



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

ASTRONOMIYA VA ASTROFIZIKANING ZAMONAVIY MUAMMOLARI VA YUTUQLARI

**MODULI BO‘YICHA
O‘QUV – USLUBIY**

MAJMUA

2026

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

**OLIY TA’LIM TIZIMI KADRLARINI QAYTA
TAYYORLASH VA MALAKASINI OSHIRISH INSTITUTI**

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

Astronomiya va astrofizikaning zamonaviy muammolari va yutuqlari

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

Toshkent - 2026

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

tayyorlandi.

Tuzuvchi: O‘zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi, Astronomiya instituti laboratoriya mudiri, akademik Bobomurot Jo‘rayevich Ahmedov

Taqrizchi: O‘zbekiston Milliy universiteti, f.-m.f.d., prof. Sh.U.Yuldashev f.-m.f.n., katta ilmiy xodim -O.G‘.Rahimov

Xorijiy ekspert: prof. K. Nakamura (Yaponiya),
prof. F.Fattoyev – Manhetten kolledji (AQSH)

***O‘quv-uslubiy majmua Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti Kengashining qarori bilan nashrga tavsiya qilingan
(2025- yil “28” noyabrda 3-sonli bayonnoma).***

MUNDARIJA

I. ISHCHI DASTUR	5
II. MODULNI O‘QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTERFAOL TA’LIM METODLARI.....	16
III. NAZARIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI	20
IV. AMALIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI.....	90
V. KYEYSLAR BANKI.....	99
VI. MUSTAQIL TA’LIM MAVZULARI.....	101
VII. GLOSSARIY	102
VIII.ADABIYOTLAR RO'YXATI.....	116

I. ISHCHI DASTUR

KIRISH

Ushbu dastur O‘zbekiston Respublikasining 2020-yil 23-sentabrda tasdiqlangan “Ta’lim to‘g‘risida” Qonuni, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2015-yil 12-iYundagi “Oliy ta’lim muassasalarining rahbar va pedagog kadrlarini qayta tayyorlash va malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish to‘g‘risida” PF-4732-son, 2019-yil 27-avgustdagi “Oliy ta’lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining uzluksiz malakasini oshirish tizimini joriy etish to‘g‘risida” PF-5789-son, 2019-yil 8-oktabrdagi “O‘zbekiston Respublikasi oliy ta’lim tizimini 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida” PF-5847-son, 2020-yil 29-oktabrdagi “Ilm-fanni 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida” PF-6097-son, 2022-yil 28-yanvardagi “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida” 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” PF-14-son, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 11-sentabrdagi ““O‘zbekiston — 2030” strategiyasi to‘g‘risida” PF-158-son Farmonlari, shuningdek, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 21-iYundagi “Aholi va davlat xizmatchilarining korrupsiyaga qarshi kurashish sohasidagi bilimlarini uzluksiz oshirish tizimini joriy qilish chora-tadbirlari to‘g‘risida” PQ-228-son, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 17-fevraldagi “Sun‘iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish uchun shart-sharoitlar yaratish chora-tadbirlari to‘g‘risida” PQ-4996-son qarorlari va 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 hamda 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” 2024-yil 11-iYuldagi 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 yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi va jamiyatning ma’naviy asoslarini yoritib berish, oliy ta’limning normativ-huquqiy asoslari bo‘yicha ta’lim-tarbiya jarayonlarini tashkil etish, pedagogik faoliyatda raqamli kompetensiyalarni rivojlantirish, ilmiy-innovatsion faoliyat darajasini oshirish, pedagogning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirish, ta’lim sifatini ta’minlashda baholash metodikalaridan samarali foydalanish, fizik jarayonlarni kompYuterda modellashtirish asoslarini o‘zlashtirish, astronomiya va astrofizikaning zamonaviy muammolarini o‘rganish va

Yutuqlaridan foydalanish bo'yicha tegishli bilim, ko'nikma, malaka va kompetensiyalarni rivojlantirishga yo'naltirilgan.

Modulning maqsadi va vazifalari

Oliy ta'lim muasasalari pedagog kadrlarini qayta tayyorlash va ularning malakasini oshirish kursining **maqsadi** pedagog kadrlarning innovatsion yondoshuvlar asosida o'quv-tarbiyaviy jarayonlarni Yuksak ilmiy-metodik darajada loyihalashtirish, 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 va astronomiya” yo'nalishida pedagog kadrlarning kasbiy bilim, ko'nikma, malakalarini takomillashtirish va rivojlantirish;

- pedagoglarning ijodiy-innovatsion faollik darajasini oshirish;
- pedagog kadrlar tomonidan zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari, zamonaviy ta'lim va innovatsion texnologiyalar sohasidagi ilg'or xorijiy tajribalarning o'zlashtirilishini ta'minlash;
- o'quv jarayonini tashkil etish va uning sifatini ta'minlash borasidagi ilg'or xorijiy tajribalar, zamonaviy yondashuvlarni o'zlashtirish;

“Fizika va astronomiya” yo'nalishida qayta tayyorlash va malaka oshirish jarayonlarini fan va ishlab chiqarishdagi innovatsiyalar bilan o'zaro integratsiyasini ta'minlash.

Kurs yakunida tinglovchilarning bilim, ko'nikma va malakalari hamda kompetensiyalariga qo'yiladigan talablar:

Qayta tayyorlash va malaka oshirish kursining o'quv modullari bo'yicha tinglovchilar quyidagi yangi bilim, ko'nikma, malaka hamda kompetensiyalarga ega bo'lishlari talab etiladi:

Tinglovchi:

- “Yangi O'zbekiston” konsepsiyasi, uning mazmun mohiyati va asosiy tamoyillarini;
- O'zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasida inson va fuqaroning asosiy huquqlari, erkinliklari va burchlarini;
- O'zbekiston Respublikasining “Ilm-fan va ilmiy faoliyat to'g'risida” hamda “Innovatsion faoliyat to'g'risida” Qonunlarini;
- O'zbekiston Respublikasining zamonaviy konstitutsionalizmini;
- aholi talablariga va xalqaro standartlarga to'liq javob beradigan ta'lim, tibbiyot va ijtimoiy himoya tizimini tashkil qilishni;

- “Yashil” va inklyuziv iqtisodiy o‘shish tamoyillariga asoslangan Yuqori iqtisodiy o‘shish dasturlari va ularning amaliyotga tadbiq etish istiqbollari;

- O‘zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasida ma‘muriy-hududiy va davlat tuzilishi masalalarini;

- jamiyatning iqtisodiy negizlarini;

- “Xavfsiz va tinchliksevar davlat” tamoyiliga asoslangan siyosatni;

- Oliy ta‘lim sohasiga oid qonun hujjatlari va ularning mazmunini;

- O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining oliy ta‘lim tizimiga oid farmonlari, qarorlarini;

- O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining oliy ta‘lim tizimiga tegishli qarorlarini;

- Oliy ta‘lim, fan va innovatsiya vazirligining ta‘lim jarayonlarini rejalashtirish va tashkil etishga oid buyruqlarini;

- Davlat ta‘lim standartlari, ta‘lim yo‘nalishlari va magistratura mutaxassisliklarining Malaka talablari, o‘quv rejalari, fan dasturlari va ularga qo‘yiladigan talablarni, o‘quv yuklamalarini rejalashtirish va ularning bajarilishini nazorat qilish usullarini;

- oliy ta‘lim tizimida korrupsiya va korrupsiyaga oid huquqbuzarliklarga qarshi kurashish vazifalari, mazmun-mohiyati, Yuzaga kelish sabablari, ijtimoiy-huquqiy omillarini;

- ta‘lim jarayonini raqamli transformatsiyasini;

- raqamli ta‘lim resurslari va dasturiy mahsulotlarini;

- raqamli ta‘lim resursini pedagogik loyihalash texnologiyasini;

- mediasavodxonlik va xavfsizlik asoslarini;

- raqamli ta‘lim resurslarini loyihalash uchun asosiy talablarni;

- meta texnologiyalar tushunchasi, avzalliklari va kamchiliklarini;

- zamonaviy ta‘lim tizimida sun‘iy intellekt (AI) ning ahamiyatini;

- ta‘limda sun‘iy intellektningdan foydalanish istiqbollari va xavflarini;

- bilimlarni sinash va baholashning aqlli tizimlarini;

- jahonda oliy ta‘lim rivojlanish tendensiyalari: umumiy trendlar va strategik yo‘nalishlarni;

- zamonaviy ta‘limning global trendlarini;

- inson kapitalining iqtisodiy o‘shishning asosiy omili sifatida rivojlanishida ta‘limning yoshdagi ahamiyatini;

- oliy ta‘limning zamonaviy integratsiyasi: global va mintaqaviy makonda raqobatchilikdagi ustuvorliklari, universitetlarning xalqaro va milliy reytingini;

- xalqaro reyting turlari va ularning indikatorlarini;

- zamonaviy universitet jamiyatning faol, ko‘pqirrali va samarali faoliyat

Yurituvchi instituti sifatidagi uchta yirik vazifalarini;

- universitetlarning zamonaviy modellarini;
- zamonaviy kelajak universitetlarning beshta asosiy modellarini;
- tadbirkorlik universiteti faoliyatining muhim yo‘nalishlarini;
- pedagogning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishning nazariy asoslarini;
- innovatsion ta’lim muhiti sharoitida pedagogning kasbiy kompetensiyalarini

rivojlantirish yo‘llarini;

- kasbiy kompetensiyalarning mazmun va mohiyatini;
- kasbiy kompetensiyalar va ularning o‘ziga xos xususiyatlarini;
- pedagogik texnikaning asosiy komponentlarini;
- pedagogik texnikani shakllantirish yo‘llarini;
- kasbiy kompetensiyalarni rivojlantirish jarayonini tashkil etishda innovatsion, akmeologik, aksiologik, kreativ, refleksiv, texnologik, kompetentli, psixologik, andragogik yondashuvlar va xalqaro tajribalar hamda ularning kasbiy kompetensiyalarni rivojlantirishga ta’sirini;

• kasbiy kompetensiyalarni rivojlantirish jarayonida pedagogik deontologiyaning roli, ahamiyatini;

• kasbiy kompetensiyalarni rivojlantirishda uchraydigan to‘siqlarni yechishda, to‘g‘ri harakatlar qilishda pedagogning kompetentlik va kreativlik darajasi, pedagogik kvalimetriyasini;

- talabalar kasbiy tayyorgarlik sifatini kompleks baholashning nazariyasini;
- ta’lim sifatiga ta’sir etuvchi omillarni;
- kredit-modul tizimida talabalarning bilimi, ko‘nikmasi, malakasi va kompetensiyalarini nazorat qilish va baholashning o‘ziga xos xususiyatlari, didaktik funksiyalarini;

- baholash turlari, tamoyillari va mezonlarini;
- kompYuterli eksperiment bosqichlarini;
- dasturiy ta’minot: Spyder/MatlabWork vositalari va tillarini;
- kodlarni tuzish: algoritmlar, o‘zgaruvchanlar, ma’lumotlar turlarini;
- dasturlar tuzishning dastlabki qadamlari, chiziqli algoritmlar va oddiy misollarini;

- tarmoqlanuvchi algoritmlar, if va else shart operatrlari bilan ishlash misollarini;
- koinot to‘g‘risidagi tasavvurlarning paydo bo‘lishi va rivojlanishini;
- Yulduzlarning paydo bo‘lish jarayonini;
- kompakt gravitatsion obyektlarni;
- qora o‘ralar va ularning tiplarini;
- neytron Yulduz va oq mittilarni;
- James Webb va Hubble kosmik teleskoplarning zamonaviy kuzatuvlari va

kashfiyotlarini **bilishi** kerak.

Tinglovchi:

- “O‘zbekiston-2030” strategiyasining mazmun-mohiyati va ahamiyatini yoritib berish;
- O‘zbekistonning xalqaro maydondagi siyosiy va iqtisodiy aloqalarini tahlil etish va baholash;
- yangi O‘zbekistonning ma’naviy va madaniy tiklanish dasturlari asoslarini o‘zlashtirish;
- O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining Oliy ta’lim tizimiga tegishli qarorlari asosida ta’lim-tarbiya jarayonlarini tashkil etish;
- xorijiy tajribalar asosida malaka talablari, o‘quv rejalari va fan dasturlarini takomillashtirish;
- korrupsiyaga qarshi kurashish ichki tizimining huquqiy asoslarini shakllantirishda xalqaro tajribaning ahamiyatini yoritib berish;
- multimedia va infografika asosida interaktiv didaktik materiallar yaratish va bulut xizmatlarida saqlash;
- masofiviy ta’lim platformalari uchun video kontent yaratish;
- Internetda mualliflik huquqlarini himoya qilish usullaridan foydalanish;
- raqamli ta’lim resurslari sifatini baholash;
- pedagogik jarayonda sun’iy intellektning rolini tahlil qilish va ahamiyatini ochib berish;
- ta’lim sohasida sun’iy intellektdan foydalanishning afzalliklari va kamchiliklarini aniqlash;
- OTMlarni reyting bo‘yicha ranjirlash;
- jahon universitetlari reytingini tahlil etish va baholash;
- universitetlarni mustaqil baholash yondashuvlarini aniqlashtirish;
- tadbirkorlik universitetiga o‘tish uchun zarur bo‘ladigan o‘zgarishlarni aniqlash;
- Universitet 1.0 dan Universitet 3.0 modeliga o‘tish borasidagi muammolarni aniqlash;
- zamonaviy tadbirkorlik universiteti modeli tamoyillarini o‘zlashtirish;
- pedagoglarning kreativ potentsiali tushunchasi va mohiyatini ochib berish;
- pedagoglar kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishning innovatsion texnologiyalarini qo‘llash;
- o‘qituvchi faoliyatida pedagogik texnikaning ahamiyatini yoritib berish;
- tinglovchilar diqqatini o‘ziga tortish usullaridan foydalanish;
- kasbiy kompetensiyalarni shakllantirish va rivojlantirish yo‘llarini tahlil etish;

- kasbiy kompetensiyalarni rivojlantirish jarayonida uchraydigan to‘siqlar, qiyinchiliklar va ularni bartaraf etish;
- talabalarning o‘quv auditoriyadagi faoliyatini baholash;
- talabalarning kurs ishi, bitiruv malakaviy ishi, o‘quv-malakaviy amaliyot (mehnat faoliyati)ni nazorat qilish;
- baholashning miqdor va sifat tahlilini amalga oshirish;
- baholash turlari, tamoyillari va mezonlarini;
- kompYuterda, modellashtirish uchun operatsion tizim tushunchasini bilish;
- Python redaktorlarini (Spyder, PyCharm, VS Code) o‘rnatish;
- munosabatlar, tanlash va solishtirish operatorlari bilan ishlash;
- sonli integrallash va differensial tenglamalarni sonli yechish usullardan foydalanish;
- teylor qatorlari asosida funksiyalarning qiymatini hisoblash;
- grafiklar chizish usullari: matplotlib, pyplot bibliotekasi parametrlari, ular yordamida turli shakildagi grafik va gistogrammalarni chizish;
- koinotning yirik mashtabdagi strukturasidan foydalanish;
- ekzoplanetalar va zamonaviy kuzatuvlarni amalga oshirish *ko‘nikmalariga* ega bo‘lishi lozim.

Tinglovchi:

- O‘zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasidagi asosiy o‘zgarishlarni tahlil qilish va ularning zarurligini muhokama etish;
- O‘zbekiston Respublikasida ilm-fanni 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasining mazmun-mohiyati va ahamiyatini ochib berish;
- mamlakatimizning raqamli va harbiy-tibbiy infratuzilmasini takomillashtirishga oid chora tadbirlar bilan ishlash;
- davlat hokimiyatining tashkil etilishining konstitutsiyaviy asoslarini o‘zlashtirish;
- Oliy ta’lim, fan va innovatsiya vazirligining ta’lim-tarbiya jarayonini tashkil etishga oid buyruqlari, Davlat ta’lim standartlari, ta’lim yo‘nalishlarining va magistratura mutaxassisliklarining malaka talablari, o‘quv rejalar va fan dasturlarini takomillashtirish;
- o‘quv Yuklamalarni rejalashtirish va ularning bajarilishini nazorat qilish;
- meyoriy uslubiy hujjatlarni ishlab chiqish amaliyotini takomillashtirish mexanizmlarini tahlil etish;

- korrupsiyaviy xavf-xatarlarni aniqlash, ularni majburiy baholash, korrupsiya xavfi Yuqori hisoblangan lavozimlar ro'yhatini shakllantirish, xavflar darajasini pasaytirish chora tadbirlarini amalga oshirish tartibidan samarali foydalanish;

- an'anaviy va raqamli ta'limda pedagogik dizaynning xususiyatlarini ochib berish;

- onlayn mashg'ulotlarni tashkil etishda raqamli texnologiyalardan foydalanish;

- mediasavodxonlik va xavfsizlik asoslarini o'zlashtirish;

- pedagogik faoliyatda raqamli kompetensiyalarni rivojlantirish;

- raqamli ta'lim resurslaridan foydalanish;

- meta texnologiyalarni ta'limga samarali integratsiya qilish yo'llaridan foydalanish;

- ta'limdagi sun'iy intellektning xususiyatlarini muhokama qilish;

- xalqaro reyting turlari va ularning indikatorlarining ahamiyatini ochib berish;

- OTM reytingiga ta'sir etuvchi omillarni tahlil etish;

- universitetlarning zamonaviy modellarini o'rganish;

- OTM bitiruvchilari va xodimlari tomonidan texnologiyalar transferiga litsenziyalar oluvchi startaplarni shakllantirish va yaratish;

- professor-o'qituvchilarning tadqiqotchi sifatidagi nashr faolligini rivojlantirish istiqbollari tahlil etish;

- innovatsion ta'lim muhiti sharoitida pedagogning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirish;

- pedagog kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirish hususiyatlarini tahlil etish va baholash;

- ijtimoiy va kasbiy tajribaga asoslangan intellektual mashqlarni ishlab chiqish;

- o'quv jarayoni ishtirokchilarini bir-birlari bilan tanishtirish, samimiy do'stona munosabat va ijodiy muhitni Yuzaga keltirish, tinglovchilarning ijodiy imkoniyati va shaxsiy sifatlarini ochish, tinglovchilarning hamkorlikda ishlashlari uchun qulay sharoitni vujudga keltirish;

- tinglovchilarning kasbiy kompetensiyalarini o'rganish, tanishish;

- kasbiy kompetensiyalarni rivojlantirish jarayonida pedagogik deontologiyaning roli, ahamiyatini ochib berish;

- ta'lim sifatiga ta'sir etuvchi omillar (moddiy-texnik baza, professor-o'qituvchilarning salohiyati va o'quv-metodik ta'minot)ni tahlil etish va baholash;

- talabalarning o'quv auditoriyadan tashqari faoliyatini baholash;

- talabalarning o'quv auditoriyadan tashqari faoliyatini baholashda o'quv topshiriqlari (reproduktiv, produktiv, qisman-izlanishli, kreativ (ijodiy) murakkablik)ni ishlab chiqish metodikasidan samarali foydalanish;

- baholash turlari, tamoyillari va mezonlarini o'rganish;

- sikllar yordamida summa va ko'paytmalarni topish;
- Chandrasekar va O'pengeymer-Volkov chegaralaridan foydalana olish;
- chala tarmoqli va to'liq tarmoqli algoritmlarni ahamiyatini ochib berish;
- James Webb va Hubble kosmik teleskoplarining zamonaviy kuzatuvlari va kashfiyotlarni kelib chiqishini tushuntirib berish;

- python tiliga kirish: proyektni saqlash va tayyorini davom ettirish, sintaksisining asosiy qoidalarini qo'llash;

- Yulduzlar evolutsiyasini o'rganish **malakalariga** ega bo'lishi lozim.

Tinglovchi:

- 2030-yilgacha O'zbekiston Respublikasining yashil iqtisodiyotga o'tish va ekologik barqarorlikga erishish strategiyasi mohiyati bilan tanishish;

- "Yashil" va iqtisodiy o'sish tamoyillariga asoslangan Yuqori iqtisodiy o'sish dasturlarini amaliyotga tatbiq etish;

- yoshlar ma'naviyatini oshirish bo'yicha davlat dasturlari Yuzasidan muhokama tashkil etish va ulardan samarali foydalanish;

- O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiya vazirligining buyruqlari asosida ta'lim-tarbiya jarayonlarini tashkil etish;

- Davlat ta'lim standartlari, malaka talablari, o'quv rejalar va fan dasturlar asosida fanning ishchi dasturini ishlab chiqish amal qilish va ularni ijrosini ta'minlash;

- oliy ta'lim tizimida manfaatlar to'qnashuviga yo'l qo'yilganlik holatlarini aniqlash, manfaatlar to'qnashuvi Yuzaga kelishi mumkin bo'lgan sohalarni oldini olish va bartaraf etish uchun chora-tadbirlar ishlab chiqish, fuqarolarni ishga qabul qilish jarayonlarini nazoratga olinishini ta'minlash (nomzodlarni tekshirish tartibi), ushbu sohada qo'llanishi lozim bo'lgan xorij tajribasidan foydalanish;

- raqamli ta'lim resurslari va dasturiy mahsulotlarini o'quv jarayoniga faol tatbiq etilishini tashkil etish;

- raqamli ta'lim resursini pedagogik loyihalash texnologiyasi asoslarini o'zlashtirish;

- raqamli ta'lim muhitida pedagogik dizaynga oid innovatsiyalarni amaliyotga tatbiq etish;

- meta texnologiyalarni tahlil qilish va ularning ta'limdagi ta'sirini ochib berish;

- sun'iy intellektning asosiy xususiyatlarini asoslab berish;

- universitetlarning xalqaro va milliy reytingini baholash;

- OTMlarda talim, ilmiy va innovatsion faoliyatni rivojlantirish, ilmiy tadqiqot natijalarni tijoratlashtirish yo'llarini tahlil etish va amaliyotga tatbiq etish;

- «Amaliyotchi professorlar» (PoP, Professor of Practice) modelini qo'llash;

- professor-o'qituvchilarning tadqiqotchi sifatidagi nashr faolligini rivojlantirish istiqbollari yoritib berish;

- pedagogning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishning nazariy asoslarini amaliyotga tadbiq etish;
- pedagogning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishning pedagogik-psixologik trayektoriyalarini ishlab chiqish;
- kasbiy kompetensiyalarni rivojlantirish jarayonida uchraydigan to‘siqlarning xilma-xilligi va o‘ziga xos xususiyatlari, sabablarini amaliy tomonlarini yoritish, ularni yechish bosqichlarini guruh bilan birgalikda aniqlash;
- talabalar kasbiy tayyorgarlik sifatini kompleks baholash;
- talabalar kasbiy tayyorgarlik sifatini kompleks baholashning elektron monitoring tizimini Yuritish;
- talabalarning ta’limiy (o‘quv predmetlari), tarbiyaviy (ma’naviy-ma’rifiy tadbirlar) va rivojlantiruvchi (ilmiy-tadqiqot ishi, start-up loyihalar) maqsadlarini baholash;
- baholash turlari, tamoyillari va mezonlarini baholash;
- qora o‘ralar, neytron Yulduzlarning xususiyatlarini yoritib berish;
- mexanik harakatlarni modellashtirish va ularni visuallashtirish usullaridan foydalanish;
- Gravastarlar, Bozon Yulduzlar, kvark Yulduzlarni farqlash;
- ekzoplanetalar va zamonaviy kuzatuvlarni amalga oshirish;
- neytron Yulduzlarning magnit maydonini o‘rganish;
- qorong‘i materiya va qorong‘i energiya mohiyatini ochib berish;
- Yulduzlarning paydo bo‘lish jarayonini tahlil etish **kompetensiyalariga** ega bo‘lishi lozim.

Modulni tashkil etish va o‘tkazish bo‘yicha tavsiyalar

Modulni o‘qitish ma’ruza va amaliy mashg‘ulotlar shaklida olib boriladi.

- Modulni o‘qitish jarayonida ta’limning zamonaviy metodlari, pedagogik texnologiyalar va axborot-kommunikatsiya texnologiyalari qo‘llanilishi nazarda tutilgan:
- ma’ruza darslarida zamonaviy kompYuter texnologiyalari yordamida prezentatsion va elektron-didaktik texnologiyalardan;
- o‘tkaziladigan amaliy mashg‘ulotlarda texnik vositalardan, ekspress-so‘rovlar, test so‘rovlari, aqliy hujum, guruhli fikrlash, kichik guruhlar bilan ishlash, kollokvium o‘tkazish, va boshqa interaktiv ta’lim usullarini qo‘llash nazarda tutiladi.

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

“Astronomiya va astrofizikaning zamonaviy muammolari va yutuqlari” moduli mazmuni o‘quv rejadagi “Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi va jamiyatning ma’naviy asoslari”, “Oliy ta’limning normativ huquqiy asoslari hamda tizimda korrupsiya va manfaatlar to‘qnashuvining oldini olish”, “Pedagogik faoliyatda

raqamli kompetensiyalar”, “Ilmiy va innovatsion faoliyatni rivojlantirish”, “Pedagogning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirish” “Ta’lim sifatini ta’minlashda baholash metodikalari” , “ Fizik jarayonlarni kompYuterda modellash” mutaxassislik o’quv modullari bilan uzviy bog’langan holda pedagoglarning ta’lim jarayonida kasbiy pedagogik tayyorgarlik darajasini oshirishga xizmat qiladi.

Modulning oliy ta’limdagi o’rni

Modulni o’zlashtirish orqali tinglovchilar ta’lim jarayonida Koinot to’g’risidagi tasavvurlarning paydo bo’lishi va rivojlanishi, yulduzlar evolyutsiyasi va Chandrasekar va Opengeymer-Volkov chegaralaridan foydalanish va amalda qo’llashga doir kasbiy kompetentlikka ega bo’ladilar.

