va konveksiya;	Nur orqali ko'chirish va issiqlik o'tkazuvchanlik;	Nur orqali ko'chirish va neytrino nurlanishi;
17	Elektron teleskop qanday qismlardan iborat?	Teleskop, elektron-optik o'zgartirgich va kuchli linza;	Fotokatod, bir nechta dinod va anod;	Fotokatod, elektron linza, lyuminessent ekran;	Televizor, katta linza, okulyar;
18	Teleskoplarning asosiy turlarini ayting	Refraktor, reflektor, menisk	Mexanik, refraktor, elektrik	Reflektor, optik, elektrik	Mexanik, optik, menisk
19	Fizika va astronomiya sohasidagi ilmiy markazlar qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?	SERN, FermiLab, DEZI, SLAK	MAGATE, YuNESKO, sERN, NASA	OPEK, YuNESKO, sERN, NASA	MAGATE, FIFA, sERN, NASA

20	Fan taraqqiyoti qaysi o'lchamdagi hodisalarni o'rganishda namoyon bo'lmoqda?	Mikroo'lchamdagi	Makroo'lchamdagi	Megao'lchamdagi	Mikro va mega o'lchamdagi
21	Birlashtiruvchi nazariyalarning maqsadi nimada?	Barcha o'zaro ta'sirlarni yagona mexanizm asosida tushuntirish	Kuchli va kuchsiz o'zaro ta'sirlarni birlashtirish	Kuchli, elektromagnit va kuchsiz o'zaro ta'sirlarni birlashtirish	Kuchli, elektromagnit, gravitatsion o'zaro ta'sirlarni birlashtirish
22	Tarixan ilk marta birlashtirilgan kuchlarni ayting	Elektr va magnit kuchlari	Kuchli va kuchsiz o'zaro ta'sirlar	Magnit va gravitatsiya kuchlari	Kuchli va elektromagnit kuchlar
5	Salam-Vaynberg modeli asosida qaysi kuchlar birlashtirilgan?	Elektromagnit va kuchsiz o'zaro ta'sir	Kuchli va kuchsiz o'zaro ta'sirlar	Magnit va gravitatsiya kuchlari	Kuchli va elektromagnit kuchlar
6	Kuchli o'zaro ta'sir tashuvchisi nima?	8 turdagi glyuonlar	foton	W- va Z-bozonlar	Graviton
7	Standart model asosida qaysi kuchlar birlashgan?	Kuchli, elektromagnit va kuchsiz o'zaro ta'sirlar	Kuchli, elektromagnit va gravitatsion o'zaro ta'sirlar	Kuchli, gravitatsion va kuchsiz o'zaro ta'sirlar	Gravitatsion, elektromagnit va kuchsiz o'zaro ta'sirlar
8	Buyuk birlashish nazariyasida qaysi kuchlar birlashadi?	Kuchli, elektromagnit, kuchsiz va gravitatsion kuchlar	Kuchli, elektromagnit, va gravitatsion kuchlar	Elektromagnit, kuchsiz va gravitatsion kuchlar	Kuchli, elektromagnit, va kuchsiz kuchlar
9	Neytrino qaysi zarralar oilasiga kiradi?	Leptonlar tarkibiga kiradi	Mezonlar tarkibiga kiradi	Barionlar tarkibiga kiradi	Adronlar tarkibiga kiradi
10	Quyosh neytrinosi qanday neytrino?	Elektron neytrinosi	Myuon neytrinosi	Taon neytrinosi	Steril neytrino
11	Neytrino ossilyatsiyasi nima?	Fazoda bir turdagi neytrinoning boshqa turdagi neytrinoga aylanishi	Fazoda neytrinoning boshqa turdagi antineytrinoga aylanishi	Fazoda bir turdagi neytrinoning boshqa turdagi antineytrinoga aylanishi	Fazoda bir turdagi neytrinoning shu turdagi antineytrinoga aylanishi
12	Neytrino fermionmi yoki bozon?	Neytrino fermion	Neytrino mezon	Neytrino barion	Neytrino adron