Modul bo’yicha soatlar taqsimoti

№	Modul mavzulari	Auditoriya uquv Yuklamasi		
		Jami	jumladan	
			Nazariy	Amaliy mashg’ulot
1.	Koinot to’g’risidagi tasavvurlarning paydo bo’lishi va rivojlanishi.	2	2	
2.	Yulduzlar evolyutsiyasi.	2	2	
3.	Chandrasekar va Opengeymer-Volkov chegaralari.	2	2	
4.	James Webb va Hubble kosmik teleskoplarining zamonaviy kuzatuvlari va kashfiyotlari.	2	2	
5.	Yulduzlarning paydo bo’lish jarayoni.	2		2
6.	Qora o’ralar, neytron Yulduzlar. Qora o’ralar va ularning tiplari.	2		2
7.	Ko’p kanalli astronomiya. O’ta massiv qora o’ralar.	2		4
8.	Gravastarlar, Bozon Yulduzlar, kvark Yulduzlar.	2		2
	Jami:	18	8	10

NAZARIY MASHG’ULOTLAR MAZMUNI

1-mavzu: Koinot to’g’risidagi tasavvurlarning paydo bo’lishi va rivojlanishi. (2 soat)

1.1. Koinot to’g’risidagi tasavvurlarning paydo bo’lishi va rivojlanishi.

1.2. Qorong'i materiya va qorong'i energiya. Nukleosintez va elementlarning tarqalishi.

1.3. Koinotning yirik masshtabdagi strukturasi. Katta portlash va inflyatsiya.

2-mavzu: Yulduzlar evolYutsiyasi. (2 soat)

2.1. Yulduzlarning tarkibi. Yulduzlarda metallarning o'rni.

2.2. Gersshprung-Rassel diagrammasi.

2.3. O'ta massiv qora o'ralar. Kompakt gravitatsion obyektlar.

3-mavzu: Chandrasekar va Opengeymer-Volkov chegaralari. (2 soat)

3.1. Neytron Yulduz va oq mittilar. Neytron Yulduzlarning magnit maydoni.

3.2. Akkretsion disk. Qora o'raning nurlanishi. Qora o'ra termodinamikasi.

3.3. Qora o'ra tasviri. Gravitatsion to'lqinlar.

4-mavzu: James Webb va Hubble kosmik teleskoplarning zamonaviy kuzatuvlari va kashfiyotlari. (2 soat)

4.1. Ekzoplanetalar va zamonaviy kuzatuvlar. Galaktikalar va ularning turlari.

4.2. Ekzotik Yulduzlar: gravostarlar, bozon Yulduzlar, kvark Yulduzlar.

4.3. Galaktikalarning shakllanishi. Galaktikalarning turlari.

AMALIY MASHG'ULOTLAR MAZMUNI

1-amaliy mashg'ulot: Yulduzlarning paydo bo'lish jarayoni. (2 soat)

2-amaliy mashg'ulot: Qora o'ralar, neytron Yulduzlar. Qora o'ralar va ularning tiplari. (2 soat)

3- amaliy mashg'ulot: Ko'p kanalli astronomiya. O'ta massiv qora o'ralar. (4 soat)

4- amaliy mashg'ulot: Gravastarlar, Bozon Yulduzlar, kvark Yulduzlar. (2 soat)

O'QITISH SHAKLLARI

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

- ma'ruzalar, amaliy mashg'ulotlar (ma'lumotlar va texnologiyalarni anglab olish, aqliy qiziqishni rivojlantirish, nazariy bilimlarni mustahkamlash);
- davra suhbatlari (ko'rilayotgan loyiha yechimlari bo'yicha taklif berish qobiliyatini oshirish, eshitish, idrok qilish va mantiqiy xulosalar chiqarish);
- bahs va munozaralar (loyihalar yechimi bo'yicha dalillar va asosli argumentlarni taqdim qilish, eshitish va muammolar yechimini topish qobiliyatini rivojlantirish).

II. MODULNI O‘QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTERFAOL TA’LIM METODLARI.

“SWOT-tahlil” metodi.

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

S – (strength)	• kuchli tomonlari
W – (weakness)	• zaif, kuchsiz tomonlari
O – (opportunity)	• imkoniyatlari
T – (threat)	• to'siqlar

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

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

“Assesment” metodi

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

Metodni amalga oshirish tartibi:

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

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



- **Test**
- 1. Kuchsiz o’zaro ta’sirni tashuvchi zarralarni ko’rsating.
- A. W-bozon
- V. foton
- S. glYuon



Qiyosiy tahlil

Fundamental o’zaro ta’sir kuchlarini taqqoslang



- **Tushuncha tahlili**
- W -bozon tushunchasini izohlang...
-

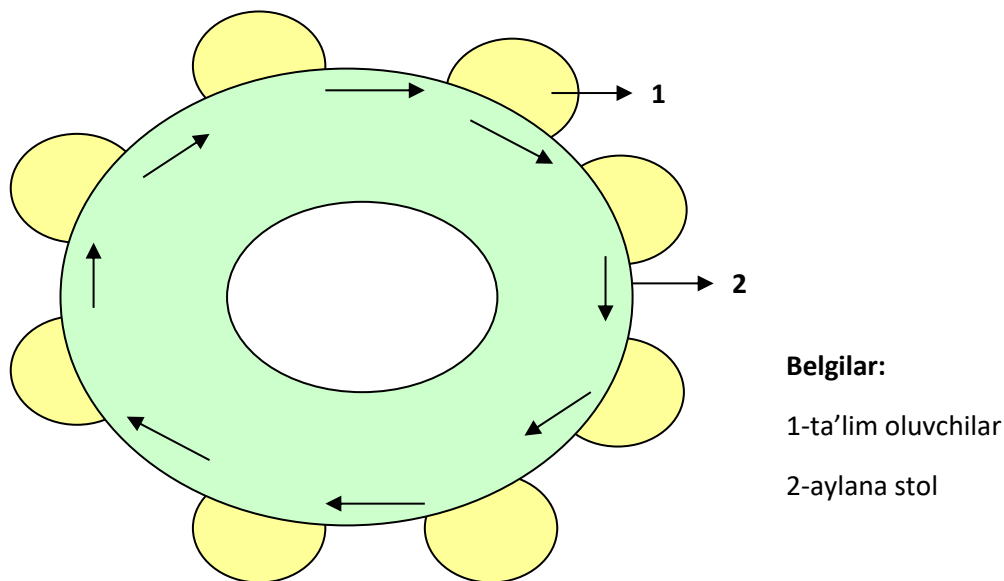


- **Amaliy ko’nikma**
- Zarrachaning energiyasini xisoblang
-

“Davra suhbatı” metodi

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

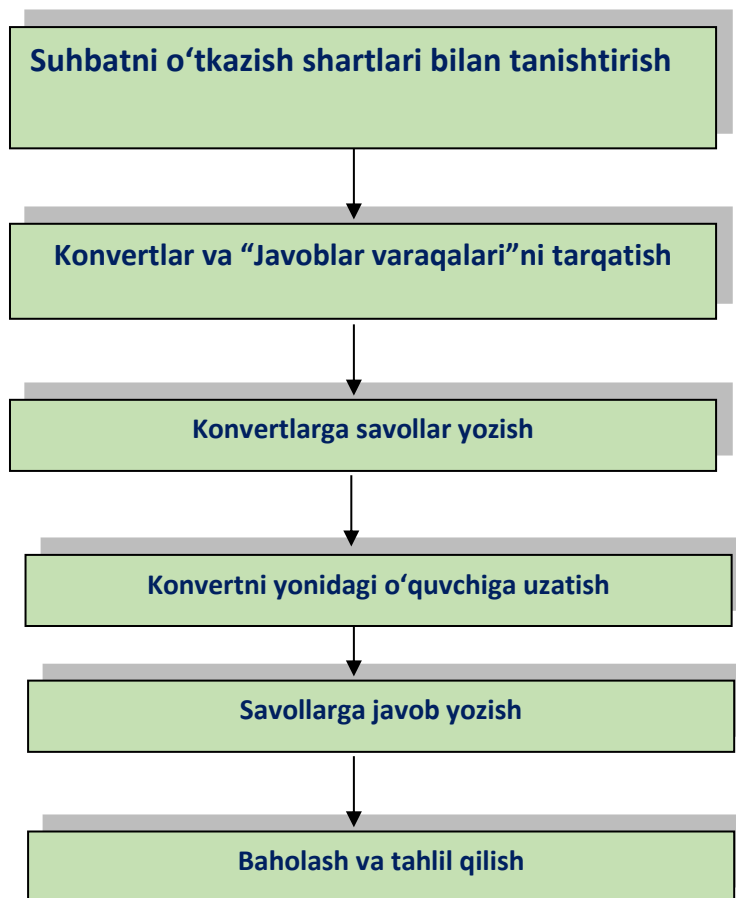
“Davra suhbatı” metodi qo’llanilganda stol-stullarni doira shaklida joylashtirish kerak. Bu har bir ta’lim oluvchining bir-biri bilan “ko’z aloqasi”ni o’rnatib turishiga yordam beradi. Davra suhbatining og’zaki va yozma shakllari mavjuddir. Og’zaki davra suhbatidata’lim beruvchi mavzuni boshlab beradi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



Davra stolining tuzilmasi

YOzma davra suhbatida stol-stullar aylana shaklidajoylashtirilib, har bir ta’lim oluvchiga konvert qog’ozi beriladi. Har bir ta’lim oluvchi konvert ustiga ma’lum bir mavzu bo’yicha o’z savolini beradi va “Javob varaqasi”ning biriga o’z javobini yozib, konvert ichiga solib qo’yadi. SHundan so’ng konvertni soat yo’nalishi bo’yicha yonidagi ta’lim oluvchiga uzatadi. Konvertni olgan ta’lim oluvchi o’z javobini “Javoblar varaqasi”ning biriga yozib, konvert ichiga solib qo’yadi va yonidagi ta’lim oluvchiga

uzatadi. Barcha konvertlar aylana bo‘ylab harakatlanadi. YAkuniy qismda barcha konvertlar yig‘ib olinib, tahlil qilinadi. Quyida “Davra suhbatlari” metodining tuzilmasi keltirilgan



“Davra suhbatlari” metodining afzalliklari:

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

III.NAZARIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI

1-mavzu: Koinot to‘g‘risidagi tasavvurlarning paydo bo‘lishi va rivojlanishi. (2 soat)

Reja:

- 1.1. Koinot to‘g‘risidagi tasavvurlarning paydo bo‘lishi va rivojlanishi.
- 1.2. Qorong‘i materiya va qorong‘i energiya. Nukleosintez va elementlarning tarqalishi.
- 1.3. Koinotning yirik masshtabdagi strukturasi. Katta portlash va inflyatsiya.

1.1. Koinot to‘g‘risidagi tasavvurlarning paydo bo‘lishi va rivojlanishi.

Insoniyat tarixida koinot tushunchasi eng qadimgi savollardan biri bo‘lib, uning o‘zgarishi va rivojlanishi ilmiy, falsafiy, diniy va madaniy tafakkurning murakkab jarayoni natijasida shakllangan. Dastlabki davrlarda antik Yunon falsafasi koinotni tartib, harmoniya va matematik geometrik asoslar orqali tushunishga intilgan. Pifagor, Platon va boshqa Yunon olimlari koinotni abadiy va ideal shakllarning namoyishi sifatida qabul qilib, uni intellektual va estetik jihatdan mukammal tizim deb bilishgan. Qadimgi sharq madaniyatlarida esa koinot tushunchasi diniy-mifologik ramzlar va sikliklik tushunchalari bilan boyitilgan. Hind, xitoy va boshqa sharq madaniyatlarida koinot yaratilishi va uni tartibga soluvchi kuchlar tasavvuri insoniyat ongining ruhiy va axloqiy tomonlarini aks ettirgan.

O‘rta asrlarda esa Evropa ilmiy tafakkurida koinot tushunchalari Aristotel va Ptolemaey nazariyalari asosida shakllangan. Ushbu davrda geotsentrik model — Er markazida joylashgan tartibli tizim tasavvuri keng tarqalgan bo‘lib, osmon jismlari mukammal harakat qiluvchi sferalar sifatida tasvirlangan. SHu bilan birga, o‘rta asr islom ilm-fanida arab astronomlari va faylasuflari, masalan, Ibn Sina va Al-Biruni, koinotning fizika qonunlari va astronomik hodisalarini chuqur o‘rganib, mavjud nazariyalarni takomillashtirish va yangi kashfiyotlarga poydevor yaratishda katta hissa qo‘shganlar. Ularning ilmiy yondashuvi geotsentrik modelning kamchiliklarini aniqlash va kelajakdagi inqilobiy o‘zgarishlarga asos bo‘ldi.

16-asr oxirlarida Nikola Kopernik tomonidan ilgari surilgan gelyosentrik model koinot tasavvurlarida tub inqilobiy o‘zgarishlarni boshlab berdi. Kopernik Er va boshqa sayyoralarining Quyosh atrofida aylanishini tasdiqlab, ilmiy metodlarning, ayniqsa, kuzatuv va matematik tahlilning ahamiyatini namoyon etdi. Keyinchalik Galileyning

teleskopik kuzatishlari koinotning murakkab tuzilishi va undagi jismlarning harakatlarini aniqroq o'rganish imkonini yaratdi, bu esa eksperimental metodologiyaning asosiy tamoyillaridan biriga aylandi. Isaac N.Yutonning universal gravitatsiya qonuni esa koinotdagi jismlar o'rtasidagi o'zaro ta'sirlarni yagona matematik formula orqali ifodalashni ta'minlab, koinotning mexanik tuzilishini aniq va tizimli tarzda o'rganishga asos soldi.

20-asr boshlarida esa Albert Eynshteynning umumiy nisbiylik nazariyasi koinot tushunchasini tubdan qayta ko'rib chiqishga olib keldi. Eynshteynning yondashuvi orqali koinot fazosi va vaqtining egri chiziqli tuzilishi, gravitatsiya hodisasi sifatida ifodalanib, uning dinamik, kengayuvchi va murakkab tabiatini anglashda yangi perspektiva ochildi. Zamonaviy kosmologiya va kvant kosmologiyasi esa koinotning makro va mikroskopik darajadagi xususiyatlarini birlashtirib, uning boshlanishi, rivojlanishi va kelajak istiqbollari haqidagi yangi ilmiy g'oyalarni shakllantirmoqda.

Umuman olganda, koinot tushunchalarining tarixiy rivojlanishi insoniyat intellekti, ilmiy metodlar va falsafiy tafakkurning o'zgarishining yorqin namunasi sifatida namoyon bo'ladi. Antik falsafiy ildizlardan boshlab, o'rta asrning diniy va ilmiy yondashuvlari, yangi davr inqilobiy kashfiyotlari va zamonaviy nazariyalar koinot tushunchasining murakkab va ko'p qirrali xarakterini ochib beradi. Kelajakda koinotning yanada chuqurroq o'rganilishi va yangi ilmiy yondashuvlar yordamida uning mohiyati va strukturasini kengroq tushunish insoniyat ongining yangi cho'qqilariga olib chiqishi kutilmoqda.

Koinot tushunchalarining falsafiy va ilmiy yondashuvlar asosida evolYusiyasi.

Koinot tushunchalarining falsafiy va ilmiy ahamiyati insoniyat tarixidagi eng muhim savollardan biri bo'lib, uning mavjudligi, tartibi va mohiyatini anglashga intilishning asosiy manbai hisoblanadi. Bu mavzu qadimgi davrlardan boshlab inson ongining kengayishi, falsafiy tafakkur va tajriba asosidagi ilmiy izlanishlar natijasida shakllanib kelmoqda. YUNon falsafasida koinot tushunchasi harmoniya, tartib va abadiylik tamoyillari asosida talqin qilingan; mifologik va diniy ramzlar orqali ifodalanib, insoniyat ongida ideal kosmik tartib sifatida qabul qilingan. SHu davrda

koinot, inson va tabiat o'rtasidagi uyg'unlikning ifodasi sifatida ko'rilgan, bu esa kelajakda ilmiy izlanishlar va falsafiy mulohazalarning rivojlanishiga zamin yaratgan.

Keyinchalik, astronomik kuzatishlar va eksperimental metodlar asosida koinot tushunchalari tubdan o'zgardi. Geotsentrik modeldan heliotsentrik modelga o'tish jarayoni, Kopernik, Galiley va NYuton kabi olimlarning kashfiyotlari orqali amalga oshdi. Bu davrda koinot nafaqat ruhiy va mistik tushunchalar orqali balki matematik va eksperimental asoslarda ham talqin qilinishni boshladi. Ushbu yondashuv falsafiy tafakkur bilan empiristik ilm-fanning uyg'unlashuvi natijasida koinotning tartib va qonuniyatlarini aniqlashga, uning strukturasi matematik modellashga imkon yaratdi.

XX-asr boshlarida esa ilmiy va falsafiy yondashuvlar yangi bosqichga ko'tarildi. Albert Eynshteynning umumiy nisbiylik nazariyasi koinot tushunchasini tubdan qayta ko'rib chiqishga olib keldi; koinot fazosi va vaqtining egri chiziqli, dinamik tuzilishi, gravitatsiya hodisasi sifatida ifodalanishi yangi paradigmalarni keltirib chiqardi. SHu bilan birga, kvant mexanikasi va ko'p o'lchamli kosmos modellarining paydo bo'lishi koinotning makro va mikroskopik darajadagi xususiyatlarini yagona tizimda birlashtirishga intildi. Ushbu nazariyalar va modellarning sintezi falsafiy mulohazalar bilan tajriba asosidagi ilmiy yondashuvlarning uyg'unligi orqali koinot tushunchalarining yanada keng qamrovli va chuqurroq talqinini ta'minladi.

Zamonaviy tafakkurda koinot tushunchasi nafaqat uning mexanik va matematik qonuniyatlarini, balki ekzistensial va metafizik jihatlarini ham o'zida mujassamlashtiradi. Falsafa va ilm-fanning uyg'unlashuvi orqali koinotning mavjudligi, strukturasi va rivojlanishining dolzarbligi yanada ravshanlashmoqda. Kelajakdagi tadqiqotlar ushbu yondashuvni yanada chuqurlashtirishi, koinot tushunchalarining o'zgarishi va yangi ilmiy g'oyalar shakllanishi uchun istiqbolli yo'nalishlarni belgilashi kutilmoqda. SHunday qilib, koinot tushunchalarining falsafiy va ilmiy evolYusiyasi insoniyat ongining doimiy rivojlanishi, mavjudlik va tartib haqidagi savollarni yangicha yoritib, kelajak istiqbollari uchun mustahkam poydevor yaratadi.

Madaniy va ilmiy kontekstda koinot tasavvurlari.

Insoniyat tarixida koinot tushunchasi nafaqat ilmiy kashfiyotlar asosida, balki madaniy meros, san'at, adabiyot va diniy e'tiqodlar orqali ham shakllanib kelgan. Qadimgi davrlarda koinot inson ongida sirli va ulug'vor bir tushuncha sifatida ifodalangan; afsonalar, diniy ramzlar va mifologik hikoyalar orqali uning yaratilishi, tartibga solinishi va abadiyligi yoritilgan. Bu davr madaniyatlarida koinot ko'pincha butunlik, yagona tartib va kosmik uyg'unlik ramzi sifatida aks etgan, insoniyatning o'zini va atrof-muhitini anglashiga xizmat qilgan. O'rta asrlar davomida esa koinot tasavvurlari diniy e'tiqodlar, falsafiy tafakkur va san'at namunalari orqali yanada boyitilib, uni tushunish harakatlari turlicha ifodalangan; shu bilan birga adabiyot va san'atda koinot obrazlari ko'plab ramziy va metaforik shakllarda aks etgan. Keyinchalik, ilmiy kashfiyotlar va texnologik inqiloblar natijasida astronomik kuzatishlar, teleskoplar va zamonaviy usullar yordamida koinotning tuzilishi va qonuniyatlari aniqroq o'rganila boshlandi. Bu jarayon nafaqat koinotning fizik jihatlarini ochib berdi, balki san'at va madaniyatda uning aks etishiga yangi, obektiv yondashuvlar kiritdi. Bugungi kunda koinot tushunchalari ilmiy nazariyalar, texnologik Yutuqlar va madaniy merosning uyg'unlashuvi natijasida murakkab, ko'p qirrali va dinamik tizim sifatida qaralmoqda; bu yondashuv insoniyatning mavjudlik, kosmos va o'z-o'zini anglash jarayonidagi savollariga kompleks javob izlashga yordam beradi. Natijada, madaniy va ilmiy kontekstda koinot tasavvurlari insoniyat tarixidagi chuqur ildizlarga ega bo'lib, ularning evolYusiyasi tarixiy jarayonlar, falsafiy tafakkur, san'at va zamonaviy texnologiyalar orqali namoyon bo'ladi. Kelajakdagi tadqiqotlar koinot tushunchalarining yanada murakkab va ko'p qirrali tabiatini yanada kengroq yoritishi, inson ongining yangi bosqichlariga olib chiqishi kutilmoqda.

1.2. Qorong'i materiya va qorong'i energiya. Nukleosintez va elementlarning tarqalishi.

Qorong'i materiya va qorong'i energiyaning koinotdagi roli va ularning ta'siri

Zamonaviy kosmologiyada koinotning taxminan 95 foizi qorong'i materiya va qorong'i energiyadan iboratligi aniqlangan bo'lib, bu tushunchalar koinotning tuzilishi, kengayishi va evolYusiyasida hal qiluvchi rol o'ynaydi. Qorong'i materiya

elektromagnit to'liqlar bilan o'zaro ta'sir qilmaydigan, shu sababli bevosita kuzatilmaydigan materiya bo'lib, uning mavjudligi galaktik rotatsiya chizmalarida, gravitatsion linzalar effekti va galaktik klasterlar ichki strukturasidagi nomutanosibliklar orqali aniqlanadi. Ilmiy tadqiqotlar orqali aniqlangan bu materiyaning mavjudligi koinotning makroshkala strukturasini shakllantirishda, galaktikalar va klasterlarning barqarorligi hamda ularning o'zaro gravitatsion o'zaro ta'sirini tushunishda muhim ahamiyatga ega ekanligi isbotlandi.

Qorong'i energiya esa 1990-yillarda amalga oshirilgan Supernova kuzatuvlari va Kosmik Mikro Tana (CMB) o'lchovlari orqali kashf etilgan va u koinotning kengayishini tezlashtiruvchi omil sifatida qoraladi. Ko'pincha kosmologik konstant (Lambda) shaklida ifodalanadigan qorong'i energiya koinotning kengayish sur'atini oshiradi va shu bilan birga, koinotning dinamik muvozanatini saqlashda hal qiluvchi rol o'ynaydi. Qorong'i materiya va qorong'i energiyaning o'zaro integratsiyasi Lambda-CDM modeli orqali ifodalangan bo'lib, bu model zamonaviy kosmologiyaaning asosiy nazariy poydevori sifatida qabul qilinadi. Ushbu model koinot tarkibini aniq ifodalab, uning evolYusion jarayonlarini tushuntirishda nafaqat kuzatuviy ma'lumotlarga, balki nazariy tavsiflarga ham asoslanadi.

Qorong'i materiya va qorong'i energiyaning koinotdagi o'rni va ularning ta'siri zamonaviy ilmiy izlanishlarda eng dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Ularning mavjudligi nafaqat koinotning kengayishi va strukturaviy shakllanishi jarayonlarini belgilab beradi, balki koinotning fundamental qonuniyatlari, materiyaning tabiatini va energiya manbalarini aniqlashda yangi savollarni ham Yuzaga keltiradi. SHu sababli, bu ikki fenomen ustida olib borilayotgan tadqiqotlar nafaqat nazariy modellarni sinchkovlik bilan tekshirish, balki eksperimental metodlar, ya'ni gravitatsion linzalash, galaktik rotatsiya chizmalarining tahlili va CMB o'lchovlari orqali qo'llab-quvvatlanmoqda. Kelajakdagi tajribaviy va nazariy izlanishlar qorong'i materiya va qorong'i energiyaning aniq tabiatini, ularning o'zaro munosabatlarini va koinot evolYusiyasiga qo'shayotgan hissasini yanada chuqurroq o'rganishga qaratilgan bo'lib, bu boradagi ochiq masalalarni bartaraf etish va yangi kashfiyotlarga erishishda hal qiluvchi omil bo'lishi kutilmoqda.

Qorong‘i materiya va qorong‘i energiyaning nazariy asoslari, modellar va matematik tavsiflari

Qorong‘i materiya va qorong‘i energiya koinotning umumiy tarkibini tashkil etuvchi eng asosiy elementlardan biri sifatida nazariy va matematik modellashtirish orqali o‘rganiladi. Koinot tarkibining katta qismi – taxminan 95 foizi – ushbu ikki komponentdan iborat ekanligi aniqlanganligi ularning ilmiy ahamiyatini isbotlaydi. Qorong‘i materiya elektromagnit nurlar bilan o‘zaro ta’sir qilmaganligi sababli, u bevosita ko‘zga tashlanmaydi, balki gravitatsion interaksiyalar orqali uning mavjudligi aniqlanadi. Ushbu nuqtai nazardan, WIMP (qattiq o‘zaro ta’sir qiluvchi massiv zarrachalar), axion, hatto ba’zi neutrino modellari kabi nazariy modellar ishlab chiqilgan bo‘lib, ular qorong‘i materiyaning koinot strukturasi shakllantirishda, galaktikalar va klasterlar dinamikasini tushunishda qanday rol o‘ynashini matematik formulalar orqali tavsiflaydi.