13	Quyosh neytrinosi muammosi nimada?	Nazariy yo‘l bilan hisoblangan elektron neytrino oqimining eksperimentda kuzatilganidan 2-3 marta ko‘pligi	Nazariy yo‘l bilan hisoblangan elektron neytrino oqimining eksperimentdagi dan 2-3 marta kamligi	Nazariy yo‘l bilan hisoblangan elektron neytrino oqimining eksperimentga mos kelishi	Nazariy yo‘l bilan hisoblangan myuon neytrino oqimining eksperimentda kuzatilganidan 2-3 marta ko‘pligi
14	Mayorana neytrinosi qanday neytrino?	Neytrino haqiqiy neytral zarra	Neytrino haqiqiy neytral zarra emas	Neytrino zaryadli zarra	Neytrino haqiqiy zaryadli zarra
15	Neytrino turlari nechta?	3 tur	4 tur	5 tur	6 tur
16	Neytrino spini nechaga teng?	1/2	1	0	3/2
17	Tezlatgichlarsiz astrozarralar fizikasi o‘rganadigan sohalar?	Koinot nurlari, Quyosh neytrinosi fizikasi, qora materiya, neytrino xossalari, proton stabiligi, o‘ta yangi yulduzlar, gamma va neytrino astranomiya, astrofizika. kosmologiya, zarralar fizikasi	Tezlatgichlar o‘rganadigan sohalar	Tezlatgichlar o‘rganmaydigan sohalar	Eksperimental sohalar
18	Koinot nurlari deganda nimani tushunasiz?	Koinot ob‘ektlaridagi jarayonlarda sodir bo‘lgan zarralar oqimini	Koinot ob‘ektlaridagi jarayonlarda sodir bo‘lgan nurlar oqimini	Koinot ob‘ektlaridagi jarayonlarda sodir bo‘lgan yorug‘lik oqimini	Koinot ob‘ektlaridagi jarayonlarda sodir bo‘lgan gamma nurlar oqimini
19	Qora materiya nima?	Gipotetik ko‘rinmas modda turi bo‘lib Koinot massasining taxminan 20% ini tashkil qiladi. Haligacha tajribada kuzatilmagan.	Rangsiz materiya	Ko‘rinmaydigan materiya	Ko‘rinmas modda
20	Issiq qora materiya nima?	Issiq qora materiya (IQM) ultrarelyativistik tezliklarda harakatlanuvchi zarralardan tashkil topgan qora materiyaning turidir.	Nurlanish manbai	Rentgen manba	Gamma manba

21	Sovuq qora materiya nima?	Covuq qora materiya (SQM) -zarralari yorug'lik tezligiga nisbatan sekin harakatlanadigan gipotetik qora materiyaning turi.	Past temperaturali modda	O'zidan ultrabinafsha nur chiqaruvchi modda	O'zidan infraqizil nur chiqaruvchi modda
22	Iliq qora materiya nima?	Iliq qora materiya (IQM) – gipotetik qora materiyaning turi bo'lib uning xususiyatlari issiq va sovuq qora materiya orasidagi holatga ega bo'ladi.	O'rtacha temperaturali modda	O'zidan nur tarqatuvchi modda	Faqat nur yutuvchi modda
23	Qora energiya nima?	Gipotetik energiya turi bo'lib butun Koinotni to'ldirib turadi va Koinotning tezlanish bilan kengayishini ta'minlaydi.	Qora o'ra energiyasi	Nur yutuvchi modda	Nur qaytaruvchi modda
24	Gravitatsion to'lqinlar nima?	Gravitatsion to'lqinlar —ma'lum gravitatsion manbalarda hosil bo'ladigan fazo-vaqt metrikasi g'alayonlanishining manbadan ajralgandan keyin to'lqinga o'xshab tarqalishidir.	Fazoda yulduzlar tarqatayotgan to'lqinlar	Galaktikadan tarqalayotgan to'lqinlar	Elektromagnit to'lqinlarning boshqacha ko'rinishi
25	Nanofizika nima?	Nanometr o'lchamlardagi struktura va tuzilmalar va nanosekunnlarda sodir bo'ladigan hodisalar fizikasi	Kichik o'lchamdagi fizik jarayonlarni o'rganadi	Katta o'lchamdagi fizik jarayonlarni o'rganadi	Mega o'lchamdagi fizik jarayonlarni o'rganadi
26	Supersimmetriya deganda nimani tushunasiz?	Supersimmetriya (SUSI) - fazo – vaqt simmetriyasining taklif qilingan shakli bo'lib, bu simmetriya butun spinli bozonlar va kasr spinli fermionlarni bir-biri bilan bog'laydi.	Supersimmetrik jismlar fizikasi	Katta simmetriya tushuniladi	Kichik simmetriya tushuniladi
27	Plazmon nima?	Plazmon – plazma ossillyatsiyasi kvanti, yorug'lik fotonlardan iborat bo'lgani kabi plazma ossillyatsiyasi plazmonlardan iborat.	Moddaning plazma xolati	Moddaning gaz xolati	Moddaning kvark xolati

28	Katta adron kollarideri katta xalqasi o'lchami?	26659 m	26784 m	26774m	26764 m
29	Katta adron kollariderida qanday zarralar telashtiriladi?	Protonlar va qo'rg'oshin yadrolari	Protonlar va neytronlar	Protonlar va elektronlar	Protonlar va pozitronlar
30	Buyuk birlashish nazariyasida qaysi zarraning parchalanishi bashorat qilinadi?	proton	neytron	neytrino	elektron
31	Qora energiyaning mavjudligi qanday eksperimental fakt asosida ilgari surilgan?	Olamning tezlanish bilan kengayayotgani asosida	Olamning sekinlanish bilan kengayayotgani asosida	Olamning bir tekis kengayayotgani asosida	Olamning stabilligi asosida
32	Proton qanday oilaga mansub?	Adronlar	Leptonlar	Ta'sir tashuvchilar	Mezonlar
33	Neytrinolar qanday o'zaro ta'sirda qatnashadilar?	Kuchsiz o'zaro ta'sirda	Kuchli o'zaro ta'sirda	Elektromagnit o'zaro ta'sirda	Yadro kuchlari ta'sirida
34	Proton spini nimaga teng?	1/2	0	1	3/2
35	Gravitatsion linzalash nima?	Koinotdagi qora materiyani kuzatish usuli	Ko'rish qobiliyatini aniqlash usuli	Ko'rish qobiliyatini oshirish usuli	Ko'rish qobiliyatini yaxshilash usuli
36	Bir astronomik birlik (1 a.b) nima.	150 000 000km	180 000 000km	120 000 000km	100 000 000km
37	Yuldo'zlar qanday ranglarga ega bo'ladi.	Oq, sarik, kizil.	Qizil, kora, ko'q.	Oq. Yashil, kizil.	Oq,sarik,ko'q.
38	Yorug'lik yili nima ?	Yulduzlargacha bo'lgan masofani o'lchash birligi bo'lib u 3,26 yorug'lik yiliga yoki takriban 310 13 km ga teng	Yulduzlargacha bo'lgan masofani o'lchash birligi bo'lib u 4 yorug'lik yiliga teng	2 yorug'lik yiliga teng bo'lgan uzunlik birligi	Yorug'lik vakuumda 300 ming km /s tezlik bilan tarqalib 1 yil davomida o'tgan masofa
39	Katta portlash nazariyasi asosida qaysi tajriba natijalari yotadi?	Olamning kengayayotgani, relikativ nurlanishning mavjudligi	Olamning stabilligi	Olamning bir jinsliliigi	Olamning izotropligi