Qorong‘i energiya esa koinotning kengayishini tezlashtiruvchi sirli va dinamik fenomen sifatida ko‘rsatiladi. Uning matematik tavsifi ko‘pincha kosmologik konstant (Λ) shaklida ifodalanadi, ammo shu bilan birga, dinamik dark energy modellar, masalan, quintessence va phantom energy modellari ham taklif etilgan. Einsteinning umumiy nisbiylik maydon tenglamalariga kosmologik konstant qo‘shilishi orqali yaratilgan modellar koinotning kengayish sur‘atini, materiyaning taqsimlanishini va evolYusion jarayonlarini aniqlik bilan tavsiflash imkonini beradi. Ushbu matematik yondashuvlar koinotning fundamental xususiyatlarini, uning struktural murakkabligini va vaqt o‘tishi bilan Yuz berayotgan o‘zgarishlarni ifodalashda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Nazariy modellashtirish va matematik tavsiflar koinotning evolYusiyasini eksperimental kuzatuvlar bilan birlashtirishda muhim rol o‘ynaydi. Qorong‘i materiya va energiyaning koinotdagi o‘zaro ta’sirlarini aniqlash uchun yaratilgan nazariy modellar, ularning Einstein maydon tenglamalariga kiritilgan qo‘shimcha parametrlar asosida tahlil qilinishi, koinotning kengayishi va strukturaviy shakllanishini aniqroq ifodalash imkonini beradi. Hozirgi kashfiyotlar va matematik formulalar yordamida, shu jumladan, galaktik rotatsiya chizmalarini, gravitatsion linzalash effekti va kosmik mikto

tana (CMB) o'lchovlari orqali olinayotgan ma'lumotlar nazariy modellar bilan solishtirilmoqda. Bu esa qorong'i materiya va qorong'i energiyaning koinot evolYusiyasidagi o'rni, ularning o'zaro munosabatlari va kengayish sur'atiga qo'shayotgan hissasini yanada chuqurroq o'rganishga olib kelmoqda. SHu tarzda, nazariy yondashuvlar va matematik modellashtirishning integratsiyasi eksperimental tekshiruvlar bilan uyg'unlashib, koinotning fundamental qonuniyatlari, materiyaning tabiatini va energiya manbalarini aniqlashdagi ochiq masalalarni echishda asosiy rolni egallaydi.

Eksperimental tadqiqotlar, kuzatuv usullari va kelajak istiqbollari

Koinot tarkibidagi qorong'i materiya va qorong'i energiya mavjudligi va ularning koinot evolYusiyasidagi o'rni hali ham ilmiy izlanishlar uchun dolzarb masala bo'lib qolmoqda. Ushbu elementlarni aniqlash va o'lchashdagi qiyinchiliklar, ularning elektromagnit nurlar bilan o'zaro ta'sir qilmaganligi sababli, bevosita kuzatish imkoniyatlarini cheklaydi. SHu sababli, ilmiy hamjamiyat ushbu elementlarni aniqlash uchun turli eksperimental metodlar va kuzatuv usullariga tayanadi. Galaktik rotatsiya chizmalarini tahlil qilish, gravitatsion linzalash effekti orqali galaktikalar va klasterlarning og'irlik taqsimotini aniqlash, shuningdek, supernova kuzatuvlari yordamida koinot kengayishi tezligini o'lchash – bularning barchasi qorong'i materiya va energiyaning mavjudligini isbotlashda muhim rol o'ynaydi. Bundan tashqari, kosmik mikrotana (CMB) va baryon akustik osilatsiyalar (BAO) orqali olingan ma'lumotlar ham ushbu elementlarning koinotdagi ta'sirini aniqlashga yordam beradi.

Zamonaviy eksperimental tadqiqotlar uchun er va kosmos observatoriyalari, masalan, Hubble teleskopi, Planck kosmik mikrotana missiyasi va Subaru teleskopi kabi instrumentlar qo'llanilmoqda. Ushbu apparatlar yordamida olinayotgan Yuqori aniqlikdagi ma'lumotlar nazariy modellarni sinovdan o'tkazish va ularning kutilayotgan xususiyatlarini aniqlashda katta ahamiyatga ega. SHuningdek, gravitatsion mikrolensing metodlari orqali qorong'i materiyaning ta'siri va uning galaktikalararo maydonda qanday taqsimlanganligini aniqlashga qaratilgan tadqiqotlar olib borilmoqda.

Kelajakdagi istiqbollarga kelsak, yangi avlod tajriba tizimlari – masalan, LUX, Xenon1T kabi eksperimentlar – qorong'i materiyaning to'g'ri modellarini sinash va

uning xarakteristikalarini aniqlashda muhim rol o'ynashi kutilmoqda. Shuningdek, Euclid, LSST va James Webb Space Telescope kabi kosmik missiyalar koinotning kengayishini va qorong'i energiyaning rolini yanada chuqurroq o'rganish imkonini beradi. Ushbu missiyalar koinotning tuzilishi, materiyaning taqsimlanishi va energiya balansini aniqroq tahlil qilishga yordam berib, kelajakda nazariy modellarni eksperimental tekshiruvlar bilan yanada mustahkamlash imkoniyatini yaratadi.

Umuman olganda, eksperimental tadqiqotlar va kuzatuv usullari qorong'i materiya va qorong'i energiyaning koinotdagi roli, ularning fizik xususiyatlari va o'zaro munosabatlarini aniqlashda, shuningdek, nazariy modellarni sinovdan o'tkazishda hal qiluvchi omil hisoblanadi. Kelajakdagi tadqiqotlar va yangi texnologiyalar yordamida olib borilayotgan izlanishlar nafaqat mavjud nazariy bilimlarni boyitadi, balki koinotning fundamental qonuniyatlari va uning evolYusiyasini yanada chuqurroq tushunishga zamin yaratadi.

Nukleosintez tushunchasi va turlari.

Nukleosintez – bu koinotda yadro reaksiyalari natijasida yangi kimyoviy elementlar va izotoplarning hosil bo'lish jarayonidir. Koinotning dastlabki bosqichlaridan tortib, hozirgi kungacha davom etayotgan ushbu jarayon natijasida oddiy vodorod atomlaridan boshlab murakkab og'ir elementlargacha hosil bo'lgan. Nukleosintez jarayonlari koinotning turli bosqichlarida va turli xil sharoitlarda sodir bo'lib, koinotning kimyoviy tarkibini belgilashda muhim rol o'ynaydi. Ushbu jarayonlar yordamida hosil bo'lgan elementlar Yulduzlar, sayyoralar, meteoritlar va hatto hayot uchun muhim bo'lgan organik molekulalarning tarkibini tashkil qiladi.

Nukleosintez jarayoni asosan uch asosiy bosqichda sodir bo'lgan: **Katta portlash (Big Bang) nukleosintezi, Yulduz ichki nukleosintezi va supernova portlashlari hamda neytron Yulduzlaridagi nukleosintez.**

Katta portlash nukleosintezi koinot yaratilganidan keyingi dastlabki uch daqiqa ichida sodir bo'lgan. Koinot yaratilgandan so'ng, uning harorati millionlab darajani tashkil etgan va bu sharoitda fundamental zarrachalar (protonlar va neytronlar) birlashib, engil yadro hosil qilish imkoniga ega bo'lgan. Birinchi bo'lib **vodorod** atomlari hosil bo'lgan, bu koinotdagi eng ko'p tarqalgan elementdir va bugungi kunda ham koinot

materiyasining taxminan **75%** ini tashkil etadi. Vodorod yadro reaksiyalarida birlashib, **geliy** atomlarini hosil qilgan va bu element koinot tarkibining **24%** ini egallagan. Bundan tashqari, **litiiy** va **berilliiy** kabi elementlar ham hosil bo'lgan, biroq ularning miqdori juda kam bo'lgan.

Katta portlash nukleosintezi faqat engil elementlarni hosil qilgan, chunki og'ir elementlarni sintez qilish uchun zarur bo'lgan vaqt va sharoitlar mavjud emas edi. Og'ir elementlarning sintezi uchun zarur bo'lgan Yuqori bosim va harorat sharoiti faqat Yulduzlar va supernova portlashlari natijasida Yuzaga kelgan. Katta portlashdan so'ng koinot kengayib, soviy boshlagan va bu jarayon yadrolarning barqaror holatda saqlanishiga imkon bergan. SHundan so'ng, materiya zarralari sovuq plazmaga aylangan va koinotda engil elementlar barqaror shaklda saqlanib qolgan.

Yulduz ichki nukleosintezi – bu Yulduzlarning o'z hayoti davomida sodir bo'ladigan yadro sintezi jarayonidir. YUlduzlar o'z energiyasini **termoyadro sintezi** orqali oladi. Bu jarayon vodorod atomlari birlashib, geliy hosil qilinishi bilan boshlanadi. Masalan, Quyosh singari kichik Yulduzlarda bu jarayon **proton-proton zanjiri** orqali sodir bo'ladi, bunda ikki proton birlashib, neytron ajraladi va deuteriy yadrosi hosil bo'ladi. Deuteriy keyinchalik yana proton bilan birlashib, geliy hosil qiladi. Bu jarayon davomida katta miqdorda energiya ajralib chiqadi, bu esa Yulduzning nurlanishi va barqarorligini ta'minlaydi.

Katta massali Yulduzlarda esa bu jarayon murakkablashadi va **uglerod-azot-kislorod (CNO) sikli** orqali amalga oshadi. Bu siklda uglerod, azot va kislorod yadrolari katalizator sifatida qatnashib, vodorodni geliyga aylantirishda yordam beradi. Yulduzning yoshi va massasiga qarab, yadroagi sintez jarayonlari murakkablashib boradi va og'ir elementlar hosil bo'la boshlaydi. Yulduz hayotining keyingi bosqichlarida **triple-alfa jarayoni** sodir bo'ladi, bunda uchta geliy yadrosi birlashib, **uglerod** hosil qiladi. Keyinchalik uglerod, **kislorod, neon, magniiy, kremniy** kabi og'ir elementlarga aylanishi mumkin.

Yulduzning markazida oxir-oqibat **temir** hosil bo'ladi. Temir eng barqaror elementlardan biri bo'lib, undan keyingi yadro sintezi jarayonlari energiya ishlab chiqarmaydi, balki aksincha, energiya talab qiladi. SHu sababli Yulduzning hayoti temir

hosil bo'lgach beqaror holatga keladi. Bu bosqichdan so'ng Yulduz **supernova** portlash bosqichiga o'tadi yoki **oq mitti**, **neytron Yulduzi** yoki **qora tuynuk** shaklida yakunlanadi.

Supernova va neytron Yulduzlaridagi nukleosintez – bu og'ir elementlarning hosil bo'lish jarayonidir. Katta massali Yulduzlar o'z hayotining oxirida ichki bosimning pasayishi natijasida o'zini ushlab turolmaydi va kuchli portlash – **supernova** sodir bo'ladi. Supernova portlashlari vaqtida juda katta miqdorda energiya ajralib chiqadi va bu energiya yordamida og'ir elementlar sintez qilinadi. Bu jarayon **r-protsess** (tezkor neytron Yutilishi jarayoni) deb ataladi, bunda yadrolar tezkor ravishda neytronlarni Yutib, og'ir elementlarga aylanishi mumkin.

Supernova portlashlari natijasida **temirdan** og'ir bo'lgan elementlar – **oltin, kumush, platina, uran** kabi elementlar hosil bo'ladi. Bu elementlar supernova portlashidan keyin koinot bo'ylab tarqaladi va yangi Yulduzlar, sayyoralar va boshqa kosmik jismlarning tarkibiga kiradi.

Bundan tashqari, **neytron Yulduzlarining to'qnashuvi** ham og'ir elementlarning hosil bo'lishida muhim rol o'ynaydi. Neytron Yulduzlari – supernova portlashidan so'ng qolgan juda zich va og'ir Yulduz qoldiqlari bo'lib, ular o'zining Yuqori zichligi tufayli faqat neytronlardan iborat bo'ladi. Agar ikki neytron Yulduzi bir-biriga to'qnasha, natijada juda katta energiya ajralib chiqadi va bu jarayon natijasida katta miqdorda og'ir elementlar hosil bo'ladi. **2017-yilda** astronomlar tomonidan kuzatilgan neytron Yulduzlarining to'qnashuvi natijasida katta miqdorda oltin va platina hosil bo'lgani aniqlangan. Bu kashfiyot koinotdagi og'ir elementlarning kelib chiqishi haqida yangi ma'lumotlar berdi.

Xulosa qilib aytganda, nukleosintez jarayonlari koinotning kimyoviy evolYusiyasida asosiy rol o'ynaydi. Katta portlash natijasida hosil bo'lgan engil elementlar Yulduzlar ichida murakkabroq elementlarga aylanishi bilan davom etgan. Yulduzlar hayotining oxirgi bosqichlarida va supernova portlashlari natijasida esa yanada og'ir elementlar sintez qilinadi. Bu elementlar butun koinot bo'ylab tarqalib, yangi Yulduzlar, sayyoralar va hatto hayot shakllarining paydo bo'lishiga imkon yaratadi. Inson organizmi tarkibidagi ko'plab elementlar ham ushbu yadro sintezi

jarayonlarining natijasidir. SHu tarzda, biz o'zimizni koinotdagi Yulduz changlari deb atashimiz mumkin, chunki hayot uchun zarur bo'lgan barcha elementlar Yulduzlarning ichki jarayonlarida yaratilgan.

Nukleosintez va elementlarning koinotda hosil bo'lish jarayonlari haqida hozirgi kunda mavjud bo'lgan bilimlar asosan 20-asr ilmiy kashfiyotlari natijasida rivojlangan. Bu jarayonlarning tushunilishi fiziklar, astronomlar va kimyogarlar tomonidan olib borilgan fundamental tadqiqotlar natijasida shakllangan. Quyida nukleosintez nazariyasining tarixiy rivojlanishi va asosiy kashfiyotlari haqida batafsil ma'lumot beriladi.

Nukleosintez nazariyasining shakllanishi 20-asrning boshlarida fiziklar va astronomlar tomonidan olib borilgan tadqiqotlar bilan boshlangan. 1920-yillarda britaniyalik fizik **Artur Eddington** birinchi bo'lib Yulduzlar energiyasini yadro reaksiyalari orqali olishlari mumkinligini taxmin qildi. U o'zining ilmiy asarlarida Yulduzlarning ichida vodorodning geliyga aylanishi natijasida energiya ajralib chiqishini ko'rsatgan. Biroq, bu g'oya o'sha davrda hali etarlicha tajribaviy dalillar bilan isbotlanmagan edi.

1930-yillarda amerikalik fizik **Hans Bethe** Yulduz ichidagi yadro reaksiyalari mexanizmlarini batafsil tushuntirib berdi. U **proton-proton zanjiri** va **uglerod-azot-kislorod (CNO) sikli** orqali vodorodning geliyga aylanishi jarayonlarini matematik jihatdan asoslab berdi. Hans Bethe 1967-yilda ushbu ishlari uchun **Nobel mukofoti** bilan taqdirlangan.

Nukleosintez nazariyasining rivojlanishida muhim o'rin tutgan yana bir olim – britaniyalik astronom **Fred Hoyl**. 1946-yilda u **Katta portlash nukleosintezi** nazariyasini ishlab chiqdi. Fred Hoyl og'ir elementlarning hosil bo'lish jarayonlarini tushuntiruvchi **yadro astrofizikasiga** katta hissa qo'shgan. U Yulduzlarning ichida sodir bo'ladigan yadro reaksiyalari va supernova portlashlarida og'ir elementlarning qanday sintez qilinishini ilmiy asosda izohlab berdi.

Elementlarning hosil bo'lish jarayonlari

Yadro astrofizikasi va elementlar sintezi haqida yanada chuqur tadqiqotlar 20-asrning o'rtalarida olib borildi. 1957-yilda **Margaret Burbidge, Geoffrey Burbidge,**

William Fowler va **Fred Hoyle** tomonidan yozilgan mashhur "**B²FH maqolasi**" ("Synthesis of the Elements in Stars") Yulduzlar ichida elementlarning hosil bo'lish jarayonlarini izohlovchi fundamental ilmiy ish bo'ldi. Bu maqolada turli yadro sintezi jarayonlari, jumladan:

- **s-protsess** (sekin neytron Yutilishi),
- **r-protsess** (tezkor neytron Yutilishi),
- **p-protsess** (proton Yutilishi)

kabi mexanizmlar batafsil tahlil qilingan. Bu ish nukleosintez nazariyasining ilmiy asosini yaratib, Yulduzlarning kimyoviy evolYusiyasi va koinotdagi elementlarning tarqalishini tushunishda muhim rol o'ynadi.

Yadro reaksiyalarining asosiy formulalari ham ushbu tadqiqotlar jarayonida ishlab chiqilgan. Masalan, eng sodda yadro sintezi jarayoni bo'lmish **proton-proton zanjiri** Quyosh singari kichik Yulduzlarda quyidagi shaklda sodir bo'ladi:

1. $p+p \rightarrow D+e^++\nu_e$ (Vodorod yadrolari birlashib, deuteriy, pozitron va neytrino hosil qiladi.)
2. $D+p \rightarrow {}^3\text{He}+\gamma$ (Deuteriy yana bir proton bilan birlashib, geliy-3 hosil qiladi.)
3. ${}^3\text{He}+{}^3\text{He} \rightarrow {}^4\text{He}+2p$ (Ikki geliy-3 yadrosi birlashib, geliy-4 va ikkita proton hosil qiladi.)

Bu reaksiyalar natijasida katta miqdorda energiya ajralib chiqadi, bu esa Yulduzlarning nurlanishi va barqarorligini ta'minlaydi.

Spektroskopiya orqali elementlarni aniqlash ham nukleosintez nazariyasining rivojlanishida muhim o'rin tutdi. 19-asrning oxirlarida va 20-asr boshlarida astronomlar Yulduzlarning spektrlarini o'rganish orqali ularning tarkibidagi elementlarni aniqlay boshladilar. **Gustav Kirchhoff** va **Robert Bunsen** tomonidan ishlab chiqilgan spektral tahlil metodi yordamida Yulduzlarning va boshqa kosmik jismlarning kimyoviy tarkibini aniqlash mumkin bo'ldi.

Masalan, Quyosh spektrida vodorod va geliyning mavjudligi aniqlangan. 1868-yilda hind astronomi **Pier Janssen** Quyoshning spektrida yangi element – **geliy**ni kashf etdi. Bu kashfiyot geliy elementining birinchi bor Erda emas, balki koinotda

aniqlanganligini ko'rsatdi. Spektroskopiya yordamida boshqa ko'plab Yulduzlar va galaktikalardagi og'ir elementlarning mavjudligi aniqlanib, Yulduz ichki nukleosintezi va supernova portlashlarida elementlar sintezi haqidagi nazariyalarni tasdiqlash imkoniyati tug'ildi.

Zamonaviy kuzatuvlar va tadqiqotlar nukleosintez haqidagi bilimlarni yanada kengaytirdi. 1965-yilda amerikalik fiziklar **Arno Penzias** va **Robert Wilson** tomonidan **koinot mikrotolqinli fon nurlanishi** (CMB) kashf qilindi. Bu fon nurlanishi Katta portlash nazariyasining muhim isboti bo'lib, koinotning dastlabki bosqichlarida Yuzaga kelgan energiyaning qoldiqlari hisoblanadi. Mikrotolqinli fon nurlanishining izlanishi orqali Katta portlash nukleosintezi natijasida hosil bo'lgan elementlarning miqdori va taqsimoti aniqlangan.

Bundan tashqari, zamonaviy teleskoplar va sun'iy yo'ldoshlar yordamida Yulduzlar va galaktikalardagi elementlarning tarqalishi va hosil bo'lish jarayonlari batafsil o'rganilmoqda. Masalan, **Hubble** va **James Webb** teleskoplari yordamida uzoq galaktikalarda Yulduzlarning tug'ilishi va supernova portlashlari natijasida elementlarning tarqalishi haqida muhim ma'lumotlar yig'ilmoqda.

Neytron Yulduzlarining to'qnashuvi orqali og'ir elementlarning hosil bo'lishi haqidagi nazariya ham so'nggi yillarda tasdiqlandi. 2017-yilda **LIGO** va **VIRGO** observatoriyalari tomonidan neytron Yulduzlarining to'qnashuvi natijasida hosil bo'lgan **gravitatsion to'lqinlar** aniqlangan. Bu kuzatuv natijasida og'ir elementlar – **oltin, platina** kabi metallar katta miqdorda hosil bo'lishi isbotlandi. Bu kashfiyot nukleosintez haqidagi mavjud bilimlarni yana bir bor tasdiqladi va kengaytirdi.

Xulosa qilib aytganda, nukleosintez nazariyasining tarixiy rivojlanishi va kashfiyotlari fizika, kimyo va astronomiya sohalaridagi fundamental ilmiy tadqiqotlar natijasidir. Yadro astrofizikasi, spektroskopiya va zamonaviy teleskopik kuzatuvlar orqali koinotdagi elementlarning hosil bo'lishi va tarqalishi haqida chuqur tushuncha hosil qilindi. Bugungi kunda nukleosintez haqidagi bilimlar nafaqat koinotning kelib chiqishi va evolyusiyasini tushunishda, balki Er va hayotning paydo bo'lishi haqida ham muhim ma'lumotlar beradi.

1.3. Koinotning yirik masshtabdagi strukturasi. Katta portlash va inflyatsiya.

Koinotning yirik masshtabdagi strukturasi – bu galaktikalar, galaktika klasterlari, superklasterlar va ularga o‘xshash ko‘lamli tuzilmalarning koinot bo‘ylab qanday joylashganligini o‘rganadigan soha. Kichik masshtabda koinotning tarkibi Yulduzlar, sayyoralar va boshqa astronomik jismlardan iborat bo‘lsa, yirik masshtabda bu strukturalar katta to‘plamlar (klasterlar va superklasterlar) hosil qiladi. Koinotning bunday tuzilishi moddaning gravitatsiya kuchi ostida birlashishi va kengayib borishi natijasida shakllangan.

Koinot geometriyasi: Koinotning umumiy shakli va tuzilishi uning geometriyasiga bog‘liq. Kosmologiyada koinotning geometrik shakli uchta asosiy modelga bo‘linadi:

1. **Tekis koinot (Flat Universe):** Bu modelda koinotning umumiy zichligi kritik zichlikka teng bo‘lib, fazo Evklid geometriyasiga mos keladi.
2. **Ochiq koinot (Open Universe):** Zichlik kritik darajadan past bo‘lib, koinot giperbolik shaklda kengayadi va abadiy davom etadi.
3. **Yopiq koinot (Closed Universe):** Zichlik kritik darajadan Yuqori bo‘lib, koinot sferik shaklga ega va oxir-oqibat o‘ziga qaytadi.

Moddalar va energiyaning koinot bo‘yicha taqsimoti: Koinotdagi barcha materiya va energiyaning tarqalishi uning strukturaviy shakllanishida muhim rol o‘ynaydi. Zamonaviy kosmologiyaga ko‘ra, koinot quyidagi asosiy tarkibiy qismlardan iborat:

4. **Oddiy modda (baryonlar)** – taxminan 5%.
5. **Qorong‘u modda** – taxminan 27%.
6. **Qorong‘u energiya** – taxminan 68%.

Qorong‘u modda va qorong‘u energiya koinotning masshtabdagi tuzilishini shakllantirishda va uning kengayishini belgilashda muhim ahamiyatga ega.

Galaktikalar – bu millionlab va milliardlab Yulduzlar, gaz, chang va qorong‘u moddadan tashkil topgan ulkan tizimlardir. Galaktikalar koinotning asosiy qurilish bloklari hisoblanadi.

Galaktikalar turlari va tuzilishi:

1. **Spiral galaktikalar:** Quyosh sistemasining joylashgan **Somon yo'li** galaktikasi spiral galaktikaga misoldir. Bu galaktikalarda markaziy yadro va undan chiqqan spiral qo'llar mavjud.
2. **Elliptik galaktikalar:** Bu galaktikalar ko'proq oval yoki sferik shaklga ega bo'lib, asosan eski Yulduzlardan iborat.
3. **Noaniq (irregular) galaktikalar:** Bu galaktikalarda aniq struktura yo'q, ko'pincha kichik va shaklsiz bo'ladi.

Galaktika klasterlari va ularning o'zaro ta'siri:

Galaktikalar odatda yakka holda emas, balki **klasterlar** deb ataluvchi to'plamlarda joylashadi. **Galaktika klasterlari** – bu bir-biriga gravitatsion bog'langan Yuzlab yoki minglab galaktikalar to'plamidir. Eng mashhur galaktika klasterlaridan biri – **Virgo klasteri**, u Somon yo'li galaktikasining yaqinida joylashgan.

Klasterlar o'zaro gravitatsion ta'sir orqali doimiy harakatda bo'lib, ular orasida **galaktikalar to'qnashuvi** va **birikishi** sodir bo'lishi mumkin. Bu jarayonlar galaktikalar evolYusiyasida muhim o'rin tutadi.

Superklasterlar va koinot to'ri (cosmic veb) shakllanishi:

Galaktika klasterlari o'zaro birlashib **superklasterlar** hosil qiladi. Superklasterlar – bu koinotdagi eng yirik tuzilmalar bo'lib, ular **koinot to'ri (cosmic veb)** deb ataladigan murakkab tuzilmani hosil qiladi. Koinot to'ri moddaning koinot bo'ylab iplar va filamentlar shaklida tarqalishini ifodalaydi. Bu filamentlar orasida esa **kosmik bo'shliqlar (voids)** mavjud bo'lib, ular moddaning juda kam joylashgan hududlaridir.

Somon yo'li galaktikasi **Laniakea superklasteri** tarkibiga kiradi. Laniakea superklasteri millionlab galaktikalarni o'z ichiga oladi va koinot to'rining bir qismi hisoblanadi.