40	Plank erasida nima sodir bo'lgan?	Kvark-glyuon plazma xosil bo'lgan	Mezon-glyuon plazma xosil bo'lgan	Adron-glyuon plazma xosil bo'lgan	Barion-glyuon plazma xosil bo'lgan
41	Leptonlar nima?	Lepton so'zi yupqa, nozik ma'nosini anglatadi. Bu zarralar kuchsiz va elektromagnit o'zaro ta'sirlarda qatnashadi	Kuchli o'zaro ta'sirda qatnashuvchi zarralar	Kuchsiz o'zaro ta'sirda qatnashuvchi zarralar	Elektromagnit o'zaro ta'sirda qatnashuvchi zarralar
42	Barionlarga misol keltiring?	Proton, neytron, lyambda barion	Elektron, neytron, lyambda barion	Pozitron, neytron, lyambda barion	Myu-mezon, neytron, lyambda barion
43	Birinchi avlod leptonlar?	Elektron va elektron neytrino	Proton va elektron neytrino	Myu-mezon va elektron neytrino	Barion va elektron neytrino
44	Ikkinchi avlod leptonlar?	Myuon va myuon neytrino	Elektron va myuon neytrino	Proton va elektron neytrino	Barion va elektron neytrino
45	Uchinchi avlod leptonlar?	Tau-lepton va tau neytrino	Myuon va myuon neytrino	Elektron va myuon neytrino	Proton va elektron neytrino
46	Birinchi avlod antileptonlar?	Pozitron va elektron antineytrino	Tau plyus lepton va tau antineytrino	Myu plyus mezon va myu antineytrino	Tau-lepton va tau neytrino
47	Ikkinchi avlod antileptonlar?	Myu plyus mezon va myu antineytrino	Pozitron va elektron antineytrino	Tau plyus lepton va tau antineytrino	Myuon va myuon neytrino
48	Uchinchi avlod antileptonlar?	Tau plyus lepton va tau antineytrino	Myu plyus mezon va myu antineytrino	Pozitron va elektron antineytrino	Elektron va elektron neytrino
49	Absolyut stabil zarralar nechta?	Foton, elektron, proton, 3 turdagi neytrino va ularning antizarralari, ja'mi 12 ta	Foton, elektron, proton, va ularning antizarralari, ja'mi 6 ta	Bunday zarralar mavjud emas	3 turdagi neytrino va ularning antizarralari, ja'mi 6 ta
50	Barion zaryadi (soni) saqlanish qonuni asosida nima yotadi?	Protonning stabilligi	Elektronning stabilligi	Neytrinoning stabilligi	Olamning stabilligi
51	Lepton zaryadi (soni) saqlanish qonuni asosida nima yotadi?	Elektronning stabilligi	Protonning stabilligi	Olamning stabilligi	Neytrinoning stabilligi
52	Koinot nurlari tarkibi nimadan iborat?	Asosan, elektronlar, proton, neytron va tartib nomeri 30 dan kichik ximik elementlar yadrolaridan iborat	Asosan, elektronlar, proton, neytron va tartib nomeri 30 dan katta ximik elementlar yadrolaridan iborat	Asosan, elektronlar, proton, neytron va tartib nomeri 50 dan katta ximik elementlar yadrolaridan iborat	Optik diapozondagi nurlardan iborat

53	Xiggs zarra qanday zarra?	Xiggs zarra boshqa zarralar tomonidan yutilganda bu zarralar massaga ega bo'lishadi	Xiggs zarra boshqa zarralar tomonidan chiqarilganda bu zarralar massaga ega bo'lishadi	Xiggs zarra boshqa zarralar tomonidan yutilganda bu zarralar massasini yo'qotadi	Xiggs zarra boshqa zarralarga birikkanda bu zarralar massasini yo'qotadi
54	Xiggs zarra qaysi kollayderda birinchi marta kuzatilgan?	Katta adron kollayderida	Tevatronda	Siklotronda	Betatronda
55	t-va b-kvarklarni to'la o'rganish kaysi kollayderda rejalashtirilgan?	Katta adron kollayderida	Tevatronda	Siklotronda	Betatronda
56	Katta adron kollayderi katta halqasi o'lchami istiqbolda qanday bo'lishi rejalashtirilgan?	100 km	80 km	60 km	90 km
57	Katta adron kollayderidagi tadqiqotlar qaysi yilgacha rejalashtirilgan?	2034 yilgacha	2100 yilgacha	2050 yilgacha	2080 yilgacha
58	Tabiatda erishilgan eng kichik masofa qanday o'lchamda?	10^{-17} m	10^{-7} m	10^{-15} m	10^{-27} m
59	Nanotexnologiyalar asosi fizikaning qaysi sohasiga tegishli?	Qattiq jismlar fizikasiga	Yadro fizikasiga	Elementar zarralar fizikasiga	Koinot nurlari fizikasiga
60	Nanotexnologik ob'ektlar tabiiymi?	sun'iy	tabiiy	g'ayritabiiy	ham tabiiy ham sun'iy
61	Eng yengil barion qaysi zarra?	proton	neytron	Delta barion	Lyambda barion
62	Eng yengil mezon qaysi zarra?	Pi nol mezon	Myu-mezon	K-mezon	D-mezon
63	Fundamental o'zaro ta'sirlar nechta?	4 ta	2 ta	5 ta	7 ta
64	Koinotdan yerga keladigan yuqori energiyali zarrachalar asosan qaerda to'xtatiladi?	Yerning magnitosferasida	Litosferada	Yer atmosferasida	Termosferada

65	Katta portlash nazariyasiga ko'ra $t=0$ vaqt momentidan oldin $R=0$ nuqtada nima bo'lgan.	Hech narsa	Yuqori temperatura va zichlikka ega bo'lgan ulkan olovli shar	Zarrachalar	Antizarrachalar
66	Katta portlash nazariyasiga ko'ra $t=0$ vaqt momentida $R=0$ nuqtada nima xosil bo'ladi.	Yuqori temperatura va zichlikka ega bo'lgan ulkan olovli shar	Hech narsa	Antizarrachalar	Zarrachalar
67	Neytron yulduzlarinig zichligi qanday bo'ladi?	Taxminan $2 \cdot 10^{14} \text{ g/sm}^3$	Taxminan $2 \cdot 10^{15} \text{ g/sm}^3$	Taxminan $2 \cdot 10^{13} \text{ g/sm}^3$	Taxminan $2 \cdot 10^{16} \text{ g/sm}^3$
68	Qora tuynuklarning zichligi qanday bo'ladi?	Taxminan $2 \cdot 10^{16} \text{ g/sm}^3$ dan ortiq	Taxminan $2 \cdot 10^{14} \text{ g/sm}^3$ dan ortiq	Taxminan $2 \cdot 10^{15} \text{ g/sm}^3$ dan ortiq	Taxminan $2 \cdot 10^{13} \text{ g/sm}^3$ dan ortiq
69	Kosmosdan keluvchi radiodiapazondagi to'lqinlarining manbasi qanday nomlanadi?	Kvazarlar	Neytron yulduzlari	Pulsarlar	Oq mittilar
70	Barcha o'zaro ta'sirlarda qatnashuvchi zarralar - ...	Adronlar	Leptonlar	Ta'sir tashuvchilar	kvarklar
71	Elektromagnit, kuchsiz va gravitatsion o'zaro ta'sirlarda qatnashuvchi zarralar?	Leptonlar	Adronlar	Barionlar	Mezonlar
72	Kuchsiz va gravitatsion o'zaro ta'sirlarda qatnashuvchi zarralar?	3 turdagi neytrinolar	Elektron, myu-mezon, tau-lepton	Proton, neytron, elektron	Foton, gamma kvantlar
73	Ta'sir tashuvchilar qaysi zarralar?	$8g, W^+, W^-, Z^0, \text{foton}, G$	Barcha zarralar	Adronlar	Leptonlar
74	Tabiatda erishilgan eng katta masofa qanday o'lchamda?	10^{26} m	10^{16} m	10^{46} m	10^{36} m