Kosmik bo'shliqlar (voids) – bu koinotning juda kam modda to'plangan hududlari bo'lib, ular galaktikalar va galaktika klasterlari orasida joylashadi. Bu bo'shliqlar koinot tuzilmasining ajralmas qismi bo'lib, ular moddaning gravitatsion kuchlar ostida qanday harakatlanishini tushunishda muhim ahamiyatga ega.

Kosmik bo'shliqlar va ularning xususiyatlari:

Kosmik bo'shliqlar odatda o'nlab yoki Yuzlab million yorug'lik yillari hajmida bo'ladi va bu hududlarda galaktikalar soni juda kam. Bo'shliqlar va ularni o'rab turgan filamentlar o'rtasidagi kontrast koinotning kengayish jarayonida shakllangan.

Qorong'u modda va qorong'u energiyaning strukturaga ta'siri:

Qorong'u modda koinotdagi yirik strukturalarning shakllanishida muhim rol o'ynaydi. U bevosita ko'rinmaydi, lekin uning gravitatsion ta'siri orqali mavjudligi aniqlangan. Qorong'u modda galaktika va klasterlarni birga ushlab turuvchi kuch sifatida ishlaydi. Koinotdagi moddaning 27% ini tashkil qiluvchi qorong'u modda bo'lmasa, galaktikalar va klasterlar parchalanib ketgan bo'lardi.

Qorong'u energiya esa koinotning kengayishini tezlashtiruvchi omil bo'lib, koinotning katta masshtabdagi tuzilishini o'zgartiradi. Qorong'u energiya moddaning zichligini kamaytiradi va bo'shliqlarni kengaytirishga yordam beradi.

Gravitatsion linzalar va massaning taqsimoti:

Gravitatsion linzalar – bu katta massali ob'ektlar (masalan, galaktika klasterlari) orqasida joylashgan nurlarning egilishi natijasida Yuzaga keladigan optik effekt. Bu effekt yordamida olimlar koinotdagi ko'rinmas massani (qorong'u modda) xaritalash va koinotning yirik strukturalarini o'rganish imkoniga ega bo'ladi.

Gravitatsion linzalar yordamida galaktikalarning tashqi ko'rinishi va massaning qanday taqsimlangani haqida aniq ma'lumotlar olish mumkin. Bu usul zamonaviy astrofizikada keng qo'llanilib, qorong'u modda va koinotning umumiy strukturasi tushunishga yordam beradi.

Xulosa qilib aytganda koinotning yirik masshtabdagi strukturasi murakkab va ko'p bosqichli jarayonlar natijasida shakllangan. Galaktikalar, klasterlar va superklasterlar koinot bo'ylab gravitatsion kuchlar ta'sirida shakllanib, qorong'u modda va qorong'u energiya ularning tuzilishiga va evolYusiyasiga katta ta'sir ko'rsatadi. Koinotning bunday tuzilmasini o'rganish nafaqat koinotning kelib chiqishi va evolYusiyasini tushunishga yordam beradi, balki kelajakdagi rivojlanish jarayonlari haqida ham muhim ma'lumotlar beradi.

Koinotning yirik masshtabdagi strukturasi haqida bugungi kundagi bilimlar bir necha asr davomida olib borilgan ilmiy tadqiqotlar va kuzatuvlar natijasida shakllangan. Ilm-fanning rivojlanishi, yangi texnologiyalarning paydo bo'lishi va ilg'or nazariyalar koinotning tuzilishini chuqurroq tushunishga imkon berdi. Quyida koinot strukturasi o'rganilishining tarixiy bosqichlari va muhim kashfiyotlar yoritib berilgan.

Koinot strukturasi o'rganish tarixi

Koinot strukturasi haqidagi dastlabki tasavvurlar qadim zamonlardan boshlangan bo'lsa-da, haqiqiy ilmiy yondashuv faqat teleskop ixtiro qilingach boshlandi.

Dastlabki galaktikalar va Yulduzlar kuzatuvlari:
1609-yilda **Galileo Galilei** tomonidan teleskopdan foydalanish boshlanishi bilan Yulduzlar va sayyoralarning haqidagi bilimlar keskin oshdi. U Somon yo'li galaktikasi aslida milliardlab Yulduzlardan tashkil topganini ko'rsatdi. 18-asrda **William Herschel** Somon yo'lining tuzilishini o'rganib, Yulduzlarning koinotda qanday taqsimlanganini aniqlashga harakat qildi.

Edwin Hubble va kengayuvchi koinot nazariyasi:
1920-yillarda amerikalik astronom **Edwin Hubble** o'z kuzatuvlari orqali galaktikalar nafaqat Yulduzlar to'plami ekanligini, balki ular Somon yo'lidan tashqarida joylashgan mustaqil tizimlar ekanini aniqladi. 1929-yilda Hubble **galaktikalar spektrini** tahlil qilib, ularning bizdan uzoqlashayotganini isbotladi. Bu kashfiyot koinotning **kengayayotganini** ko'rsatdi va bu **Katta portlash nazariyasining** asosiy dalillaridan biri bo'ldi.

Hubble kashf qilgan **qizil siljish** (redshift) hodisasi koinot kengayishini o'lchash uchun muhim vosita bo'lib xizmat qildi. Uning kuzatuvlari asosida **Hubble qonuni** ishlab chiqildi:

$$v = H_0 \cdot d \quad \text{yoki} \quad \Delta\lambda = H_0 \cdot d \cdot \frac{\lambda}{c}$$

Bu erda v – galaktikaning bizdan uzoqlashish tezligi, d – galaktikaning masofasi, H_0 – Hubble doimiysi.

Kosmik mikrotolqinli fon nurlanishi va koinot strukturasi

Koinot strukturasi haqidagi bilimlar **kosmik mikrotolqinli fon nurlanishi** (CMB) kashf qilinishi bilan yangi bosqichga ko'tarildi. Bu nurlanish koinotning eng qadimiy "nurli" izidir va Katta portlashdan so'ng 380,000 yil o'tib hosil bo'lgan.

Penzias va Wilson kashfiyoti: 1965-yilda amerikalik fiziklar **Arno Penzias** va **Robert Wilson** tomonidan koinot mikrotolqinli fon nurlanishi tasodifan kashf etildi. Ular **Bell Telephone Laboratories**da radio antenna yordamida tajriba o'tkazayotgan paytda, har tomonlama bir xil kelayotgan fon shovqinini aniqlashdi. Bu shovqin aslida koinotning dastlabki bosqichlaridan qolgan **relikt nurlanish** bo'lib, Katta portlash nazariyasining muhim dalili sifatida qabul qilindi. Penzias va Wilson bu kashfiyoti uchun **1978-yilda Nobel mukofotiga** sazovor bo'lishdi.

COBE, WMAP va Planck missiyalari orqali aniqlangan faktlar: 1989-yilda ishga tushirilgan **COBE (Cosmic Background Explorer)** sun'iy yo'ldoshi CMB nurlanishining aniqligini tasdiqladi va uning mikroto'lqinli spektrini o'lchadi. COBE koinotdagi issiqlik notekisliklarini (anisotropiyalar) aniqlab, moddaning qanday qilib galaktikalar va klasterlarga aylanishini ko'rsatdi.

2001-yilda ishga tushirilgan **WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe)** koinotning yoshini, tarkibini va geometriyasini yanada aniqroq o'lchash imkonini berdi. WMAP ma'lumotlariga ko'ra, koinotning yoshi taxminan **13.8 milliard yil** deb belgilandi.

2009-yilda **Planck kosmik teleskopi** ishga tushirildi. Bu missiya CMB nurlanishini Yuqori aniqlikda xaritalash orqali koinotning birinchi bosqichlarida qanday shakllanganini aniqladi. Planck missiyasi yordamida qorong'u modda va qorong'u energiyaning aniq miqdori belgilandi.

Zamonaviy teleskoplar va simulyasiyalar

So'nggi yillarda koinot strukturasi haqida yanada aniq ma'lumotlarga ega bo'lish uchun kuchli teleskoplar va kompYuter simulyasiyalaridan foydalanilmoqda.

Hubble va James Webb teleskoplari yordamida olingan ma'lumotlar: **Hubble kosmik teleskopi** 1990-yilda ishga tushirilgan bo'lib, u yordamida galaktikalar, klasterlar va superklasterlarning Yuqori aniqlikdagi tasvirlari olindi. Hubble orqali juda uzoqdagi galaktikalar, gravitatsion linzalar va galaktikalar to'qnashuvi jarayonlari

kuzatildi. Teleskopdan olingan ma'lumotlar koinotning kengayishini yanada aniqlik bilan o'lchash imkonini berdi.

2021-yilda ishga tushirilgan **James Webb kosmik teleskopi** esa Hubble'dan yanada kuchli bo'lib, infraqizil diapazonda ishlaydi. Bu teleskop koinotning dastlabki galaktikalarini va Yulduzlar tug'ilishini o'rganish imkonini beradi. James Webb yordamida koinotning eng qadimiy davrlariga oid ma'lumotlar to'planmoqda.

Koinot strukturasi simulyasiyalari va ularning natijalari:
Koinotning yirik masshtabdagi tuzilishini tushunish uchun zamonaviy superkompYuterlarda murakkab **kosmologik simulyasiyalar** amalga oshiriladi. Bunday simulyasiyalar moddaning gravitatsion kuchlar ta'sirida qanday qilib galaktikalarga, klasterlarga va superklasterlarga birlashishini ko'rsatadi.

Eng mashhur simulyasiyalardan biri – **Millennium Simulation** bo'lib, u milliardlab zarrachalarning koinotda qanday harakatlanishini ko'rsatib berdi. Simulyasiyalar yordamida qorong'u modda va qorong'u energiyaning koinot strukturasi shakllanishiga qanday ta'sir ko'rsatishi ham o'rganildi.

Dark Energy Survey va SDSS (Sloan Digital Sky Survey) loyihalari:
Dark Energy Survey (DES) loyihasi koinotdagi qorong'u energiyani o'rganishga qaratilgan. Ushbu loyiha koinotning kengayishini va galaktikalar taqsimotini o'lchash orqali qorong'u energiyaning ta'sirini tahlil qiladi.

Sloan Digital Sky Survey (SDSS) – bu galaktikalar, kvazarlar va boshqa kosmik jismlarning spektral xaritasini yaratgan loyihadir. SDSS yordamida millionlab galaktikalarning joylashuvi aniqlangan va koinotning yirik masshtabdagi tuzilmasi batafsil xaritalangan. Bu loyiha koinot to'ring (cosmic veb) shakllanishini chuqurroq tushunishga yordam berdi.

Koinotning yirik masshtabdagi strukturasi nafaqat ilmiy, balki falsafiy va amaliy jihatdan ham chuqur ahamiyatga ega. Bu mavzu koinotning qanday shakllanganini, uning kelajagini va insoniyatning undagi o'rnini aniqlashga yordam beradi. Koinot strukturasi haqidagi bilimlar energiya ishlab chiqarish, yangi texnologiyalar yaratish va hayotning kelib chiqishini tushunishga yordam beradi. SHu bilan birga, bu tushunchalar

insoniyatning o'zini anglashiga va koinotdagi o'rni haqida falsafiy mulohazalar qilishiga turtki bo'ladi.

Koinot strukturasi va uning kosmologiyadagi ahamiyati

Koinot strukturasi koinotning qanday shakllangani, rivojlanishi va kelajagi haqidagi asosiy savollarga javob beradi. Koinotdagi galaktikalar, klasterlar va superklasterlarning shakllanishi moddalar va energiyaning qanday taqsimlanganini ko'rsatadi. Bu bilimlar kosmologiya sohasida muhim o'rin tutadi.

Katta portlash nazariyasi va koinotning kengayishi: Koinotning kengayishini aniqlash va uning tuzilishini o'rganish **Katta portlash nazariyasi** asosida olib boriladi. **Edwin Hubble** tomonidan galaktikalarning bizdan uzoqlashayotganini aniqlash koinotning kengayayotganini ko'rsatdi. Katta portlash nazariyasiga ko'ra, koinot taxminan **13.8 milliard yil** avval bir nuqtadan boshlangan va hozirgacha kengayib kelmoqda.

Koinotning kengayishi **Hubble qonuni** yordamida o'lchanadi:

$$v = H_0 \cdot d = H_0 \cdot d$$

Bu erda v – galaktikaning bizdan uzoqlashish tezligi, d – masofa, H_0 – Hubble doimiysi. Koinotning kengayish tezligini aniqlash orqali olimlar uning kelib chiqishi va kelajakdagi rivojlanishini tushunishadi.

Koinotning yoshi va shakllanish tarixi: Kosmik mikrotolqinli fon nurlanishi (CMB) va galaktikalarning taqsimoti orqali koinotning yoshini va qanday shakllanganini aniqlash mumkin. **WMAP** va **Planck** missiyalari natijasida koinotning yoshi 13.8 milliard yil deb hisoblangan. Koinot dastlab issiq va zich holatda bo'lgan, keyinchalik kengayib sovigan va galaktikalar shakllangan.

Qorong'u modda va qorong'u energiya masalalari

Koinotning yirik masshtabdagi strukturasi haqida to'liq tasavvurga ega bo'lish uchun **qorong'u modda** va **qorong'u energiya** haqidagi bilimlar muhim ahamiyatga ega. Bu tushunchalar koinotdagi massaning va energiyaning qanday taqsimlanganini va uning qanday rivojlanishini tushunishga yordam beradi.

Qorong‘u modda ta’sirida koinot strukturasi va evolYusiyasi:

Qorong‘u modda – bu ko‘rinmaydigan, lekin gravitatsion ta’siri orqali mavjudligi seziladigan materiyadir. Qorong‘u modda koinotdagi galaktikalar va klasterlarni birga ushlab turuvchi asosiy kuchdir. Galaktikalar va superklasterlar qorong‘u modda yordamida birlashib, koinot to‘rini hosil qiladi. Qorong‘u moddaning mavjudligi **gravitatsion linzalar** va galaktikalarning aylanish tezligi orqali aniqlanadi.

Qorong‘u moddaning koinotdagi umumiy massaga nisbati taxminan **27%** ni tashkil qiladi. Agar qorong‘u modda bo‘lmaganida, galaktikalar o‘z tezligi tufayli parchalanib ketgan bo‘lardi.

Qorong‘u energiya va koinotning kelajagi:

Qorong‘u energiya – bu koinotning kengayishini tezlashtiruvchi noma’lum energiya shakli. Qorong‘u energiya koinot tarkibining **68%** ni tashkil qiladi va uning ta’siri koinotning kelajakdagi rivojlanishida muhim rol o‘ynaydi.

Koinotning kelajagi qorong‘u energiyaning xususiyatlariga bog‘liq:

1. **Abadiy kengayish:** Agar qorong‘u energiya doimiy bo‘lsa, koinot abadiy kengayib boradi va sovib ketadi.
2. **Katta yirtilish (Big Rip):** Agar qorong‘u energiya vaqt o‘tishi bilan kuchayib boradigan bo‘lsa, koinotdagi barcha strukturalar oxir-oqibat parchalanadi.
3. **Katta siqilish (Big Crunch):** Agar koinotdagi modda zichligi etarli bo‘lsa, kengayish to‘xtab, koinot o‘ziga qaytadi va siqiladi.

Hozirgi kunda olib borilgan tadqiqotlar koinotning kengayishi tezlashayotganini ko‘rsatmoqda, bu esa qorong‘u energiyaning kuchli ta’sirini tasdiqlaydi.

Koinot strukturasi va insoniyat

Koinotning yirik masshtabdagi strukturasi haqida bilimlar insoniyatning o‘zini anglashiga, hayotning kelib chiqishi va koinotdagi o‘rnimiz haqida falsafiy mulohazalar qilishimizga turtki bo‘ladi. Koinotning ulkanligi va murakkabligi insoniyatni koinotda yagona aql-idrokli mavjudotmi yoki boshqa hayot shakllari mavjudmi degan savollarga olib keladi.

Koinotning masshtabi va bizning o'rnimiz haqida falsafiy mulohazalar:

Koinotning masshtabi nihoyatda ulkan. Galaktikalar, klasterlar va superklasterlarning mavjudligi insoniyatning koinotdagi o'rnini haqida yangi savollar tug'diradi. Koinotdagi har bir atom bir vaqtlar Yulduzlarda hosil bo'lgan. SHu sababli, **"biz Yulduz changimiz"** degan ibora koinotning bir qismi ekanligimizni anglatadi.

Bu tushunchalar insoniyatni hayotning ma'nosi, koinotdagi o'rnini va kelajagi haqida chuqur o'ylashga majbur qiladi. Koinotning kengayishi va rivojlanishi insoniyatning kelajakdagi mavjudligi haqida ham savollar tug'diradi.

Multikoinot nazariyalari va boshqa olamlar mavjudligi ehtimoli:

Zamonaviy kosmologiyada **multikoinot nazariyalari** (multiverse theories) koinotning yagona emasligi ehtimolini ko'rsatadi. Bu nazariyaga ko'ra, biz biladigan koinot **ko'plab boshqa koinotlardan** iborat bo'lgan ulkan tuzilmaning bir qismi bo'lishi mumkin.

Multikoinot nazariyalari quyidagilarni o'z ichiga oladi:

1. **Parallel koinotlar:** Bizning koinotimizga o'xshash, lekin boshqa fizik qonunlarga ega bo'lgan koinotlar mavjud bo'lishi mumkin.
2. **Bubble koinotlar:** Katta portlash natijasida ko'plab "pufakchalar" shaklida koinotlar hosil bo'lgan bo'lishi ehtimoli.
3. **Matritsalar va simulyasiyalar:** Ba'zi nazariyalarga ko'ra, biz yashayotgan koinot bir turdagi simulyasiya yoki virtual olam bo'lishi ham mumkin.

Multikoinot nazariyalari falsafiy va ilmiy muhokamalarga sabab bo'lmoqda. Boshqa olamlar mavjudligi ehtimoli hayotning universal xususiyatini tushunishda yangi imkoniyatlar yaratadi.

Koinotning yirik masshtabdagi strukturasi nafaqat ilmiy jihatdan, balki falsafiy va amaliy jihatdan ham chuqur ahamiyatga ega. **Qorong'u modda** va **qorong'u energiya** kabi tushunchalar koinotning qanday shakllanganini va kelajakda qanday rivojlanishini tushunishga yordam beradi. SHu bilan birga, koinotdagi o'rnimiz va hayotning ma'nosi haqida falsafiy mulohazalar qilishga turtki beradi. Multikoinot nazariyalari va

koinotning ulkanligi insoniyatni koinotdagi o'zni haqida yangicha o'ylashga majbur qiladi. Koinotni o'rganish nafaqat ilm-fan uchun, balki insoniyatning o'zini anglashida ham muhim rol o'ynaydi.

Nazorat savollari:

1. Qorong'i materiya va qorong'i energiyaning koinotning kengayishi va strukturasi ta'siri qanday kuzatiladi va ularning o'zaro bog'liqligi Lambda-CDM modeli doirasida qanday ifodalanadi?
2. Qorong'i materiyani aniqlashda galaktik rotatsiya chizmalar, gravitatsion linzalar va klaster dinamikasi metodlarining asosiy afzalliklari va cheklovlari nimalardan iborat?
3. Qorong'i energiyaning matematik ravishda tavsiflashda kosmologik konstant (Lambda) va dinamik dark energy modellari (quintessence, phantom energy) qanday rol o'ynaydi va koinot kengayishini qanday modellashtiradi?
4. Qorong'i materiya uchun taklif qilingan nazariy modellar (masalan, WIMP, axion, neutrino modellari) orasidagi farqlar nimalardan iborat va ularning gravitatsion interaksiyalari qanday aniqlanadi?
5. Kelajakdagi eksperimental tadqiqotlar (masalan, Euclid, LSST, James Webb Space Telescope, Xenon1T) qorong'i materiya va qorong'i energiya haqidagi nazariy bilimlarni sinovdan o'tkazish va yangi kashfiyotlarga erishishda qanday rol o'ynashi kutilmoqda?

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Arnab Rai CHoudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.
2. M. Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.
3. Sivuxin D.V, Kurs obshchey fiziki, uchebnoe posobie dlya vuzov, t. 5 – Atomnaya i yadernaya fizika, 3-e izdanie, FIZMATIZ, 2011.
4. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
5. L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.
6. Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.
7. Filchenkov M.L., Gravitatsiya, astrofizika, kosmologiya: dopolnitelnye glavы, «LIBROKOM», 2010.

2-mavzu: Yulduzlar evolYutsiyasi. (2 soat)

Reja:

- 2.1. Yulduzlarning tarkibi. Yulduzlarda metallarning oʻrni.
- 2.2. Gersshprung-Rassel diagrammasi.
- 2.3. Oʻta massiv qora oʻralar. Kompakt gravitatsion obyektlar.

2.1. Yulduzlarning tarkibi. Yulduzlarda metallarning oʻrni.

Tayanch iboralar: Yulduzlar temperaturasi, Yulduzlar evolYusiyasi, Gersshprung-Rassel diagrammasi, Yulduzlar magnit maydoni, oʻta yangi Yulduzlar.

Koʻpchilik Yulduzlar Quyosh singari tabiatga ega. Chunki ularning spektri Quyoshnikiga oʻxshash qora (Yutilish, absorbsion) chiziqlar bilan kesilgan tutash (uzluksiz) spektrdan iborat. Past dispersiyali spektrga bir qarashdan hosil boʻlgan bu oʻxshashlik Yuqori dispersiyalilarda yoʻqoladi.

Yulduzlar olami rang-barang, ular orasida aynan Quyoshga oʻxshaganlari ham bor. Biroq koʻpchilik Yulduzlar spektridaqlarini joylashishi va intensivligi boʻyicha Quyoshdan farq qiladilar. Ularning ayrimlari spektrida Yuqori ionlanish potensialiga ega boʻlgan kimyoviy element ionlari (N^+ , S^{++} , O^{++}) chiziqlari koʻrinsa, boshqalarinikida faqat vodorod atomi chiziqlari, uchinchi xillarinikida esa faqat past ionlanish potensialiga ega atomlar va molekulalar chiziqlari va tasmalari kuzatiladi¹.

Yuqorida koʻrganimizdek tutash spektr Yulduz (Quyosh)ning fotosfera qatlamining pastki qismlarida chiziqlar esa uning ustiga nisbatan past temperaturaga ega qismlarida hosil boʻlsa, Yulduzlarning spektridagi rang baranglik ularning fotosferasidagi fizik sharoitni turlichaligi bilan bogʻliq degan xulosaga kelamiz. Spektri Quyoshniki singari boʻlgan Yulduzlar normal yoki stasionar Yulduzlar deb ataladi. Bunday Yulduzlarni yorugʻligi deyarli (~ 0.1 %) oʻzgarmaydi. Demak, ularning (T) temperaturasi va radiusi (R) deyarli oʻzgarmaydi, Yulduzning ichki va tashqi qatlamlari termodinamik muvozanatda.

Ayrim Yulduzlar spektrida keng emission (yorugʻ) chiziqlar boshqalarinikida Yutilish chiziq bilan birgalikda, uni yonida yoki ustida shu atomga tegishli emission chiziq ham kuzatiladi. Uchinchi turdagi Yulduzlar yorugʻligi bilan birgalikda spektrini

¹Arnab Rai Choudhuri, *Astrophysics for Physics*, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

o'zgartirib turadi. Bunday Yulduzlar nostasionar Yulduzlar deyiladi. Ularni o'rganishga o'tishdan oldin stasionar 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 tasmasini 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 Galaktika² deb nomlaydigan Somon yo'lini bir tekislikda juda katta masofalarga yoyilib ketgan Yulduzlardan iborat yassi disk deb taxmin qildi.

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

yozida



(a)



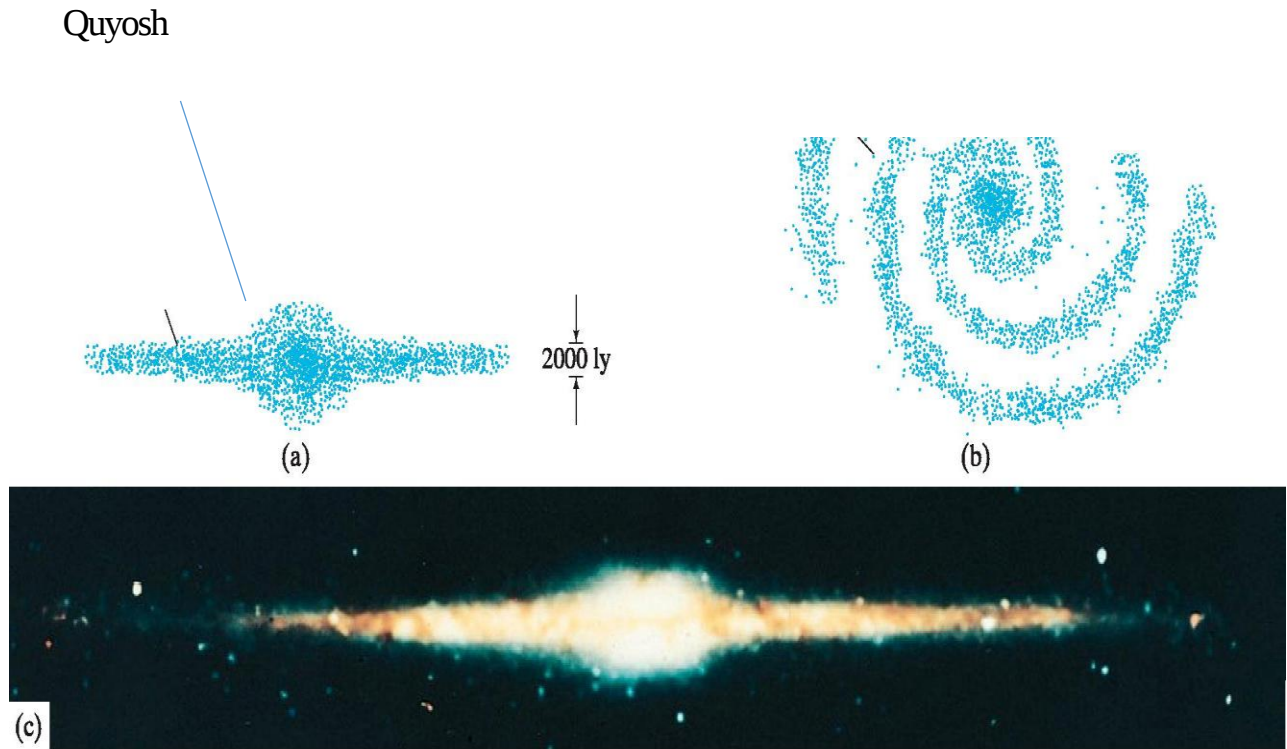
(b)

(AQSH) 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

²Galaktika (bosh harf bilan) bu biz joylashgan galaktika, qolganlari kichik harflar bilan keltiriladi

taxminan markazdan 26000yoy ga teng. Bizning Galaktikamiz taxminan 400 milliard Yulduzlardan tashkil topgan. Quyosh Galaktika markazi atrofigda har 250 million yilda bir marta aylanib chiqadi va tezligi Galaktika markaziga nisbatan 200km/s. Jammasi odatiy materiyasining massasi esa taxminan 4.1041×10^{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 Yulduzlar turkumiga kiruvchi tumanliklarni ko'rishimiz mumkin. Ba'zi Yulduz turkumlari va guruhlar 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‘yektlar Galaktikamizdan tashqaridagi (ekstragalaktik) ob‘yektlar ekanligi ishonarli deb tan olinmadi, lekin XX asrga kelib juda katta diametrli teleskoplar barpo etildi va ular yordamida extragalaktik ob‘yektlar 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‘yektlar 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 Virlypul galaktikasi, (c) (b)dagi galaktikaning infraqizil tashviri ("yasama" ranglarda berilgan), bu Yerdagi spiral galaktikaning (b) rasmda ko'rinmay qolgan yengllari ham ko'rsatilgan; har hil ranglar har hil intensivliklarga to'g'ri keladi. Ko'rinishdagi nurlar galaktikalararo "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'yektlar ham mavjud. Ular orasida qizil gigantlar, oq mittilar, neytron Yulduzlar, nova va supernova deb ataluvchi Yulduzlarning portlashi va hattoki yorug'lik ham chiqib ketolmaydigan, gravitatsiyasi kuchli bo'lgan qora o'ralar bizga ma'lum. Bundan tashqari, Yerga elektromagnit to'lqinlar ham yetib keladi, ammo ular nuqtaviy yorug'lik manbalaridan chiqmaydi: ayniqsa muhim tomoni shundaki, mikroto'lqinli nurlanish foni koinotning barcha yo'nalishlarida bir hil.

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

Yulduzlarda metallarning o‘rni

Qora tuynuklar – bu fazo-vaqtning shunday soxasiki, kuchli gravitasion maydon hisobiga u yerni xatto yorug‘lik tezligida xarakatlanuvchi zarralar, shuningdek yorug‘lik kvantlari ham tark eta olmaydilar. Ushbu sohaning chegarasi xodisalar gorizonti deb ataladi, uning o‘lchami esa gravitasion radius deyiladi. Eng sodda holda – sferik-simmetrik qora tuynuklar uchun ushbu o‘lcham Shvarsschild radiusiga teng. Nazariy jixatdan bunday ob’yektlarning mavjudligi Eynshteyn tenglamalarining ba’zi aniq yechimlari tomonidan kelib chiqadi. Bunday yechimlarning birinchisi Karl Shvarsschild tomonidan 1915 yili topilgan³.

Zamonaviy fan bizgaso‘nuvchi massiv Yulduzlar bilan bog‘liq ko‘pgina hayratomus hodisalarni tanishtiradi. Ularni million yillar davomida saqlab kelgan yonilg‘isining yetarli bo‘lmay qolishi bilan Yulduz ortiq muvozanat holatini saqlab qola olmaydi va o‘z og‘irligi ta’sirida markazi tomon siqiladi, ya’ni kollapsga uchraydi. Inson hayotiga o‘hshab Yulduzlar ham o‘zining yashash sikliga ega. Ular chang bulutlarida tug‘iladi, o‘sadi va million yillar yorug‘lik sohib parlanadi va o‘ladi. Yulduz o‘zining dastlabki bosqichlarida hosil bo‘lgan vodoroddan, keyin bosqichlarda geliydan va nihoyat og‘ir elemenlardan iborat ichki yonilg‘isi xisobiga yorug‘lik sochadi. Har bir Yulduz o‘zining markazga tortuvchi gravitatsiyasi va unga qarama qarshi yo‘nalishlardagi ichki bosim kuchlari bilan muvozanatga ega. Bu muvozanat yonilg‘i temirga aylanadigan vaqtgacha saqlanadi. Gravitatsiya bosim kuchlaridan kattalashadi va Yulduz siqila boshlaydi.

³James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein’s General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

2.2. Gersshprung-Rassel diagrammasi.

Bu uchala Yulduzlarning oxirgi bosqichidagi ob'yektlardan eng birinchi bo'lib oq mittilar astronomik kuzatishlar natijasida topilgan. Oq mitti tajribada astronomlar bunday Yulduz qanday qilib nur sohib turishini tushinidan oldin topilgan. 1914 yili amerikalik astronom Adams osmonimizdagi eng yorqin Yulduz bo'lgan Siriusning yo'ldoshi Sirius V ning spektrini analiz qilayotib Yuqori haroratga - Sirius Yulduzining haroratiga yaqin haroratga ega va massasi Quyosh massasi tartibida bo'lsa ham radiusi Yer radiusidan kichik degan hulosaga keladi⁴.

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 Djoselin Bell tomonidan ochilgan tez aylanuvchi neytron Yulduzlar-pulsarlarning kashf etilishi bo'lgan. Bu pulsarlar radio diapozonda urganilgan⁵. Ularning ochilishi sharafiga Bell, Entoni

⁴T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.

⁵Бочкарев Н.Г.Б Магнитные поля в космосе, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 216 с.

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 gravitasion 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'yektlardan 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 gravitasion o'lchamidan kichik bo'lganda sodir bo'ladi. Gravitasion radius Quyosh uchun 3km, Yer uchun esa 9mm atrofida. A. Eynshtenning umumiy nisbiylik nazariyasi qora tuynuklarning ajabtovur xususiyati-qora tuynuk uchun muhim bo'lgan xodisalar gorizonti 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 degani⁶.

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

1974 yilda Stiven Xoking qora tuynuklar atrofida vakuumdan zarralarning paydo bo'lishi ko'rib chiqadi. Uning hisoblashlari shuni ta'kidlaydiki aylanuvchi qora tuynuklar nurlanadi va bu qora tuynuk aylanishini sekinlashtiradi. Bu nurlanish spektri issiqlik nurlanishiga mos kelishi aytib o'tadi. Biroq natijalar yarim klassik usulda olingan, aslida gravitatsiya maydoni umumiy nisbiylik nazariyasi tenglamalari bilan, qora tuynuk yaqinidagi vakuum kvanlangan maydon nazariyasi bilan yoritilishi kerak⁷. Ko'pchilik olimlar Xoking ikkita nazariyani birlashtirib xatoga yo'l quydi deb xisoblashadi. Uning qora tuynuklar uchun oldin qabul qilingan barcha qonunlarni buzadi. Keyinroq esa Xoking haq bo'lib chiqadi va uning natijalari egrilangan vaqt-

⁶James B. Hartle, *Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity*, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

⁷T. Padmanabhan, *Theoretical Astrophysics, Volume I-III*, Cambridge University Press, 2010.

fazodasigi kvanlangan maydonlarning qonunlari ko‘rinishida rasman qobul qilindi. Shu sababdan gravitasion, elektromagnit va boshqa turdagi nurlanishlarni kvanlangan maydonlar deb qaraladi. Boshqacha so‘z bilan aytganda to‘lqinlar qanchalik kvant mexanikasi tenglamalari bilan yoritilmasin, ular o‘zini bir vaqtning o‘zida ham to‘lqin ham zarradek tutadi.

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

Xoking xisolashlaridan yana shuni ko‘rish mumkin: agar qora tuynuk to‘liq nurlanib ketsa, uning holati to‘g‘risida ma‘lumot uzoqdagi kuzatuvchi uchun butunlay yo‘qoladi. Bu klassik nazariya doirasida to‘g‘ri. Boshqa tomondan qora tuynukning “bug‘lanishi” xisobidan yo‘qotilgan axborot kvant mexanikasining axborot mavjudligining to‘g‘risidagi unitarlik tamoyiliga zid va uni aniqlash qiyin. Faraz qilaylik, bizda ikkita o‘ng qizil paypoq va chap ko‘k paypoq bor. Agar biz chap ko‘k paypoqni qora tuynukga tashlasak va kimdir o‘ng qizil paypoqni juftisiz topib olsa va u o‘ylaydiki chap qizil paypoqni qora tuynukga tashlagan deb taxmin qiladi ya‘ni modomiki hech qanday axborot qora tuynukdan chiqib ketolmas ekan uzoqdagi kuzatuvchi uning ichida nima borligini bila olmaydi⁸.

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

⁸L. Rezzolla, O. Zanotti, *Relativistic Hydrodynamics*, Oxford University Press, 2013, 752 p.

ekan boshqa joyda paydo bo‘ladi. Lekin, kvant nazariyasiga binoan qora jismga Yutilgan axborot to‘la yo‘qoladi⁹.

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

2.3. O‘ta massiv qora o‘ralar. Kompakt gravitatsion obyektlar

O‘TA MASSIV QORA TUYNUKLAR

Qora tuynuklarning ilk surati Astronomlar insoniyat tarixida birinchi marta qora tuynukning fotosuratini olishga muvaffaq bo‘lishdi. Bu tasvir Yerning turli qit’alarida joylashgan sakkizta radioteleskop – Shimoliy Amerika, Havo orollari, Yevropa, Janubiy Amerika va Janubiy qutbga o‘rnatilgan kuzatuv tizimlari yordamida olindi. Tasvirga tushirilgan qora tuynuk Messier 87 (M87) galaktikasi markazida joylashgan bo‘lib, u o‘z tarkibida 200 milliardlab Yulduzlarni tutib turadi. M87 galaktikasi Yerga 55 million yorug‘lik yili masofada joylashgan. Bu shuni anglatadiki, yorug‘lik tezligi (sekundiga 300 ming km) bilan ham qora tuynukka yetib borish uchun 55 million yil kerak bo‘ladi. Olingan tasvirdagi qora tuynuk Quyosh massasidan 6,5 milliard baravar katta bo‘lib, bu uning nihoyatda ulkan astronomik jism ekanligini tasdiqlaydi. Taqqoslash uchun, bizning Somon Yo‘li galaktikamiz markazida joylashgan Sagittarius A* qora tuynugi taxminan 4,5 million Quyosh massasi bilan M87 qora tuynugidan ancha kichik hisoblanadi. Qora tuynuk atrofidagi yorug‘ halqa va Doppler beaming effekti Qora tuynuk atrofida kuzatilgan yorug‘ halqa – bu qora tuynukka tushayotgan moddaning rentgen va radio diapazonlarida nurlanishidir. Ushbu halqaning ba’zi qismlari qalinroq va yorqinroq ko‘rinadi. Buning sababi – qora tuynuk atrofida harakatlanayotgan plazma yorug‘lik tezligiga juda yaqin tezlikda aylanadi. Doppler beaming effekti ga ko‘ra, kuzatuvchiga yaqinlashayotgan plazma ancha yorqinroq, uzoqlashayotgani esa xiralashgan bo‘lib ko‘rinadi. Hozircha tasvirning aniqligi qora tuynukning o‘z aylanish tezligini aniq hisoblash uchun yetarli emas, lekin bu kashfiyot umumiy nisbiylik

⁹Max Camenzind, *Compact Objects in Astrophysics*, Springer, 2007, 682 p.

nazariyasining yana bir tasdig'i hisoblanadi. Qora tuynuklarning fizik mohiyati va tarixiy rivojlanishi Zamonaviy fizikaning asosiy nazariyalaridan biri – umumiy nisbiylik nazariyasi qora tuynuklarning mavjudligini oldindan bashorat qilgan. 1915-yilda Albert Eynshteyn tomonidan taqdim etilgan ushbu nazariyaga **ko'ra**, gravitatsiya – bu fazo-vaqtning massa ta'sirida egilishi natijasida Yuzaga keladi. Har qanday katta massali jism o'z atrofida fazo-vaqtni egri qiladi va uning tortish kuchi qancha katta bo'lsa, egri chiziqlilik ham shuncha kuchli bo'ladi.

Qora tuynuk tushunchasining rivojlanishi

- **1916-yil** – Nemis fizikasi **Karl Shvartsshild** Eynshteynning maydon tenglamalari asosida qora tuynukning **matematik modelini** yaratdi.
- **1939-yil** – **Tolman-Oppenheimer-Volkoff chegarasi** nazariyasi orqali aniqlik kiritildi.
- **1960-yillar** – Amerikalik fizik **Jon Archibald Uiler** ushbu jismlarni "**qora tuynuk**" deb atadi.
- **2019-yil** – **Event Horizon Telescope (EHT)** loyihasi birinchi marta qora tuynuk tasvirini oldi.

Qora tuynuklarni kuzatish muammolari va ularni aniqlash usullari

Qora tuynuklardan **yorug'lik ham chiqib keta olmaydi**, shuning uchun ularni kuzatish juda qiyin. Lekin astronomlar bilvosita usullar orqali ularni aniqlashadi:

1. Akresiya diski va rentgen nurlanishi

○ Qora tuynukka tushayotgan gaz va chang moddalari **issiq plazmaga aylanishi** natijasida kuchli rentgen nurlanish hosil qiladi.

2. Gravitatsion linzalash

○ Qora tuynuk yonidan o'tuvchi yorug'lik **egilib**, g'ayrioddiy tasvir hosil qiladi.

3. Gravitatsion to'lqinlar

○ **LIGO va Virgo** kabi detektorlar ikki qora tuynukning to'qnashishi natijasida hosil bo'ladigan **gravitatsion to'lqinlarni** qayd qiladi.

4. Yulduzlarning orbital harakati

○ Qora tuynuk atrofida aylanuvchi Yulduzlarning **g‘ayrioddiy orbital harakati** ularning mavjudligiga ishora qiladi.

Event Horizon Telescope (EHT) loyihasi va qora tuynukning ilk surati

Qora tuynuklarni kuzatish uchun **bitta ulkan teleskop** qurish o‘rniga, **Yerning turli qismlarida joylashgan sakkizta radioteleskopdan** foydalanildi. **EHT loyihasi** 2017-yil aprel oyida **M87 galaktikasi markazini** kuzatdi va ulkan hajmdagi ma’lumotlarni to‘pladi.

Olingan ma’lumotlar juda katta hajmga ega bo‘lgani uchun internet orqali uzatilmagan. Ular qattiq diskka yozilib, **samolyot va kemalar orqali AQSh va Germaniyadagi ilmiy markazlarga** yetkazildi. Olimlar mustaqil ravishda ushbu tasvirlarni tiklashdi va nazariy modellar bilan solishtirishdi.

Bu tasvir **umumiy nisbiylik nazariyasining haqiqiylikini tasdiqlovchi birinchi bevosita dalil** bo‘ldi.

Qora tuynuk tasvirining ahamiyati

Bu suratning ilmiy va falsafiy ahamiyati juda katta:

1. **Umumiy nisbiylik nazariyasining amaliy tasdig‘i** – Eynshteyn nazariyalari haqiqiylikini isbotladi.

2. **Koinot evolYutsiyasini tushunish** – Qora tuynuklar galaktikalar shakllanishida qanday rol o‘ynashini aniqlashga yordam beradi.

3. **Odamzotning ilmiy imkoniyatlarini kengaytirish** – Uzoq yillik nazariy bashoratlar endi bevosita eksperimental tasdiqqa ega bo‘ldi.

Nazorat savollari:

1. Koinotda Yulduzlarning paydo bo‘lishi va evolYusiyasi.
2. Qizil gigant.
3. Yulduzlarning temperaturasi
4. Vin siljish qonuni
5. Yulduzlarning spektral klassifikatsiyasi
6. Gersshprut-Rassel diagrammasi.
7. Rang ko‘rsatkichini o‘lchash.

8. Spektral chiziqlar intensivligini o'lchash.
9. Yulduzlar spektri.
10. Yulduzlarning evolYusiyasi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.
2. Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.
3. Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.
4. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
5. Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.
6. Bochkarev N.G.b Magnitnyye polya v kosmose, M.: Knijnyy dom «LIBROKOM», 2011. – 216 s.

Internet ma'lumotlari

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

3-mavzu: Chandrasekar va Opengeymer-Volkov chegaralari. (2 soat)

Reja:

- 3.1. Neytron Yulduz va oq mittilar. Neytron Yulduzlarning magnit maydoni.
- 3.2. Akkretsion disk. Qora o'raning nurlanishi. Qora o'ra termodinamikasi.
- 3.3. Qora o'ra tasviri. Gravitatsion to'liqlar.

3.1. Neytron Yulduz va oq mittilar. Neytron Yulduzlarning magnit maydoni.

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

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

Neytron Yulduzlari – bu katta massali Yulduzlarning hayoti oxirida hosil bo'ladigan juda zich va kichik o'lchamli ob'ektlardir. Ular degeneratsiyalangan neytron bosimi yordamida gravitatsiyaga qarshi turadi.

Neytron Yulduzlarining hosil bo'lishi

- Katta massali Yulduzlarning evolYusiyasi: Katta massali Yulduzlar (8 – 20 Quyosh massasi) asosiy ketma-ketlik bosqichida tezda vodorodni geliyga aylantiradi,

so'ngra geliyni og'ir elementlargacha sintez qiladi (uglerod, kislorod, neon, silisiy va nihoyat temir).

- Temir yadro va barqarorlikning yo'qolishi: Temir sintezi energiya chiqarmaydi, shuning uchun yadroda gravitatsion kollaps sodir bo'ladi. Temir yadro o'z vaznini ko'tara olmaydi va supernova portlashi sodir bo'ladi.

- Supernova portlashi: YAdro kollaps qilganda, uning tashqi qatlamlari katta tezlikda fazoga chiqariladi. Bu jarayon juda yorqin portlash – supernova sifatida kuzatiladi.

- Neytron Yulduzi shakllanishi: YAdro ichidagi protonlar va elektronlar birlashib neytronlar hosil qiladi. Neytronlar zich va mustahkam neytron Yulduzini tashkil etadi.

Neytron Yulduzlarining xususiyatlari

- O'lchami: Neytron Yulduzlarining diametri taxminan 10-20 km bo'ladi, lekin ularning massasi Quyosh massasiga teng bo'lishi mumkin.

- Zichlik: Neytron Yulduzlarining zichligi nihoyatda Yuqori – bir choy qoshiq neytron Yulduzi materiyasi bir necha milliard tonna og'irlikka ega bo'lishi mumkin.

- Tez aylanish (Pulsarlar): Agar neytron Yulduzi tez aylanayotgan bo'lsa, u pulsar deb ataladi. Pulsarlar radio to'lqinlar yoki rentgen nurlari chiqaradi va bu nurlar Erga tebranuvchi signal sifatida keladi.

Tolman-Oppenheimer-Volkoff limiti

- TOV limiti – bu neytron Yulduzining maksimal massasi bo'lib, u taxminan 2-3 Quyosh massasiga teng. Agar neytron Yulduzining massasi bu limitdan oshsa, u qora tuynukka aylanadi.

- **Neytron Yulduzlari birlashishi** - bu neytron Yulduzlarining Yulduzlarning to'qnashishi.

- Ikki neytron Yulduzi o'zaro orbitasiga tushganda, ular gravitatsiyaviy nurlanish tufayli asta-sekin ichkilikka spirallashadi. Ular nihoyat uchrashganda, ularning birlashishi katta miqdordagi neytron Yulduzini yoki agar qoldiqning massasi Tolman-Oppenheimer-Volkoff chegarasidan oshsa, qora cho'qqani hosil qiladi. Birlanish bir yoki

ikki milisaniyada Yerdan trillion baravar kuchliroq magnit maydonini yaratishi mumkin. Ushbu hodisalar qisqa gamma nurlar portlashlarini yaratadi deb hisoblanadi.

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

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

- [Qarangli birlashmalar](#)
- [[tahrir](#) | [manbasini tahrirlash](#)]

- 2017-yil 17 avgust kuni LIGO / Virgo hamkorligi GW170817-ni aniqladi, bu ikki neytron Yulduzining NGC 4993 ga qo'shilgan gravitatsiya to'lqinidir, bu esa Hydra Yulduzidagi eliptik galaktika. GW170817 qisqa (taxminan 2 soniya uzoq) gamma nurlari portlashi, GRB 170817A bilan birgalikda sodir bo'ldi, birinchi marta GW birlashish signalidan 1,7 soniyadan keyin aniqlandi va ko'rinadigan yorug'lik kuzatuv hodisasi birinchi marta 11 soat keyin kuzatildi, SSS17a.

- GW170817 va GRB 170817A ning vaqt va makonlarda ham birga Yuz bergani neytron Yulduzlari birlashishi qisqa gamma nurlar portlashlarini yaratishini ta'kidlaydi. Swope Supernova Survey 2017a (SSS17a) ning keyinchalik aniqlanishi GW170817 va GRB 170817A sodir bo'lgan joyda va uning kilonova kabi kutilgan xususiyatlariga ega bo'lishi neytron Yulduzlarining birlashishi kilonovalar uchun ham javobgardir degan ma'noga ega.

- 2018-yil fevral oyida Zwicky Transient Facility gravitatsion to'lqinlar kuzatish orqali neytron Yulduz hodisalarini kuzatishni boshladi, bu haqda "toshqinlar buzilishi hodisalarining tizimli namunalari" tasdiqlaydi. O'sha yili astronomlar GRB 150101B, 2015-yilda aniqlangan gama nurli portlash hodisasi, GW170817 bilan to'g'ridan-to'g'ri bog'liq bo'lishi mumkinligini va ikki neytron Yulduzining birlashishi bilan bog'liqligini

xabar berishdi. Ikki hodisa o'rtasidagi o'xshashliklar, gamma nurlari, optik va rentgen nurlari emissiyasi, shuningdek, bog'liq uy egasi galaktikalar tabiati bilan bog'liq, "o'ziga xos" bo'lib, bu ikki alohida hodisa ham neytron Yulduzlarining birlashishi natijasida bo'lishi mumkinligini va ikkalasi ham bir kilonova bo'lishi kerakligini anglatadi.

- Shuningdek, 2018 yil oktyabr oyida olimlar Hubble konstanta aniqlash uchun gravitatsion to'lqin hodisalaridan (ayniqsa GW170817 kabi neytron Yulduzlarining birlashishini o'z ichiga olgan) olingan ma'lumotlardan foydalanishning yangi usulini taqdim etishdi. Bu Koinotning kengayishi tezligini belgilaydi. Hubble konstantasini topish uchun avvalgi ikkita usul - biri qizil o'zgarishlarga asoslangan va boshqasi kosmik masofani sinchkovga asoslangan - taxminan 10% ga teng kelmaydi. Ushbu farq, Hubble shovqinini, kilonovalarni standart shamol boshqa turi sifatida ishlatish orqali yarashtirish mumkin.

- 2019-yil aprel oyida LIGO va Virgo gravitatsion to'lqinlar observatoriyasi nomzod hodisani aniqlaganini e'lon qildi, bu 99,94% ehtimol bilan ikki neytron Yulduzining birlashishi. Katta kuzatuvlarga qaramay, elektromagnitli tenglamani aniqlab bo'lmadi.

- 2023-yilda kilonova GRB 230307A kuzatilishi nashr etildi, shu jumladan telluriy va lantanid elementlari spektrlarining ehtimol tutilgan kuzatishlari.

- **XT2 (magnetar)**

- [[tahrir](#) | [manbasini tahrirlash](#)]

- 2019-yilda Chandra X-ray observatoriyasining ma'lumotlarini tahlil qilish natijasida 6,6 milliard yorug'lik yil masofada yana bir ikkilik neytron Yulduzi birlashganini, XT2 deb nomlangan X-ray signalini aniqladi. Birlashish magnetar hosil qildi; uning chiqindilari bir necha soat davomida aniqlanishi mumkin edi.

- [Tashqi ta'sir](#)

- [[tahrir](#) | [manbasini tahrirlash](#)]

- **Yer Yuzida ta'sir**

- [[tahrir](#) | [manbasini tahrirlash](#)]

- Ikkilamchi neytron Yulduzlari birlashishi natijasida chiqindilar o'tishi mumkin, agar ular Yer 10 parseklar ichida Yuz bersa. Agar qisqa qisqa Gamma Ray

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

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

Oq mitti Yulduzlar — aynigan gazlardan iborat kichik o'lchamli juda zich qaynoq Yulduzlar[1]. Massalari Quyosh massasiga yaqin, lekin o'lchamlari Quyoshga nisbatan taxminan 100 marta kichik bo'ladi. Shu tufayli oq mitti Yulduzlarning zichliklari juda katta — 105–109 kg/m³. Radiusi bir necha ming km, sirtidagi temperatura 10 ming K. Temperaturasini va spektri oq rangli Yulduzlarga mos ekani hamda o'lchamlari kichikligi sababli shu nom bilan ataladi. Galaktikamizdagi Yulduzlarning 10% ga yaqini oq mitti Yulduzlarni tashkil qiladi. Ushbu fizik holat Yulduzlar evolYutsiyasining eng oxirgi bosqichlaridan biriga to'g'ri keladi. Oq mitti Yulduzlar massasi Yukrridan 1,4 quyosh massasi bilan chegaralanganligini birinchi bo'lib hind astronomi Subrahmanyam

Chandrasekhar ko'rsatgan. Hisob-kitoblarga ko'ra, oq mitti Yulduzlar normal Yulduzlarning portlab, tashqi qobiqlarining fazoga tarqab ketishi natijasida vujudga kelgan

Kompakt ob'ektlar – bu Yulduzlarning evolYutsiyasi natijasida hosil bo'ladigan, o'ziga xos fizik xususiyatlarga ega bo'lgan, o'ta zich astronomik jismlardir. Ular gravitatsion kuch ta'sirida o'z hajmiga nisbatan juda katta massaga ega bo'lib, odatdagi Yulduzlardan keskin farq qiladi.