75	Tezlatgichlarsiz astrozarralar fizikasining ahamiyati nimada?	Tezlatgichlarsiz astrozarralar fizikasi tabiiy sharoitlardagi zarralar xususiyatini o'rganishi bilan ahamiyatlidir	Tezlatgichlarsiz astrozarralar fizikasi g'ayritabiiy sharoitlardagi zarralar xususiyatini o'rganishi bilan ahamiyatlidir	Tezlatgichlarsiz astrozarralar fizikasi tabiiy bo'lmagan sharoitlardagi zarralar xususiyatini o'rganishi bilan ahamiyatlidir	Tezlatgichlarsiz astrozarralar fizikasi sun'iy sharoitlardagi zarralar xususiyatini o'rganishi bilan ahamiyatlidir
76	Adron so'zining mahnosi?	Katta, yirik	o'rtacha	Yupqa, nozik	og'ir
77	Mezon so'zining ma'nosi?	o'rtacha	Yupqa, nozik	og'ir	yirik
78	Lepton so'zining ma'nosi?	Yupqa, nozik	og'ir	o'rtacha	yirik
79	Eng yengil lepton qaysi zarra?	Elektron	Myuon	Tau-lepton	Proton
80	Zarralar olami necha o'lchamli?	13 o'lchamli	11 o'lchamli	3 o'lchamli	4 o'lchamli
81	Izotopik fazo necha o'lchamli?	3 o'lchamli	4 o'lchamli	2 o'lchamli	1 o'lchamli
82	Zarralar fizikasining asosiy quoli nima?	Tezlatgichlar	Teleskoplar	Radioaktiv manbalar	Sun'iy yo'ldoshlar
83	Atmosfera neytrinosi qanday neytrino?	Myu-neytrino	Elektron neytrino	Tau-neytrino	Steril neytrino
84	Qaysi neytrinoga Quyosh neytrinosi deyiladi?	Elektron neytrinoga	Myu- neytrinoga	Tau- neytrinoga	Steril neytrinoga
85	Nanotexnologiyalarni nazorat qilishning maqsadi nimada?	Nanomateriallarning toksik xususiyati paydo bo'lishi oldini olish	Nanomateriallarga salbiy diniy munosabatlar oldini olish	Nanomateriallarga salbiy diniy munosabatning oldini olish	Nanomateriallarning keng tarqalishi oldini olish
86	Yangi fan yo'nalishlari-...	Nanofizika, Ekonomfizika, Meditsina fizikasi, Nanoximiya, Nanomeditsina, ...	Kvant fizika, Yadro fizikasi, Sinergetika,...	Nanofizika, Ekonomfizika, Meditsina fizikasi	Nanoximiya, Nanomeditsina
87	Katta adron kollyayderidagi detektorlar nechta?	7 ta	5 ta	6 ta	4 ta
88	ATLAS detektorini vazifasi nima?	Xiggs bozonini izlash va "nostandart fizika"ni hamda qora materiyani izlashga mo'ljallangan	"Nostandart fizika"ni hamda qora materiyani izlashdan iborat	Qora materiyani izlashdan iborat	Xiggs bozonini izlashdan iborat

89	Katta adron kollayderidagi asosiy detektorlar nechta?	4 ta	3 ta	5 ta	7 ta
90	ALICE detektori vazifasi nimadan iborat?	Qo'rg'oshin ionlari to'qnashganda kvark-glyuon plazmani o'rganish	Qo'rg'oshin ionlari to'qnashganda gravitatsion to'lqinlarni o'rganish	Qo'rg'oshin ionlari to'qnashganda qora energiyani o'rganish	Qo'rg'oshin ionlari to'qnashganda qora materiyani o'rganish
91	SMS detektori vazifasi nimadan iborat?	Xiggs bozonini izlash va "nostandart fizika"ni hamda qora materiyani izlashdan iborat	"Nostandart fizika"ni hamda qora materiyani izlashdan iborat	Qora materiyani izlashdan iborat	Xiggs bozonini izlashdan iborat
92	LHCb detektori vazifasi nimadan iborat?	b-kvarklar tabiatini o'rganish	u-kvarklar tabiatini o'rganish	d-kvarklar tabiatini o'rganish	s-kvarklar tabiatini o'rganish
93	Katta adron kollayderidagi yordamchi detektorlar?	3 ta TOTEM, LHCf va MoEDAL	4 ta ATLAS, TOTEM, LHCf va MoEDAL	2 ta TOTEM, LHCf	1 ta TOTEM
94	Gran Sasso laboratoriyasining asosiy vazifasi?	Neytrino ossilyatsiyasini o'rganish	Neytrino massasini o'lchash	Protonlarni o'rganish	Leptonlarni o'rganish
95	Katta adron kollayderida tezlatish necha bosqichda amalga oshiriladi?	4 ta bosqichda	5 ta bosqichda	6 ta bosqichda	3 ta bosqichda
96	Katta adron kollayderida qanday zarralar tezlatiladi?	Protonlar va qo'rg'oshin ionlari	Har qanday zarralar	Elektron va pozitronlar	Proton va antiprotonlar
97	Katta adron kollayderi ravshanligi (yorqinligi) nimaga teng?	$1,7 \cdot 10^{34}$ zarra/sm ² ·s	$1,7 \cdot 10^{30}$ zarra/s m ² ·s	$1,7 \cdot 10^{40}$ zarra/s m ² ·s	$1,7 \cdot 10^{36}$ zarra/s m ² ·s
98	Katta adron kollayderida erishilgan eng katta energiya?	14 TeV	18 TeV	24 TeV	10 TeV
99	Neytrino ossilyatsiyasiga olib keluvchi sabab nima?	Neytrino ossilyatsiyasiga olib keluvchi sabab neytrinolarning massaga egaligi	Neytrino ossilyatsiyasiga olib keluvchi sabab neytrinolarning massaga ega emasligi	Neytrino ossilyatsiyasiga olib keluvchi sabab neytrinolarning massasi o'ga tengligi	Neytrino ossilyatsiyasiga olib keluvchi sabab neytrinolar massasi tengligi