Yulduzlarning hayot sikli davomida, ular termoyadro reaksiyalar orqali energiya ishlab chiqaradi. Biroq, yoqilg'isi tugagandan so'ng, ularning yadro bosimi tortish kuchiga qarshi tura olmaydi va kollaps holatiga o'tadi. Ushbu jarayon natijasida turli kompakt ob'ektlar hosil bo'ladi. Ular uchta asosiy toifaga bo'linadi:

1. Oq mittilar

- O'rtacha va past massali Yulduzlarning evolYutsiyasi natijasida hosil bo'ladi.
- Elektron degeneratsiyasi bosimi Yulduzning to'liq siqilishiga to'sqinlik qiladi.
- Massasi **Chandrasekhar chegarasi** (taxminan 1,4 quyosh massasi) dan oshmaydi.
- Vaqt o'tishi bilan sovib, qora mittiga aylanadi.

2. Neytron Yulduzlar va pulsarlar

- O'rta massali Yulduzlarning yakuniy bosqichi natijasida hosil bo'ladi.
- Yulduz yadrosi gravitatsion kollapsga uchraydi va **neytron degeneratsiyasi** natijasida neytron Yulduz hosil bo'ladi.
- Juda kuchli magnit maydonga ega bo'lib, ba'zilar **pulsar** sifatida kuzatiladi, ya'ni muntazam ravishda elektromagnit impul'slar chiqaradi.
- Ularning massasi **Tolman-Oppenheimer-Volkoff chegarasi** (taxminan 2,5 quyosh massasi) dan oshmaydi.

3. Qora tuynuklar

- Juda katta massali Yulduzlarning yakuniy bosqichi natijasida hosil bo'ladi.
- Gravitatsion kollaps natijasida Yulduzning barcha moddasi bitta nuqtaga jamlanib, **hodisalar gorizonti** hosil bo'ladi.

- Shvartsshild radiusi doirasida hech qanday yorug‘lik yoki moddalar qochib chiqolmaydi.

- **O‘ta massiv qora tuynuklar** galaktikalarning markazida joylashgan bo‘lishi mumkin.

Bu kompakt ob’ektlarning kuzatilishi astronomik texnologiyalar rivojlanishi bilan yanada aniqroq bo‘lib bormoqda. Ayniqsa, rentgen teleskoplar, gravitatsion to‘lqin detektorlar va radio teleskoplar ushbu obyektlarni tadqiq qilishda muhim rol o‘ynaydi.

Oq mittilar va ularning xususiyatlari

Oq mittilar – bu Yulduz evolYutsiyasining oxirgi bosqichida hosil bo‘ladigan, o‘ta zich va nisbatan kichik astronomik jismlar bo‘lib, ular asosan o‘rtacha va past massali Yulduzlarning (masalan, Quyoshning) yoqilg‘isi tugagach vujudga keladi. Oq mittilar o‘zining zichligi, kichik hajmi va Yuqori harorati bilan ajralib turadi.

Hosil bo‘lish jarayoni

- O‘rtacha massali Yulduzlar (taxminan 0,5–8 Quyosh massasi) hayotining oxirida **qizil gigant** bosqichidan o‘tadi.
- Ularning tashqi qatlamlari **planetar tumanlik** sifatida sochiladi, markaziy qismi esa siqilib, oq mittiga aylanadi.
- Ushbu jarayonda Yulduz yadrosi elektron degeneratsiyasi bosimi tufayli to‘liq kollapsga uchramaydi.

Xususiyatlari

1. Juda Yuqori zichlik

- Oq mittining massasi deyarli Quyoshga teng bo‘lsa ham, uning diametri atigi **10 000 km** atrofida bo‘ladi (Yer hajmiga yaqin).
- Bu shuni anglatadiki, uning zichligi o‘ta Yuqori – **bir choy qoshiq moddasi millionlab tonna** bo‘lishi mumkin.

2. Chandrasekhar chegarasi

- Oq mittining maksimal massasi **1,4 Quyosh massasi** dan oshishi mumkin emas.
- Agar bu chegaradan oshsa, Yulduz neytron Yulduz yoki qora tuynukka aylanishi mumkin.

3. Elektron degeneratsiyasi bosimi

○ Oq mittilar termoyadro sintezini davom ettirmaydi, lekin ularning materiyasi **elektron degeneratsiyasi** tufayli siqilishdan himoyalangan bo‘ladi.

4. Issiqlik nurlanishi va sovish jarayoni

○ Yangi hosil bo‘lgan oq mittilar juda issiq bo‘lib, harorati **100 000 K** gacha yetishi mumkin.

○ Ular o‘zidan yorug‘lik nurlantirishda davom etadi, ammo termoyadro reaksiyalari bo‘lmaganligi sababli asta-sekin soviydi.

○ Nihoyat, trillionlab yillar o‘tgach, ular **qora mittiga** aylanadi.

5. Ikki Yulduzli tizimlarda portlash ehtimoli

○ Agar oq mitti boshqa Yulduz bilan **ikki Yulduzli tizimda** bo‘lsa, u o‘z hamroh Yulduzidan modda tortib olishi mumkin.

○ Oq mittiga modda yig‘ilishi davom etsa va massasi **Chandrasekhar chegarasi** dan oshsa, u **Ia tipli supernova** sifatida portlashi mumkin.

6. Spektral xususiyatlari

○ Oq mittilar kuchli tortish kuchi tufayli ingichka atmosfera qatlamiga ega bo‘ladi.

○ Ularning spektri asosan vodorod (DA tip) yoki geliy (DB tip) chiziqlarini o‘z ichiga oladi.

Muhim ahamiyati

Oq mittilar koinot evolYutsiyasini tushunishda muhim rol o‘ynaydi. Ayniqsa, **Ia tipli supernovalar** orqali olimlar olis galaktikalar orasidagi masofani aniqlashadi, bu esa **kengayib borayotgan koinot** nazariyasini tasdiqlashga yordam beradi.

Oq mittilar hali ham astronomlarning tadqiqot obyekti bo‘lib, ular orqali Yulduzlarning o‘limi, degenerativ materiya xususiyatlari va koinotning uzoq kelajakdagi evolYutsiyasi haqida ko‘plab ma’lumotlar olinmoqda.

Neytron Yulduzlar va pulsarlar.

Neytron Yulduzlar – bu juda Yuqori zichlikka ega bo‘lgan, o‘ta zich astronomik jismlar bo‘lib, ular og‘ir massali Yulduzlarning hayotining oxirida Yuzaga keladi. Ushbu Yulduzlar **katta massali Yulduzlarning supernova portlashi natijasida** hosil

bo‘ladi. Portlash paytida Yulduzning tashqi qatlamlari kosmosga sochilib, markaziy qismi siqilib, neytron Yulduzga aylanadi.

Neytron Yulduzlarning hosil bo‘lish jarayoni

1. **Supernova portlashi** – katta massali (8-30 Quyosh massasi) Yulduzlar termoyadro yoqilg‘isini tugatgandan so‘ng, yadrosi o‘z-o‘zidan kollapsga uchraydi va kuchli portlash Yuz beradi.

2. **Gravitatsion kollaps** – yadro materiyasi shunday siqiladiki, protonlar va elektronlar neytronlarga birlashadi.

3. **Neytron degeneratsiyasi** – hosil bo‘lgan neytronlar degeneratsiya bosimini hosil qilib, Yulduzning to‘liq qulashiga to‘sqinlik qiladi.

Neytron Yulduzlarning xususiyatlari

- **Juda Yuqori zichlik** – bir choy qoshiq neytron Yulduz moddasi milliardlab tonnaga teng bo‘lishi mumkin.

- **Kichik hajm** – neytron Yulduzining diametri odatda **10-20 km** atrofida bo‘ladi.

- **Tez aylanish** – bu Yulduzlar **sekundiga Yuzlab aylanish** tezligiga ega bo‘lishi mumkin.

- **Kuchli magnit maydon** – neytron Yulduzlarning magnit maydoni Yerning magnit maydonidan **trillion barobar kuchli** bo‘lishi mumkin.

- **Gravitatsiya ta’siri** – neytron Yulduzning tortish kuchi juda katta bo‘lib, uning sirtida **yorug‘lik tezligi 30-40% gacha sekinlashadi**.

3.2. Akkretsion disk. Qora o‘raning nurlanishi. Qora o‘ra termodinamikasi.

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

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

Akkretsion Diskning Hosil Bo'lishi

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

Akkretsion Diskning Tuzilishi va Xususiyatlari

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

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

Akkretsion Diskning Turlari

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

1. **Qora tuynuk atrofidagi akkretsion disk:**
 - o Materiya tushib borishi natijasida ulkan energiya ajraladi.
 - o Juda issiq va zich bo'lib, kuchli rentgen nurlanish chiqaradi.
2. **Neytron Yulduzlari atrofidagi akkretsion disk:**
 - o Magnit maydonning ta'siri kuchli.
 - o Pulsarlar va rentgen burqishlari sodir bo'ladi.
3. **Oq mittilar atrofidagi akkretsion disk:**
 - o Kamroq energiyali, ko'pincha ko'rinadigan yorug'lik va ultrabinafsha diapazonda nurlanish chiqaradi.

Akkretsion Diskni Kuzatish Usullari

Akkretsion disklar quyidagi teleskoplar va usullar yordamida kuzatiladi:

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

Kompakt Ob'ektlarning Shakllanish Bosqichlari

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

1. Boshlang'ich Yulduz shakllanishi

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

2. Asosiy ketma-ketlik bosqichi

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

3. Gigant bosqichi

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

4. Kompakt ob'ektning shakllanishi

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

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

b) Neytron Yulduzlari (8-20 Quyosh massali Yulduzlar)

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

c) Qora tuynuklar (20+ Quyosh massali Yulduzlar)

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

3.3. Qora o'ra tasviri. Gravitatsion to'liqlar.

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

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

a) yangi Yulduzlar. O va V sinfga mansub havo rang karlik chaqnash sifatida ko‘rinadigan bunday Yulduzlarni ikki guruhga bo‘lish mumkin. Birinchi guruhga juda tez va tez yangilar kiradi, ularning so‘nish fazasida yorug‘ligini o‘zgarish egrisi nisbatan tekis bo‘lib (3-rasm) maksimumida absolyut vizual kattaligi $M_V = -8 \div -14^m$ oraliqda bo‘ladi. Yorug‘ligini o‘zgarish amplitudagi $A = 11.9^m$ gacha yetadi. Ikkinchi guruhga past darajada tez va juda sekin yangilar kiradi. Ularning yorug‘lik egrisi silliq bo‘lmay ichki tuzilishga ega va har xil yangilarniki bir-biriga o‘xshamaydi. Bunday yangilarning absolyut vizual kattaligi $M_V = -6 \div -7^m$ oraliqda, yorug‘ligini o‘zgarish amplitudasi $A = 9.2^m$. Yangilar boshqa galaktikalarda ham kuzatiladi¹⁰. Masalan, Andromeda tumanlii (M 31)da 300 yaqin yangi qayd qilingan. Andromeda tumanligida va bizning Galaktikada (~200 ta) yangilar Yulduz tizimning asosiy tekisligi yaqinida, tizim markazi tomon zichlashib boradigan holda kuzatiladilar. Yangining maksimumida absolyut vizual kattaligi ($M_{V,max}$) bilan uni uch birlikka kamayishi uchun ketgan vaqt (t_3) orasida quyidagi statistik bog‘lanish topilgan:

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

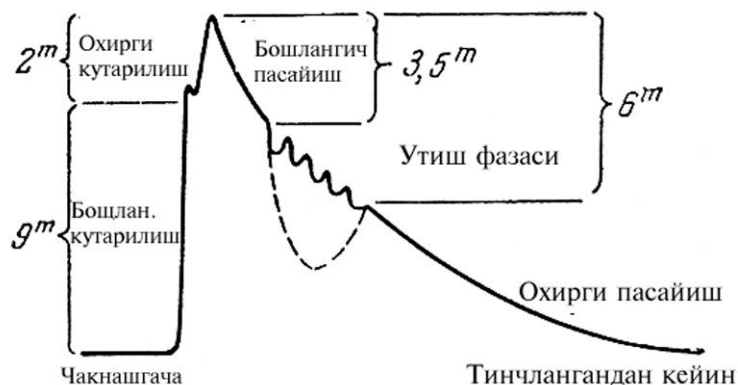
1975 y. Oqqushda kuzatilgan yangi uchun $t_3 = 4.1^d$ va $M_{V,max} = -10.2^m$. Ko‘pchilik observatoriyalar ishtirokida o‘tkaziladigan maxsus kuzatishlarda Andromeda tumanligida bir yilda 26 ta yangi qayd qilindi.

Yangilarni infraqizil (IQ) nurlarda kuzatishga ko‘ra ayrim yangilarning IQ yorug‘ optik maksimumdan keyin kamayish o‘rniga ortish ko‘rsatadi. Misol uchun 1976 y.da chaqnagan NQVal yangining IQ ($\lambda = 3.2$ mkm) yorug‘ligi 80 kun ichida 3^m birlikka ortdi. Bu yangi atrofida hosil bo‘lgan ($T = 1000^\circ$) ulkan chang qobug‘ bilan bog‘liq.

Chaqnash paytida maksimumgacha yangining spektri o‘tagigantga xos xususiyatlari kuchaya boradigan normal Yulduz spektridan iborat. Bu xususiyatlar spektral chiziqlarni juda ingichkalashib va keskinlasha borib namoyon bo‘ladi. Bu Yutilish chiziqlari spektrni binafsha qismi tomon siljigan va bu siljish kuzatuvchi tomon

¹⁰Max Camenzind, *Compact Objects in Astrophysics*, Springer, 2007, 682 p.

yoʻnalgan birnecha Yuz km/s tezlikdagi harakatga mos keladi.



8-rasm. Yangi Yulduz yorugʻligini oʻzgarish chizigʻi shakli.

Maksimumdan keyin spektrda keskin oʻzgarishlar roʻy beradi: qisqa toʻlqinli tomoniga absorbsion (Yutilish) chiziqlar yopishib turgan koʻplab emission polosa (tasma)lar paydo boʻladi. Absorbsion chiziqlarga endi 1000 km/s dan ortiq harakat mos keladi. Maksimumdan keyin, yangi yorugʻligi 5-6^m birlikkacha kamaygach tutash spektr juda xira, Yulduzning spektri qaynoq gaz spektriga oʻxshash emission chiziqlardan iborat. Bu paytda yangi spektri Volf-Raye Yulduzlarinikiga oʻxshaydi; chaqnashning oxirgi brsqichida emission chiziqlar yoʻqoladi va yangi yorugʻligini pasayishiga mos keladigan tutash spektrga ega boʻlib qoladi.

Maksimumdan keyin yangi spektrini Volf-Raye Yulduzlar spektriga oʻxshashligi ularga qobugʻi tez (1500 km/s gacha) kengayayotgan Yuduz statusini berishga imkon beradi. Maksimumdan keyin yangi spektrida N, SaII, Ni, FeII, TiII, OI va Ci absorbsion chiziqlari kuzatiladi. Bu yangining bosh Yutilish spektridir. Bulardan tashqari spektrda taʼqiqlangan chiziqlar [OI] $\lambda\lambda 5577, 6300, 6363$, [NII] $\lambda 5755$ shuningdek kuchaygan HeI $\lambda 5876$ chiziq kurinadi. Bosh spektr-diffuz-chaqmoq spektrga aylanadi (chiziqlar keng, yoyiq $v_N 1500$ km/s). Yagini yorugʻligi 3.5^m birlikka pasaygach yangini Yutilish spektri V sinfga mansub Yulduzlarnikiga oʻxshaydi. Bundan keyin Yulduz oʻtish fazasiga tushadi: bunda yoki Yulduz yorugʻligi kichik tebranishlar koʻrsata boshlaydi yoki 5^m birlikka keskin pasayib ketadi. Bundan birnecha hafta keyin Yulduz yorugʻligi oldingi umumiy pasayish darajasigacha koʻtariladi va yangini soʻnishi davom etadi. Spektrda Yutilish chiziqlari yoʻqoladi, faqt keng emission chiziqlar qoladi. Yangi bu fazasi nebulyar (tumanlikka oʻxshash) faza deb ataladi va u yangi chaqnashdan avvaligi

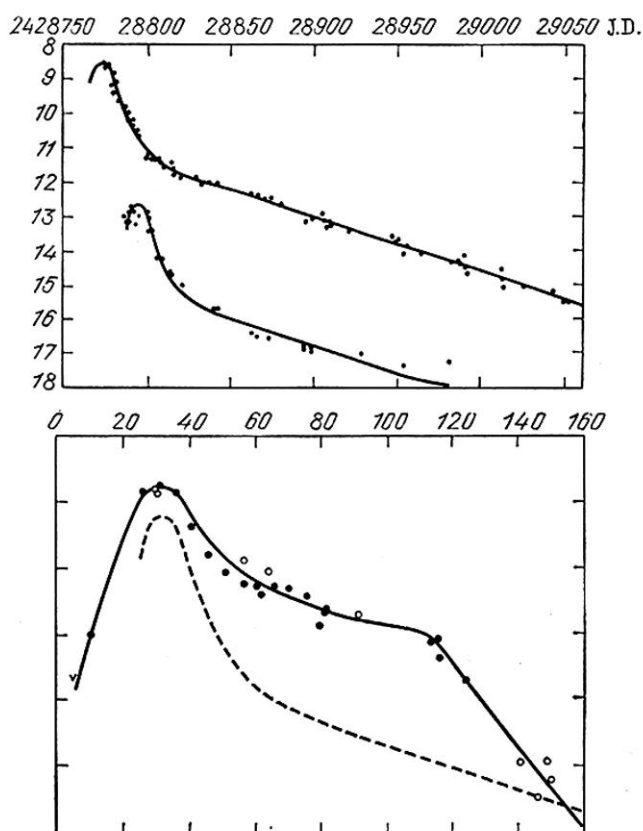
darajaga tushguncha davom etadi.

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

Ayrim yangilar zich qo'shaloq ekanligi aniqlangan. Misol uchun Gerkules Yulduz turkumida 1934 y. da chaqnagan yangi NHer 1934 to'silma qo'shaloq bo'lib yorug'ligini o'zgarish amplitudasi 2^m birlik davri $4^h 39^m$ –qisqa. Shunday ko'rsatshichga ega yangilar T-Aur ($B=4^h 54^m$), V603 Agl ($3^h 20^m$). Bu yangilarni massasi kam degan xulosaga olib keladi: $m=(0.87 \pm 0.33)m_{\odot}$

b) O'tayangi (SN) Yulduzlar. o'tayangi (SN) chaqnashi natijasida ajralib chiqadigan energiya butun bir galaktika sochayotgan energiyaga yaqin bo'ladi. 1885 yilda Andromeda tumanligida kuzatilgan N5 6^m Yulduziy kattalikka ega bo'lgan. Solishtirish uchun Andromeda tumanligi yig'ma yorug'ligi 4.4^m . Masimumda SN larni absolYut kattaligi o'rtacha $M_V=-15^m$, ya'ni yangilarnikidan 7^m birlikka Yuqori. Ayrim o'tayangilar maksimumda $M_V=-20^m$ ga yetadi bu Quyoshnikidan 10 mlrd. marta ortiq demakdir. Bizning Galaktikada oxiri 1000 yil ichida uch marta (1054 y. da Savrda, 1572 y. da Kassiopeyada, 1604 y. da Iloneltuvchida) SN chaqnagan. 1670 yilda Kasseopeyada chaqnagan o'tayangi tasodifan qayd qilinmagan. Hozir bu Yulduz atrofida gaz tumanlik kuzatiladi va kuchli radionurlanish (CasA) sochiladi¹¹.

¹¹T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume II, Cambridge University Press, 2010.



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

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

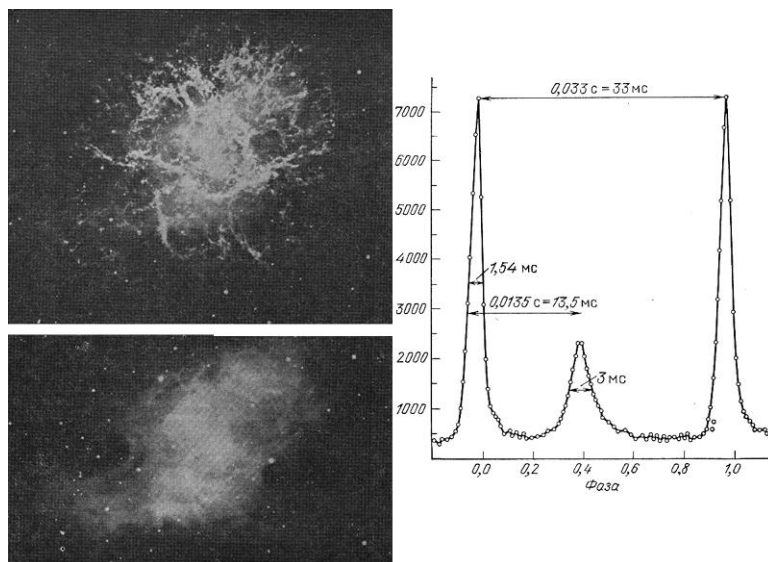
Yorug'ligini o'zgarish egrisiga ko'ra SN larni ikki turga bo'lish mumkin: SNI va SNII. SNI-maksimumi tez (bir hafta) o'tadi va undan keyingi 25 kun ichida yorug'ligi kuniga 0.1^m dan kamaya boradi. Shundan keyin yorug'ligini pasayishi sekinlashadi (4 rasm) va shu tarzda to Yulduz qayd qilib bo'lmaydigan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

SNII-ning yorqinligi pastroq: maksimumda $M_{pg} = -17^m$, (A-noma'lum) va shu darajada bir necha vaqt (20 kun) turadi. Undan 100 kun keyin har 20 kunda 1^m birlikka

kamaya boradi (4 rasmda b). SN lar galaktika tekisligi chegaralari yaqinida kuzatiladi. SNI-ixtiyoriy shakldagi galaktikalarda, SNII-faqat spiral galaktikalarda kuzatiladi.

SNI spektri yangilarnikidan butunlay farq qiladi. Spektridagi keng emission tasmalar hech bir element atomi chiziqlarga mos kelmagandan bu tasmalar chiziq emas balki tutash spektr sohalaridir. Ularni ajratib turuvchi qora sohalar kengaygan va siljigan Yutilish chiziqlari degan xulosaga kelindi (E.R. Mustel, Yu.P. Pskovskiy, Rossiya). Bu qora tasmalarni tekshirish natijasida SNI paytida Yulduzdan massasi $0.3 m_{\odot}$ bo'lgan qobug' ajraladi va 15 000 km/s tezlik bilan kengaya boshlaydi. Tezliklar keng oraliqni egallaydi. Qobug' bo'laklarga ajralib ketgan. SNII-spektri oddiy yangi Yulduzlar spektriga o'xshash: qisqa to'lqinli tomoniga Yutilish chizig'i yopishib turgan keng emission tasmalardan iborat. Vodorod chiziqlari intensiv. SNI-vodorodi yonib tugagan Yulduzlardir. SNII-esa yosh Yulduzlardir¹².

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



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

Qisqichbaqasimon tumanlik 16^m kattalikdagi ichida qo'shaloq Yulduz joylashgan.

¹²Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

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

Nazorat savollari:

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

Foydalanilgan adabiyotlar

1. James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.
2. Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.
3. Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.
4. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
5. Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.
6. Bochkarev N.G.b Magnitnyye polya v kosmose, M.: Knijnyy dom «LIBROKOM», 2011. – 216 s.

Internet ma'lumotlari

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

4-mavzu: James Webb va Hubble kosmik teleskoplarning zamonaviy kuzatuvlari va kashfiyotlari. (2 soat)

Reja:

- 4.1. Ekzoplanetalar va zamonaviy kuzatuvlar. Galaktikalar va ularning turlari.
- 4.2. Ekzotik Yulduzlar: gravostarlar, bozon Yulduzlar, kvark Yulduzlar.
- 4.3. Galaktikalarning shakllanishi. Galaktikalarning turlari.

4.1. Ekzoplanetalar va zamonaviy kuzatuvlar. Galaktikalar va ularning turlari.

«Eksosayyora» termini ikki qismdan iborat: biz yaxshi biladigan sayyora terminiga «ekzo» old qoya tushunchasi bog'langan. «Sayyora» termini ma'nosi «harakatlanuvchi», «ko'chib Yuruvchi» degan ma'nolarni beradi. «Sayyor sirka» - shahardan shaharga ko'hib Yuruvchi sirk demakdir. Qadimgi munajjimlar tungi osmonda, joyidan hecham qo'zg'almaydigan Yulduzlardan tashqari yana, 5 ta joyini o'zgartirib turuvchi «Yulduz»larni kuzatishgan. Shu sababli ham ularni «sayyora» deb atashgan. Aslida bu joyi o'zgarib turuvchi osmon jismlari odamzotga qadimdan ma'lum 5 ta sayyora «Merkuriy, Venera, Mars, Yupiter va Saturn bo'lgan. Demak, «sayyora» deganda biz ushbu sayyoralar va umuman, ular qatoridagi, Quyosh sistemasida joylashgan barcha 8 ta yirik sayyorani tushunamiz. (Yuqoridagi ro'yxatga yana shuningdek, Yer, hamda, keyinroq kashf qilingan Uran va Neptun ham kiradi). Bu sayyoralarning barchasi biz uchun vatan bo'lgan Quyosh sistemasida joylashgan. Endi, «sayyora» tushunchasiga «ekzo» old qo'shimchasi qo'shilishi orqali, bu sayyoraning Quyosh sistemasidan tashqarida joylashgan ekanligiga urg'u beriladi. Demak, eksosayyora deganda, boshqa Yulduz atrofida aylanuvchi, ya'ni, Quyosh sistemasiga taalluqli bo'lmagan sayyora tushunilishi kerak.

Yuqorida Didye Keloza va Mishel Mayorga Nobel mukofoti berilishi sababi ko'rsatilganda, ularning «Quyosh turidagi Yulduz atrofida aylanuvchi eksosayyorani kashf qilganliklari uchun» Nobel olganliklari qayd etilgan edi. Haqiqatan ham, bu ta'rifda urg'u ular kashf qilgan eksosayyora aynan «Quyosh turidagi» Yulduz atrofidan topilganligiga qaratilgan. Sababi oddiy: Keloza va Mayor 1995-yilda tarixda ilk bora bunday eksosayyorani kashf qilishidan avvalroq ham, aniqrog'i, 1992-yilda eng birinchi eksosayyora kashf qilingan edi. Faqat u Quyosh turidagi Yulduz atrofida emas, balki, neytron Yulduzi atrofida aylanardi.

O'sha paytdan buyon, olimlar o'zga Yulduz sistemalaridan minglab ekzosayyoralarni aniqlashdi. Hozirda fanga ma'lum ekzosayyoralar soni 4000 dan ortgan. Lekin, astrofizik, hozircha, ekzosayyoralarining xilma-xilligi borasida aniq xulosaga ega emas. Chunki, ularning turlari shu qadar xilma-xilki, aqlni shoshirib qo'yadi hatto. Masalan, bizning Quyosh sistemamizning o'zida ham sayyoralarning bir necha turi bor. Ya'ni, Yerga o'xshash, o'lchami kichik, lekin, qattiq jismdan iborat sayyoralar ham bor, shuningdek, Yupiter va Saturnga o'xshash, hajmi va massasi favqulodda katta bo'lgan lekin, zichligi o'ta past gaz giganti sayyoralari ham bor. Shuningdek, Quyosh sistemasining o'zida mitti sayyoralar deb nomlanadigan alohida turkum sayyoralar ham mavjud. Lekin, o'zga Yulduz sistemalaridan shu choqqacha aniqlangan ekzosayyoralar asosan, hajmi juda katta bo'lgan, masalan, bizning Yupiterga o'xshash sayyoralardir. Chunki, ularning o'lchami katta bo'lgani uchun ham topilishi oson. Aniqlangan ekzosayyoralar ichida o'lchami kichikroq, masalan, Yer turidagi sayyoralar juda kam. Biroq, aniqlangan ekzosayyoralarining barchasi, o'zimizning Quyosh sistemasidagi biz yaxshi tanigan va bilgan qo'ni-qo'shni sayyoralardan farq qiladi.

Masalan, o'zga Yulduz tizimidan aniqlangan eng birinchi sayyora Yupiterga o'xshash bo'lgan. Faqat, bizning Yupiterdan farqli o'laroq, u o'z Yulduziga juda yaqin masofada joylashgan edi. Hozirda, bunday ekzosayyoralarni astronomlar «qaynoq Yupiterlar» deb atashadi. Sababi oddiy: bunday sayyora o'z Yulduziga juda yaqin bo'lgani uchun, uning atmosferasi favqulodda baland haroratlargacha qiziydi. Masalan, o'sha qaynoq Yupiterda harorat 1000 °C dan baland bo'lishi tayin. Bu juda baland haroratdir. Bizning qo'shni sayyoralarimizda esa, masalan, Quyoshga eng yaqin bo'lgan Merkuriyda ham buncha baland harorat bo'lmaydi; qolaversa, bizning Yupiter Quyoshdan juda olisda, 778000000 km masofada joylashgan (5,4 a.b). Kashf qilingan ekzosayyoralar ichida Yerdan katta va lekin, Neptun va Urandan kichik o'lchamlilari ham bor; bilamizki, Quyosh sistemasida bu singari «oralik» kattalikdagi sayyoralar mavjud emas. Shuningdek, astronomlar, bu sayyoralarning tuzilishi qanday ekanini, ya'ni, ular gazdan iboratmi, yoki, Yerga o'xshab, qattiq jinsli sayyoramini "bunisini ham hozircha aniqlashgani yo'q. Xullas, ushbu so'ngi 20 yilda kashf qilingan

ekzosayyoralarining barchasi, o'zining turli-tumanligi bilan bizni hayratga solishda davom etmoqda.

O'zga Yulduzlar atrofida ham sayyoralar mavjud bo'lishi mumkinligi haqidagi g'oyaning o'zi anchayin eski g'oyadir. Hatto qadimgi Yunon faylasuflarida ham shunga o'xshash fikrlar bo'lgan. Lekin, ekzosayyoralarining kashf etilishi faqat XX-asrning 90-yillaridagina imkonli bo'ldi. Buning sabablaridan eng asosiysi, bizning tasavvurimizga ham sig'mas darajada favqulodda katta va ulkan bo'lgan Koinotda sayyorani topish oson emasligi bilan bog'liq. Masalan, bizning Quyosh sistemamizdagi eng katta sayyora“Yupiter ham Quyosh massasining mingdan bir qismichalik keladi xolos. Eslatib o'taman, u eng yirik sayyoradir. Shuningdek, sayyoralar o'zidan nur taratmaydi. Shu sababli ham, ularni topish yanada mushkuldir. Favqulodda ulkan o'lchamga ega bo'lgan, shuningdek, juda yorqin nur bilan yarqiraydigan Yulduz yaqinidagi, unga nisbatan favqulodda mitti va o'zidan hech qanday nur chiqarmaydigan sayyorani aniqlash va ko'rish juda qiyin. Bunda, Yulduz shu'lasining ko'zni qamashtirish orqali, o'zi kuzatuvchidan sayyorani pana qilib qo'yadi. Bu xuddi, uzoqni yorituvchi chiroqlari yoqib qo'yilgan avtomobil qarshisida turib, uning oldida turgan burgani ko'rishga urinishdek gap. Shu sababli ham, astronomlar Koinotdan ekzosayyoralarini o'zini to'g'ridan-to'g'ri ko'rishga urinishmaydi; balki, uning o'z Yulduzi qarshisidan o'tayotgan vaqtda, Yulduzni bizdan to'sib qo'yishi sababli, o'sha Yulduz yorqinligining xiralashishiga sabab bo'lishidan kelib chiqib aniqlashadi. Bunday aniqlash usuli fanda «tranzit usuli» deyiladi. Ya'ni, bunda, sayyora, Yulduz qarshisidan tranzit o'tishida, Yulduz yorqinligi o'zgaradi. Aytish joizki, hozirda, ekzosayyorani to'g'ridan-to'g'ri kuzatish imkonini beruvchi texnologiya mavjud emas.

Tranzit usulidan tashqari, ekzosayyorani aniqlashning yana bir usuli mavjud bo'lib, u sayyora gravitatsiyasining Yulduzga ko'rsatayotgan ta'siriga asoslanadi. Bunda, Yulduz o'z yaqinidagi sayyora ta'sirida Koinotdagi o'z holatini biroz o'zgartiradi (go'yoki, u biroz chayqaladi); buni Yerdagi supersezigir o'ta kuchli astronomik asboblari orqaligina payqash mumkin. Shu usullar bilan, hozircha 4000 dan ziyod ekzosayyora kashf qilingan.

Ekzosayyoralarini shuncha kashf qilingani bilan, astronomlar oldida muhim ikkita

savol ko'ndalang qolmoqda: birinchidan, nega hanuzgacha, Quyosh sistemasiga o'xshash sayyoralar sistemasi kashf qilinmadi? Ikkinchidan, ekzosayyoralarda hayot mavjud bo'lishi mumkinmi? degan savollar kun tartibida asosiy masala bo'lib qolmoqda. Shunga qaramay, ekzosayyoralarining kashf qilinganligining o'zi hozirgi ilmfan uchun g'oyat ulkan ilg'or qadam bo'ldi desak mubolag'a bo'lmaydi. Chunki, hatto 90-yillarga qadar ham, boshqa Yulduzlar atrofida sayyoralar mavjudligiga katta shubha bor edi va mana, hozirda ushbu savol kun tartibidan allaqachon olindi. Lekin, endilikda, savollar yanada ko'paymoqda.

Masalan, o'zga Yulduzlar atrofidan Quyosh sistemasiga o'xshash sayyoralar sistemasi hanuz aniqlanmagani, bunday sistemalar Koinotda umuman yo'q degani ham emas. Ularni qayerdan qidirishni bilmayapmiz, yoki, bunday sistemalarni topishga hozircha texnologiyalarimiz qodir emas. Ayniqsa, Yer turidagi sayyoralarni mavjud asbob-uskunalar bilan aniqlab bo'lmasa kerak. Sababi, Yupiterdan ham 300 baravar kichik bo'lgan Yerga o'xshash sayyora o'z Yulduziga nisbatan deyarli hech qanday gravitatsion ta'sir ko'rsatmaydi va ko'rsatgan taqdirda ham, favqulodda ulkan Koinot miqyosida, biz uni sezmaymiz. Shuningdek, Yer tipidagi sayyoraning o'z Yulduzi qarshisidan tranzit o'tishini payqash ham deyarli imkonsiz. Sababi, bunday sayyora Yulduziga nisbatan bir necha minglab marta kichik bo'lgani uchun, u Yulduzni bizdan to'sa olmaydi ham, qolaversa, bunday sayyoraning tranzit o'tishi ehtimolining o'zi ham deyarli nolga teng. Bunday turdagi sayyorani faqat o'z Yulduziga juda yaqin bo'lgan holatidagina topish mumkin bo'lmoqda. Shu choqqacha aniqlangan kam sonli Yer tipidagi ekzosayyoralarining barchasi o'z Yulduziga juda yaqin joylashgan sayyoralaridir. Eng qizig', hozirda kashf etilgan ekzosayyoralarining aksariyati o'z Yulduziga juda-juda yaqin joylashgan. Hatto o'sha qaynoq Yupiterlar ham, o'z Yulduziga nisbatan, bizning Merkuriydan ham yaqinroqda aylanadi. Bu juda g'alatidir. Chunki, Quyosh sistemasida bunday qisqa masofalar yo'q va sayyoralarining Quyoshdan olislashishi go'yoki, deyarli ikki barobar o'sish tartibida kattalashib boradi (Titsius-Bode qonuni). Sayyoraning Yulduzga bu darajada yaqin bo'lishi esa, unda hayot mavjud bo'lishi ehtimolini yo'qqa chiqaradi. Chunki, bunday yaqin masofalarda sayyoradagi harorat favqulodda baland bo'ladi va Yuqori haroratlarda har qanday molekula

parchalanib ketadi. Shunga ko'ra, Quyosh sistemasi butun Koinotda bo'lmasa-da, har holda, Somon Yo'li galaktikasining o'zi uchun noyob hodisa emasmikin degan savol ham Yuzaga chiqmoqda. Ya'ni, boshqa Yulduzlarda bizniki singari sayyoralarning tartibli, ta'bir joiz bo'lsa, mukammal sistemasi yo'q (hozircha topilmagan) ekan, demak, nafaqat Yer sayyorasi, balki, Quyosh sistemasi ham o'ziga xos, noyob sistema bo'lishi mumkinmi? Ekzosayyoralar qidiruvchilarning va umuman astrofizikaning zamonaviy asosiy masalasidan biri hozirda aynan shu savol bo'lib turibdi.

Galaktikalar turlari

Biz har xil turdagi galaktikalarni so'nggi ilmiy ishlanmalar va galaktikalar shakllarini aniq o'rganish imkonini bergan teleskoplar kabi ilg'or asboblardan asosida ko'rib chiqamiz. Ilgari olimlar galaktikalarni faqat tashqi ko'rinishiga qarab tasniflashgan. Bugungi kunda zamonaviy kosmik texnologiyalar Yulduzlar va ularning galaktikalar ichidagi harakati haqidagi batafsil ma'lumotlardan galaktika tasniflarini chuqurroq va aniqroq tushunishga imkon berdi. Quyida biz ushbu buYuk astronomik tizimlarning turli bo'linmalarini ko'rib chiqamiz.

Spiral galaktikalar

Spiral galaktikalar o'ziga xos shaklga ega bo'lib, ular markazdan chiqadigan spiral qo'llari bilan tekis diskga o'xshaydi va ularning yadrosida supermassiv qora tuynukni o'z ichiga olgan katta massa joylashgan. Ushbu galaktikalarning ba'zilarida ularning markazidan o'tuvchi chiziqli mavjud bo'lib, u galaktika ichida gazlar, chang va Yulduzlarni taqsimlashda muhim rol o'ynaydi.

Elliptik galaktikalar

Ushbu galaktikalar dumaloqdan elliptikgacha o'zgarib turadigan shakllarda bo'ladi va qorong'u materiyaga boy bo'lib, oz miqdorda gazlar va mayda zarrachalarni o'z ichiga oladi. Ushbu galaktikalarning paydo bo'lishi ikki yoki undan ortiq spiral galaktikalarning to'qnashuvi natijasi deb hisoblanadi.

Tartibsiz galaktikalar

Noqonuniy galaktikalar koinotdagi barcha galaktikalarning taxminan chorak qismini tashkil qiladi. Bu galaktikalar turli va g'ayrioddiy shakllanishlari bilan ajralib turadi, bu olimlar ularni g'alati deb ta'riflashga majbur qiladi. Mutaxassislarning

fikricha, bu noyob shakllar o'z atrofidagi boshqa massiv galaktikalar bilan kuchli o'zaro ta'sir natijasida paydo bo'lgan va bu ularning deformatsiyalanishiga va g'ayrioddiy shakllarga ega bo'lishiga olib kelgan.

Lentikulyar galaktikalar

Lentikulyar galaktikalar spiral va elliptik galaktikalar xususiyatlarining kombinatsiyasiga ega. Ushbu turdagi galaktikalar ilmiy tadqiqotning asosiy predmeti hisoblanadi, chunki olimlar ularning shakllanish asoslarini va o'ziga xos xususiyatlarini o'rganadilar. Ushbu galaktikalar ba'zan konveks galaktikalar deb ataladi va galaktikalar tasnifi va xilma-xilligi haqida muhim tushuncha beradi.

Galaktikalarning maxsus turlari

Quyida biz galaktikalarning o'ziga xos turlarini ko'rib chiqamiz, ular o'ziga xos xususiyatlari bilan ajralib turadi, bu ularni kosmosdagi boshqalardan ajratishga yordam beradi. Astronomlar galaktikalarni o'zlarining asosiy sinflariga aniq tasniflash uchun ushbu ajoyib xususiyatlardan foydalanishni xohlashadi. Ular haqida bilib, biz bu turlar biz yashayotgan koinotning xilma-xilligi haqidagi tushunchamizni kuchaytirishini aniqlaymiz.

Mitti galaktikalar

Mitti galaktikalar koinotdagi eng kichik galaktikalar toifasiga kiradi. Ushbu galaktikalarning ba'zilari tekis ko'rinadi va mitti sferik galaktikalar deb ataladi. Bu galaktikalarni o'rganishda astronomlar duch keladigan qiyinchiliklardan biri ularni yirik galaktikalardan farqlashdir, chunki mitti galaktikalarni oddiy galaktikalardan qat'iy ajratib turuvchi aniq va aniq mezonlar yo'q.

Yulduzli galaktikalar

Ba'zi galaktikalar boshqa galaktikalar bilan solishtirganda juda Yuqori tezlikda Yulduzlarning evolYutsiyasi va paydo bo'lishi uchun muhim joylar ekanligi ma'lum. Yulduz shakllanishining Yuqori sur'atlarini ko'rsatadigan bu hodisa galaktikalar o'rtasidagi to'qnashuvlar kabi o'zaro ta'sirlarning natijasi bo'lishi mumkin, chunki bu to'qnashuvlar yangi Yulduzlarning tug'ilishi uchun ideal sharoitlarni yaratadi.

Faol galaktikalar

Ba'zi galaktikalar markazlarida qora tuynuklar mavjud bo'lib, ular tashqi chegaralaridan tashqarida katta energiya chiqaradi. Ushbu hodisalarni o'rganish bo'yicha keng ko'lamli sa'y-harakatlarga qaramay, olimlar hali ham ushbu kutilmagan faoliyatning mexanizmi va mexanizmini tushunishga intilishmoqda. Bundan tashqari, bu qora tuynuklardan chiqadigan rentgen nurlari va radioto'lqinlar Yerdagi maxsus qurilmalar orqali kuzatilishi mumkin, bu esa bu teshiklar chiqaradigan energiya kuchini tasdiqlaydi.

Galaktikalar davri

Ko'pgina galaktikalar yoshi taxminan 13 milliard yilni tashkil etuvchi juda o'xshash yoshga ega, bu har bir galaktikada topilgan eng qadimgi Yulduzlarni o'rganish natijasida olingan. Misol uchun, Somon yo'lining o'zi taxminan 13 milliard yil.

Uzoq galaktikalarni kuzatishda ular bizga yaqinroq bo'lgan galaktikalar bilan spektrlar va ranglar kabi o'xshash xususiyatlarga ega bo'lib ko'rinadi va bu o'sha galaktikalarda o'xshash qadimgi Yulduzlar mavjudligini ko'rsatadi. Bu kuzatishlar galaktikalar o'zining shakllanish jarayonini va Yulduzlarining shakllanishini juda yaqin davrlarda boshlagan degan fikrni qo'llab-quvvatlaydi, ya'ni galaktikalar o'rtasidagi tafovut turli yoshga bog'liq emas, balki ularning paydo bo'lish va evolutsiya usullariga bog'liq.

Somon yo'li

Somon yo'li galaktikasi taxminan 120 12 yorug'lik yiliga cho'zilgan katta disk shaklini oladi va butunlay tekis bo'lish o'rniga uning shaklida zigzaglar mavjudligi bilan tavsiflanadi. Uning markazida diametri 90 ming yorug'lik yilgacha bo'lgan katta bo'rtiq bor. Olimlarning fikriga ko'ra, bu galaktika massasining katta qismi, taxminan 90%, oddiy ko'zlar yoki hatto teleskoplar bilan ko'rish mumkin bo'lmagan materiyadan iborat bo'lib, u galaktikani yorug'lik chiqarmaydigan halo sifatida o'rab oladi uning ta'siri Yulduzlarga tortishish ta'siri va markaz atrofida aylanish tezligi orqali namoyon bo'ladi.

Gazlar va changlar Somon yo'li galaktikasining shakllanishida muhim ulushni egallaydi va ular biz ko'rib turgan yorqin materialning taxminan 10-15% ni tashkil

qiladi. 100 dan 400 milliard Yulduzgacha bo'lgan katta massasiga qaramay, bizning galaktikamiz koinotdagi ancha katta galaktikalarga nisbatan o'rtacha kattalikdagi galaktikadir.

Masalan, IC 1101 galaktikasida 100 trilliondan ortiq Yulduzlar mavjud. Aniq tunda kuzatuvchi 2500 ga yaqin Yulduzni oddiy ko'z bilan ko'ra oladi va bu raqam Yulduzlarning doimiy shakllanishi va yo'qolishi tufayli o'zgaruvchan bo'ladi. Galaktikamizda har yili taxminan ettita yangi Yulduz paydo bo'lishi taxmin qilinmoqda.

Galaktikalar kashf qilindi

Koinotdagi galaktikalar hajmi va shakli jihatidan juda farq qiladi va ularning har biri o'ziga xos xususiyatlarga ega. Masalan, Somon yo'lining eng yaqin qarindoshi hisoblangan Andromeda galaktikasi trillion Yulduzni o'z ichiga oladi va kelajakda Somon yo'li bilan to'qnashuv tomon yo'nalgan, bu esa ulkan elliptik galaktikaning paydo bo'lishiga olib kelishi mumkin. Tadpole galaktikasi o'zining betakror shakliga ega bo'lsa-da, avvalgi kichikroq galaktika bilan to'qnashuv mahsuli bo'lib, unga o'ziga xos ko'rinish beradi.

Ma'lum bo'lgan eng katta spiral galaktika sifatida tanilgan Kondor galaktikasi kichikroq galaktika bilan to'qnashuvi natijasida cho'zilgan ko'rinadi. Boshqa tomondan, kometa galaktikasi ajoyib spiral shaklga ega bo'lib, Yulduzlar uni kometa dumi kabi kuzatib boradi va boshqa galaktikaning tortishish kuchi bu Yulduzlarni bu naqshga tortgan deb ishoniladi.

UGC 2885 galaktikasiga kelsak, uning katta o'lchamiga qaramay, uning yorqinligi nisbatan past va qo'llari faqat maxsus infraqizil texnikalar orqali ko'rinadi. Undan farqli o'laroq, ESO 306-17 hayratlanarli darajada bo'sh hududda joylashgan bo'lib, qo'shni galaktikalar ancha oldin yo'qolgan bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi.

Abell 2261 galaktikalar guruhida A2261-BCG galaktikasi ulug'vor va g'ayrioddiy ko'rinadi, bu nafaqat guruhdagi eng katta va eng yorqin galaktika, balki eng katta ma'lum yadroni ham o'z ichiga oladi va uning markazi odatda qora rangni o'rab turgan yorqin halqadan mahrum. teshiklar.

Va nihoyat, IC 1101 ko'rinadigan koinotdagi eng massiv galaktika bo'lib, uning markazidan yorqin radio signal chiqaradigan eng katta qora tuynukga ega. ESO 444-46

galaktikasi "Abell 3558" galaktikalar guruhidagi eng yorqini bo'lib ro'yxatni yakunlaydi va u koinotning ulkan Yulduz turkumidagi yorqinligini oshiradigan ulkan globulyar klasterlar guruhiga ega.

4.2. Ekzotik Yulduzlar: gravostarlar, bozon Yulduzlar, kvark Yulduzlar.

Ekzotik Yulduzlar — bu odatiy Yulduzlardan farqli ravishda noodatiy fizik qonuniyatlar asosida shakllangan nazariy yoki kuzatilishi kutilayotgan ob'ektlardir. Quyida uchta egzotik Yulduz turi haqida qisqacha ma'lumot beraman:

1. Gravostarlar

Gravostarlar (gravitatsion Yulduzlar) — qora tuyniklar o'rniga nazariy jihatdan taklif qilingan ob'ektlar. Ushbu Yulduzlarning ichki qismi kvant vakuum energiyasi bilan to'ldirilgan bo'lib, u tashqi fazoga nisbatan salbiy bosim hosil qiladi. Shuning hisobiga, gravostarning hodisa gorizonti (event horizon) yo'q va u qora tuynik singari tortishish kuchiga ega bo'lsa-da, yorug'likni o'ziga Yutib Yubormaydi.

Gravostarlar – Qora Tuynuklarning Alternativi

Gravostarlar (inglizcha: Gravastar – Gravitational Vacuum Star) – qora tuynuklarning nazariy alternativ modeli bo'lib, kvant fizikasi va umumiy nisbiylik nazariyasining birlashuvi asosida taklif qilingan. Bu tushuncha 2001-yilda fiziklar Pawel Mazur va Emil Mottola tomonidan ilgari surilgan.

Gravostar qanday ishlaydi?

Gravostar qora tuynuk kabi supermassiv jismlar uchun taklif qilingan alternativ modellashtir. U ikki asosiy qismdan iborat:

Ichki qismi – Energiya vakuumi

Gravostar ichki qismida g'ayrioddiy fizik xususiyatga ega bo'lgan qorong'u energiya bilan to'lgan vakuum maydoni mavjud.

Ushbu vakuum maydoni tortish kuchini rad etadi va singulyarlik (cheksiz zichlik) hosil bo'lishining oldini oladi.

Tashqi qobiq – Ultrazich materiya

Gravostarning tashqi chegarasi egzotik materiyadan tashkil topgan bo'lib, bu materiya ichki vakuum bosimini ushlab turish uchun yetarli kuchga ega.

Ushbu qobiq qora tuynuklarning hodisa gorizontiga o'xshash tarzda harakat qiladi, lekin u real fizik to'siq bo'lib, yorug'lik va boshqa zarralar uni tark eta oladi.

Gravostarning Qora Tuynuklardan Farqi

Xususiyat	Qora Tuynuk	Gravostar
Singulyarlik	Ha, cheksiz zichlik mavjud	Yo'q, ichki qism vakuumdan iborat
Hodisa Gorizonti	Ha, yorug'lik ham chiqib keta olmaydi	Yo'q, lekin zich qobiq mavjud
Ichki Tuzilma	Juda zich massadan iborat	G'ayrioddiy vakuum energiyasi bilan to'lgan
Kuzatilishi	Nozik, faqat gravitatsiya ta'siri orqali	Nazariy jihatdan kuzatilishi mumkin

Nima uchun Gravostar Muhim?

Singulyarlik muammosini hal qiladi – Umumiy nisbiylik nazariyasiga ko'ra, qora tuynuklar markazida cheksiz zichlik bo'lishi kerak. Gravostar modeli esa ushbu muammoni chetlab o'tadi.