100	Geoneytrino qanday neytrino?	Yerdagi radiaktiv elementlar parchalanishidan hosil bo'lgan neytrino geoneytrino deyiladi	Quyoshdagi jarayonlarda hosil bo'lgan neytrinoga geoneytrino deyiladi	Atmosferada hosil bo'lgan neytrino geoneytrino deyiladi	Atom reaktorlarida hosil bo'lgan neytrino geoneytrino deyiladi
-----	------------------------------	---	---	---	--

ADABIYOTLAR RO'YXATI

I. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining asarlari

1. Mirziyoev SH.M.«Xalqimizning roziligi bizning faolyatimizga berilgan eng oliy bahodir» 2-jild -T. : O'zbekiston, 2019, 592 b.
2. Mirziyoev Sh.M. Milliy tiklanishdan – milliy yuksalish sari. 4-jild.– T.: “O'zbekiston”, 2020. – 400 b.

II. Normativ-huquqiy hujjatlar

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 8 oktabr “O'zbekiston Respublikasi oliy ta'lim tizimini 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida”gi PF-5847- sonli Farmoni.
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 29 oktabrdagi “Ilm-fanni 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida”gi PF-6097-sonli Farmon.
3. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining “Oliy ta'lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida” 2019-yil 23-sentabrdagi 797-sonli qarori.
4. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining “Oliy ta'lim tashkilotlari rahbar va pedagog kadrlarini qayta tayyorlash va malakasini oshirish tizimini samarali tashkil qilish chora-tadbirlari to'g'risida”gi 11.07.2024 yildagi 415-son qaror

MAXSUS ADABIYOTLAR

1. A.A. Abdujabbarov, B.J. Ahmedov, Photons Motion and Optical Properties of Black holes, Tashkent, 2019, 184 pp.
2. Andi Klein and Alexander Godunov. “Introductory Computational Physics”. Cambridge University Press 2010.
3. ViatcheslavMukhanov, Physical Foundations of Cosmology Cambridge University Press, 2012, DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511790553> 38. Vittorio Degiorio, IlariaCristiani /Photonics. A short course/ Springer International Publishing Switzerland 2014.

4. William D. Callister Jr. Materials Sciences and Engineering. An Introduction. John Wiley & Sons. Ins. 2010. – P. 1000.
5. Архангелская И.В., Розентал И.Л., Чернин А.Д. Космология и физический вакуум. Изд. стереотип. URSS. 2020. 214 с. ISBN 978-5-396- 00993-6.
6. James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein’s General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.
7. Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.
8. Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.
9. Сивухин Д.В, Курс общей физики, учебное пособие для вузов, т. 5 – Атомная и ядерная физика, 3-е издание, ФИЗМАТИЗ, 2011.
- 10.L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.
- 11.Т. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
- 12.Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.
- 13.Филченков М.Л., Гравитация, астрофизика, космология: дополнительные главы, «ЛИБРОКОМ», 2010.
- 14.Бочкарев Н.Г.б Магнитные поля в космосе, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 216 с.

Internet ma’lumotlari

- 15.. <https://en.wikipedia.org/wiki/>
16. <http://phet.colorado.edu>
- 17.http://hea.iki.rssi.ru/HEAD_RUS/links_k.htm
- 18.<https://books.google.com/books?isbn=0226069710>
- 19.<https://books.google.com/books?isbn=0226724573>
- 20.[https:// nuclphys.sinp.msu.ru/](https://nuclphys.sinp.msu.ru/)