Kvant gravitatsiya bilan bog'liq – Bu model kvant mexanikasi va tortishish nazariyasining uyg'unligi masalasini yoritishga yordam berishi mumkin.

Qora materiya bilan bog'liq bo'lishi mumkin – Ba'zi tadqiqotlar gravostarlarni koinotdagi qorong'u materiya tarkibiy qismlaridan biri sifatida ko'rib chiqmoqda.

Gravostarlarni Haqiqatan Ham Mavjudmi?

Hozircha gravostarlarning real mavjudligi tasdiqlanmagan, lekin ayrim astronomik kuzatuvlar qora tuynuk sifatida qabul qilingan jismlar aslida gravostar bo'lishi mumkinligini ko'rsatmoqda. Kelajakda gravitatsion to'lqinlar va Yuqori energiyali astrofizik kuzatuvlar yordamida bu nazariya sinovdan o'tishi mumkin.

2. Bozon Yulduzlar

Bozon Yulduzlar" tushunchasi nazariy fizikada mavjud bo'lib, kvant mexanikasi va umumiy nisbiylik nazariyasi doirasida o'rganiladi. Bu Yulduzlar **bozonlardan**

tashkil topgan gipotetik astronomik jismlar bo‘lib, odatiy neytron Yulduzlari yoki qora tuynuklardan farq qiladi.

Bozon Yulduzlar nima?

Bozon Yulduzlari odatdagi Yulduzlardan farqli ravishda **fermionlar** emas, balki **bozonlardan** iborat. Bozonlar integer spin (masalan, 0, 1, 2) ga ega bo‘lib, ular Baze-Eynshteyn statistikasi bo‘yicha harakat qiladi. Ushbu Yulduzlarning tuzilishi va xususiyatlari kvant maydon nazariyasi va umumiy nisbiylik tenglamalaridan kelib chiqadi.

Asosiy xususiyatlari:

1. **Haqiqiy emas, nazariy model** – hozircha hech qanday bozon Yulduzi kuzatilmagan, lekin nazariy jihatdan ular mavjud bo‘lishi mumkin.
2. **Bose-Eynshteyn kondensati** – bu Yulduzlar juda sovuq bo‘lib, ularning ichki tuzilishi kvant effektlari bilan boshqariladi.
3. **Mumkin bo‘lgan tarkibiy qismlar** – bozon Yulduzlari, masalan, gipotetik axionlar yoki boshqa engil bozonlar (skalyar maydonlar)dan tashkil topgan bo‘lishi mumkin.
4. **Qora tuynuklarga alternativ** – ba’zi nazariyalarga ko‘ra, bozon Yulduzlari ba’zi kuzatilgan qora tuynuklarning muqobili bo‘lishi mumkin.

Nega bozon Yulduzlari muhim?

- Ular **Qora materiyani** tushuntirish uchun nazariy modellarni taklif qilishi mumkin.
- Kvant gravitatsiya va umumiy nisbiylik o‘rtasidagi bog‘liqlikni o‘rganish uchun muhim ob‘ekt hisoblanadi.
- Astronomik kuzatuvlar bozon Yulduzlari mavjudligini tasdiqlasa, bu fundamental fizikada katta inqilob bo‘ladi.

Bozon Yulduzlar, oddiy Yulduzlardan farqli ravishda, bozon zarrachalardan (masalan, skalyar yoki vektor bozonlar) iborat bo‘lishi mumkin. Ular gravitatsiya ta’sirida siqiladi va o‘z massasini ushlab turish uchun kvant effektlaridan foydalanadi. Bu Yulduzlar foton yoki oddiy modda emas, balki fundamental bozon zarralarining

kondensati sifatida mavjud bo‘lishi mumkin. Agar axion kabi noma’lum bozon zarralar mavjud bo‘lsa, bunday Yulduzlar shakllanishi mumkinligi ehtimoli mavjud.

3. Kvark Yulduzlar

"Kvark" so‘zi Gellman tomonidan J.Joysning „Pominki po Finneganu“ asaridan olingan. Ushbu asar epizodlarining birida qushlar „Three quarks for Muster Mark!“ („Mister Mark uchun uchta kvark!“ deb tarjima qilish mumkin) deb qichqiradi. Bundan tashqari, R.Yakobson tomonidan ilgari surilgan variant ham mavjud bo‘lib, unga ko‘ra, Joys ushbu so‘zni [Venada](#) bo‘lgan vaqtida nemis tilidan o‘zlashtirgan. Nemis tilida quark so‘zi ikki xil ma’noni anglatishi mumkin: 1) tvorog; 2) arzimagan narsa. Nemis tiliga esa ushbu so‘z g‘arbiy slavyan tillari oilasidan kelib qolgan (chex tilida *tvaroh*, yoki polyak tilida *twarog*). Irland fizigi Loxlin O‘Rafertining fikriga ko‘ra, Joys Germaniyada bo‘lgan vaqtida qishloq xo‘jalik yarmarkasida („Namunali tvorog uchun uch marka“) deb yozilgan reklama e‘lonini ko‘rgan bo‘lishi mumkin.

J.Sveyg kvarklarni tuzlar deb ham atagan. Lekin ushbu nom uzoq yashamadi va unutilib ketdi, chunki tuzlar to‘rtta, kvarklar esa birlamchi modelga ko‘ra to‘rtta bo‘lgan.

Kvark Yulduzlar — neytron Yulduzlardan ham zichroq bo‘lishi mumkin bo‘lgan nazariy ob’ektlardir. Neytron Yulduzning yadrosidagi bosim haddan tashqari Yuqori bo‘lganda, neytronlar parchalanib, kvark-gluon plazmaga aylanadi va butun Yulduz kvark materiyasiga o‘tishi mumkin. Kvark Yulduzlar odatiy Yulduzlardan ancha zich bo‘lib, ularning moddasi asosan Yuqori energiyali kvarklardan iborat bo‘ladi.

4.3. Galaktikalarning shakllanishi. Galaktikalarning turlari.

Galaktika ([Yunoncha](#): Galaktikos – sutli, sutsimon) – umumiy o‘zaro tortishish kuchi bilan bog‘langan hamda [Quyoshni](#) ham o‘z ichiga olgan 200 milliarddan ortiq Yulduzning ulkan gravitatsion sistemasi. Galaktikada Yulduzlardan tashqari Yulduzlararo muhit – [gaz](#), [chang](#) va turli mayda kosmik zarralar ham bor. Umumiy ko‘rinishi jihatidan mashhur [Andromeda tumanligi](#) bilan deyarli bir xil, o‘lchami jihatdan esa undan sezilarli farq qiladi. Diametri taxminan 30 ming [parsek](#) (pk); 1 pk=206264,8 [astronomik birlik](#) (a.b.)=3,2615 [yorug‘lik yili](#) (yo.y.)=30,8561015 m; umumiy massasi taxminan 2-10⁴¹ kg (10y ta Quyosh massasiga teng). Quyoshga yaqin

atrofda zichligi $\sim 4 \cdot 10^{21} \text{ kg/m}^3$. Gallaktikaning o'zbek tilidagi nomi [Somon yo'li](#), chunki qadimdan Yulduzlar ma'lum bir tekislikka (Gallaktika ekvatoriga) nisbatan zich joylashib olganligi kuzatilgan bo'lib, ota-bobolarimiz uni arava ketidan to'kilib borgan somondan hosil bo'lgan yo'lga, Yunonlar esa yerga to'kilgan sutga o'xshatganlar. [Yunon faylasufi Demokrit](#): „Somon yo'li son-sanoqsiz Yulduzlardan iborat“, deb taxmin qilgan edi. Shunday ekanligini birinchi bo'lib [G. Galiley](#) isbotladi (1610). Ingliz astronomi V. Gershel XVIII asrda gallaktikani izchil o'rgana boshladi. Keyinchalik uni jahondagi ko'p olimlar o'rganishdi va gallaktikaning yangi-yangi qirralarini aniqlashdi. O'zbekistonda gallaktikaga doir masalalar asosan [O'zbekiston FA Astronomiya instituti](#)da va [O'zbekiston Milliy universiteti](#) astronomiya kafedrasida o'rganiladi.

Gallaktika massasining 97% ini Yulduzlar tashkil etadi. Somon yo'li markazi gallaktikaning o'zagida bo'lib, gallaktika uning atrofida differensial tarzda aylanish xususiyatiga ega. Gallaktikaning aylanish o'qi Somon yo'li tekisligiga perpendikulyar bo'lib, uning [shimoliy qutbi](#) Veronika sochlari Yulduz turkumi yo'nalishida, janubiy qutbi esa Haykaltarosh Yulduz turkumida joylashgan. Gallaktika o'zagidan Quyoshgacha bo'lgan masofa 32,6 ming yo. $y. = 30,85610''m$ ga teng. [Quyosh sistemasi](#) Somon yo'li markazi atrofida 250 km/sek tezlik bilan harakat qilib, 230 mln. yil ichida bir marta to'la aylanib chikddi. Quyosh sistemasi galaktikaning ekvatorial tekisligidan atigi 66,22-1013 km ga teng masofada yotadi. Bu masofa galaktikamiz o'rtacha qalinligidan taxminan 150 marta kichik.

Galaktikaning optik diapazonda ko'rinadigan qismiga yon tomondan qaralganda u cho'zinchoq, [Yupqa linza](#) shakliga ega. Uning diametri bo'yicha joylashgan asosiy massa Somon yo'lini tashkil qiladi. Galaktika tuzilishiga doir tadqiqotlar [elektromagnit nurlanish](#) spektrining barcha diapazonlarida olib boriladi. Galaktikamizda [infraqizil nurlar](#), [rentgen nurlari](#) va hatto [gamma-nurlar](#) manbalari topildi. Galaktika tarkibi, massasi va b. parametrlari bo'yicha u turlicha alohida komponentlar – o'zak, disk, balj, galo va tojdan iborat ekan. Geometrik va kinematik jihatlaridan disk va galo bir-biridan keskin farq qiladi. Diskning yoshi galo yoshidan kamida 2 marta kichik. Yulduzlarning fizik karakteristikalarini nuqtai nazaridan va tarkibi jihatidan esa galaktika asosan ikkita

tashkil etuvchi to'plamlarga bo'linadi. **I tur Yulduz to'plamiga** eng yosh, qaynoq Yulduzlar, o'ta gigantlar, uzun davrli sefeidalar, yangi va o'ta yangi Yulduzlar, gaz-chang moddalari hamda Yulduzlarning tarqoqsimon to'dalari kiradi. Bu to'plam obyektlari faqat Somon yo'lida, uning simmetriya tekisligi va yaqin atrofida joylashib, galaktikaning boshqa joylarida, xususan, o'zak yoki galo qismlarida umuman kuzatilmaydi. Ularni tekislik tashkil etuvchi qism obyektlari ham deyiladi. I tur to'plamidagi Yulduzlar Somon yo'li tekisligida spiralsimon tarmoqlar chizib joylashgan. Aynan shu sababli bizning galaktika spiral galaktikalar sinfiga kiradi. **II tur Yulduz to'plamiga** qisqa davrli sefeidalar, subkarlik, qizil gigant kabi Yulduzlar hamda Yulduzlarning sharsimon to'dalari kiradi. Ular, asosan, galaktikaning sfera tashkil etuvchi qismidan joy olgan. Bu to'plamdagi Yulduzlarning galaktika simmetriya tekisligiga nisbatan tezliklar dispersiyasi qiymati I tur to'plamdagi Yulduzlarnikidan ancha katta. Buning sababi galaktikamiz kelib chiqishi va evolYutsiyasi bilan bog'liq. II tur obyektlari bor yerda I tur to'plamidan birorta obyekt kuzatilmaydi va, aksincha, II tur obyektlari tekislik tashkil etuvchi qismida ko'rinmaydi. Ushbu dalil galaktikamiz sferik shakldagi gazsimon ulkan bulutning gravitatsion siqilishi natijasida paydo bo'lganligini, hozirgi tuzilishi esa avval sfera tashkil etuvchi qism Yulduzlari vujudga kelganligini ko'rsatadi.

1936 yilda Xabbl galaktikalar tasnifini taklif qilganda, u galaktikalar elliptik shaklda hosil bo'ladi, keyinchalik diskka, keyin esa spiral tuzilishga ega bo'ladi, degan gipotezani ilgari surdi. Bu gipoteza noto'g'ri bo'lib chiqdi, ammo u galaktikalarning nomlanishida o'z izini qoldirdi: ular hali ham Hubble tasnifiga ko'ra erta va kech galaktikalarga bo'lingan. Galaktikalarni keyingi o'rganish natijasida elliptik galaktikalar spiral galaktikalarga qaraganda ancha kattaroq massalar diapazonini to'ldirishi aniqlandi va 1970-yillarda galaktikalar hayoti davomida o'z turini o'zgartirmaydi degan gipoteza hukmronlik qila boshladi.

Hozirgi vaqtda galaktikalar evolYutsiyasi nazariyasi, aksincha, galaktikalar spiral shaklida shakllanadi va vaqt o'tishi bilan ular tobora ko'proq bo'rtib boradi, bu ularni oldingi turlarga aylantiradi. Bundan tashqari, galaktikalarning to'qnashuvi va qo'shilishi paytida ular elliptik holga kelishi ko'rsatilgan.

Biroq, elliptik galaktikalar spiral galaktikalardan eski deb hisoblanmaydi: ikkalasi ham taxminan 10 milliard yil avval shakllana boshlagan. Biroq, elliptik galaktikalarda Yulduz shakllanishi 1 milliard yildan kamroq vaqt ichida tugaydi, spiral galaktikalarda esa deyarli bir tekis davom etadi. Shuning uchun elliptik galaktikalardagi eng massiv Yulduzlar uzoq vaqtdan beri mavjud bo'lmay qolgan, spiral galaktikalarda esa ular doimo shakllanib, hozirgacha kuzatilmoqda.

Nazorat savollari:

1. Ekzotik yulduzlar nima va ular oddiy neytron yulduzlardan qanday farq qiladi?
2. Ushbu yulduzlarning shakllanishi qanday jarayonlar natijasida yuzaga keladi?
3. Ekzotik yulduzlarni kuzatish qanchalik mumkin va qanday usullar bilan aniqlanadi?
4. Gravistarlar qanday nazariy model asosida taklif qilingan?
5. Ularning qora tuynuklardan asosiy farqlari nimada?

Adabiyotlar ro'yxati:

1. O'zME. Birinchi jild. Toshkent, 2000-yil
2. "Unveiling the Secret of a Virgo Dwarf Galaxy" (Archive.is saytida 2012-07-29 sanasida arxivlangan). ESO
3. "Astronomers Get Closest Look Yet At Milky Way's Mysterious Core"
4. "Near-Infrared Galaxy Morphology Atlas"
5. "To see the Universe in a Grain of Taranaki Sand"
6. "The Galaxies: Islands of Stars". 2012-yil 2-avgustda asl nusxadan arxivlangan. Qaraldi: 2012-yil 4-iYun.
7. Harper, D. „galaxy“. *Online Etymology Dictionary*. Qaraldi: 2011-yil 11-noyabr.

Intrnet malumotlar

1. «Astronomy on line» (www.eso.org/outreach/spec-prog/aol/,
www.astrolab.ru/)
2. <http://astronet.ru>.
3. <http://ziv.telescopes.ru/rubric/astronomy/index.html?pub=1>

IV.AMALIY MASHG'ULOTLAR MAZMUNI

1-amaliy mashg'ulot: Yulduzlarning paydo bo'lish jarayoni. (2 soat)

1.1. Yulduzning shakllanishi va barqarorlashuvi

Yulduzlarning shakllanishi kosmik chang va gaz bulutlarining gravitatsion siqilishi natijasida sodir bo'ladi. Yulduz shakllangandan so'ng u uzoq muddat davomida barqaror bo'lib turadi va o'z hayot sikli davomida turli bosqichlardan o'tadi.

Yulduz shakllanishining asosiy bosqichlari:

1. Molekulyar bulutlar – chang va gaz zarralaridan tashkil topgan ulkan hududlar.
2. Gravitatsion kollaps – gaz va chang bulutlari zichlashib, tortishish kuchi ta'sirida siqila boshlaydi.
3. Protoyulduz shakllanishi – yadro zichligi ortib, issiqlik va bosim kuchayadi.
4. Termoyadro sintezi boshlanishi – vodorod geliyga aylana boshlaydi va yulduz ichki bosim tufayli muvozanatga erishadi.
5. Barqarorlik bosqichi – yulduz gidrostatik muvozanatga erishib, uzoq vaqt davomida termoyadro reaksiyalari natijasida energiya chiqaradi.

Yulduzning hayoti davomida uning barqarorligi gravitatsion tortishish kuchi va ichki termoyadro energiyasi o'rtasidagi muvozanatga bog'liq.

1.2. Protoyulduz hosil bo'lishi

Protoyulduz – yulduz shakllanishining dastlabki bosqichi bo'lib, bu bosqichda gaz va chang buluti siqilib, issiqlik hosil qila boshlaydi.

Protoyulduzning asosiy xususiyatlari:

- Gravitatsion kuch ta'sirida gaz va chang to'planadi.
- Ichki bosim va harorat ortib boradi, ammo termoyadro reaksiyalari hali boshlanmagan bo'ladi.
- Infraqizil nurlanish chiqara boshlaydi, chunki u juda issiq va yorug'lik chiqaruvchi moddalarga boy.
- Agar yetarli massa to'plansa, ichki harorat 10 million K ga yetib, termoyadro sintezi boshlanadi.

Protoyulduzning shakllanish muddati yulduzning massasiga bog'liq. Masalan, kichik massali yulduzlar sekin shakllanadi, katta massali yulduzlar esa tezroq hosil bo'ladi.

1.3. Gaz va chang bulutlarining siqilishi

Yulduz shakllanishi uchun gaz va chang bulutlari tortishish kuchi ostida siqilishi kerak. Bu jarayon molekulyar bulutlar ichida sodir bo'ladi.

Siqilishga ta'sir qiluvchi omillar:

1. Gravitatsion kollaps – bulutning o‘z gravitatsion tortishish kuchi ostida siqilishi.

2. Tashqi bosimlar – supernova portlashi yoki boshqa yulduzlardan kelayotgan zarbali to‘lqinlar gaz bulutini siqib, yulduz shakllanishiga yordam beradi.

3. Magnit maydon va turbulensiya – gaz va chang zarralarining harakatiga ta’sir qiladi va bulutning zichlashishini boshqaradi.

4. Jeans kriteriy – gaz buluti massasi kritik qiymatdan oshganda, u siqilib yulduz shakllantira oladi.

Gaz va chang bulutlarining siqilishi natijasida kichik bo‘linmalar hosil bo‘ladi va ular yulduz shakllanishining dastlabki manbalari hisoblanadi.

1.4. Barqaror yulduz shakllanishi va evolyutsiya bosqichi

Yulduz shakllanib, termoyadro sintezi boshlangach, u uzoq davom etadigan asosiy ketma-ketlik bosqichiga o‘tadi. Bu bosqichda yulduz ichki bosimi va gravitatsiya o‘rtasida muvozanatda bo‘ladi.

Yulduzlarning hayot bosqichlari:

1. Asosiy ketma-ketlik – yulduz vodorodni geliyga aylantirib, barqaror energiya chiqaradi.

2. Gigant va supergigant bosqichi – yulduz vodorodni tugatgach, uning tashqi qatlamlari kengaya boshlaydi.

3. Supernova yoki oq mittiga aylanish – yulduzning massasiga qarab u oq mittiga, neytron yulduzga yoki qora o‘raga aylanishi mumkin.

Yulduzning barqarorlik davri uning massasiga bog‘liq. Katta massali yulduzlar qisqa umr ko‘rsa, kichik yulduzlar juda uzoq vaqt davomida barqaror bo‘lishi mumkin.

2-amaliy mashg‘ulot: Qora o‘ralar, neytron Yulduzlar. Qora o‘ralar va ularning tiplari. (2 soat)

Qora o‘ralar – juda katta massali yulduzlarning oxirgi evolyutsion bosqichi bo‘lib, ular o‘z-o‘zidan gravitatsion kollapsqa uchrab, atrof-muhitdan hech qanday yorug‘lik chiqara olmaydigan obyektga aylanadi.

Qora o‘ralarning shakllanish bosqichlari:

1. Supernova portlashi – Juda katta massali yulduzlar hayotining oxirida yoqilg‘isini tugatib, supernova portlashi sodir bo‘ladi.

2. Gravitatsion kollaps – Neytron yulduz sifatida barqaror bo‘lolmaydigan juda katta yulduzlar o‘z massasining tortishish kuchi natijasida ichiga qulab, cheksiz zichlikka ega bo‘lgan qora o‘raga aylanadi.

3. Voqealar gorizontining hosil bo‘lishi – Qora o‘raning tortishish kuchi shunchalik katta bo‘ladiki, hatto yorug‘lik ham undan chiqib keta olmaydi.

Qora o‘ralarning shakllanishiga sabab bo‘ladigan holatlar:

- Juda massali yulduzlarning o‘limi (supermassive yulduzlar).

- Ikki neytron yulduzning bir-biriga birikishi.
- Juda zich moddalarning to'planishi natijasida qora o'ralarning hosil bo'lishi.

2.2. Neytron yulduzlarning shakllanishi va xususiyatlari

Neytron yulduzlar – o'ta massali yulduzlarning o'limidan keyin hosil bo'ladigan ultrazich obyektlar bo'lib, ular asosan neytronlardan iborat.

Neytron yulduzlarning shakllanishi:

1. Supernova portlashi – Juda massali yulduz vodorodni tugatgach, yadrosining ichki qismi siqilib, neytron yulduz hosil qiladi.
2. Neytron degeneratsiya bosimi – O'z massasining gravitatsion tortishishiga qarshi turish uchun neytronlar orasidagi kvant degeneratsiya bosimi hosil bo'ladi.
3. Barqaror neytron yulduz – Agar yulduz massasi 2,5 Quyosh massasi dan kichik bo'lsa, u neytron yulduz sifatida qoladi. Agar undan katta bo'lsa, qora o'raga aylanadi.

Neytron yulduzlarning xususiyatlari:

- Juda katta zichlik – Bir choy qoshiq neytron moddasining massasi milliardlab tonna bo'lishi mumkin.
- Tez aylanish – Ayrim neytron yulduzlar juda tez aylanib, pulsarlar hosil qiladi.
- Kuchli magnit maydon – Neytron yulduzlar kuchli magnit maydonga ega bo'lib, radioto'lqinlar chiqaradi.
- Ekstremal gravitatsiya – Neytron yulduzning sirtida tortishish kuchi juda katta bo'lib, hatto yorug'lik egilib chiqishi mumkin.

2.3. Qora o'ralarning umumiy xususiyatlari

Qora o'ralar – tortishish kuchi shunchalik katta bo'lgan obyektlarki, ularning ichidan hech narsa, hatto yorug'lik ham chiqib keta olmaydi.

Qora o'ralarning asosiy xususiyatlari:

- Voqealar gorizonti – Qora o'ralarning chegarasi bo'lib, bu nuqtadan keyin hech qanday yorug'lik yoki moddiy obyekt chiqib keta olmaydi.
- Singulyarlik – Qora o'ralarning markazida cheksiz zichlik va cheksiz tortishish mavjud deb taxmin qilinadi.
- Gravitatsion vaqt kengayishi – Qora o'raga yaqin joylashgan ob'ektlar uchun vaqt sekinlashadi.
- Kerr qora o'ralari – Agar qora o'ra aylansa, uning ergoregioni bo'lib, bu hududda fazo-vaqt tortishish kuchi natijasida aylanadi.

Qora o'ralarning turlari:

1. Schwarzschild qora o'rasi – Harakatsiz, aylanishsiz qora o'ra.
2. Kerr qora o'rasi – Aylanayotgan qora o'ra.
3. Reissner-Nordström qora o'rasi – Elektr zaryadlangan qora o'ra.
4. Supermassiv qora o'ralar – Galaktikalar markazida joylashgan ulkan qora o'ralar.

2.4. Qora o'ralar va neytron yulduzlarning farqlari va ularning kosmik ahamiyati

Farqlari:

Xususiyat	Qora o‘ra	Neytron yulduz
Shakllanish sababi	Juda katta massali yulduzning o‘limi	O‘rtacha massali yulduzning o‘limi
Zichlik	Cheksiz	Juda katta, lekin chekli
Yorug‘lik chiqishi	Hech narsa chiqmaydi	Yorug‘lik va radioto‘lqin chiqarishi mumkin
Gravitatsiya	Cheksiz kuchli	Juda katta, ammo cheksiz emas
Kuzatish imkoniyati	Faqat tortishish to‘lqinlari yoki atrofidagi ob’ektlar orqali	Radioto‘lqin va rentgen nurlari orqali kuzatiladi
Aylanish tezligi	Juda yuqori (aylanayotgan Kerr qora o‘ralarida)	Juda tez (pulsarlar shaklida)
Magnit maydon	Kuchsiz	Juda kuchli

Kosmik ahamiyati:

- Qora o‘ralar koinotda eng kuchli tortishish markazlaridan biri bo‘lib, yorug‘likni egib, gravitatsion linzalash hodisasini hosil qiladi.
- Neytron yulduzlar esa pulsarlar sifatida astrofizik tadqiqotlarda muhim ahamiyat kasb etadi va yangi fizik qonuniyatlarni tushunish uchun model sifatida ishlatiladi.
- Ikkita neytron yulduz yoki qora o‘raning birikishi tortishish to‘lqinlari hosil qiladi, bu esa LIGO va Virgo kabi detektorlarda kuzatilgan.
- Galaktikalarning rivojlanishida qora o‘ralar muhim rol o‘ynaydi, chunki ular galaktik markazdagi moddaning harakatini boshqarishi mumkin.
- Supernova portlashi natijasida hosil bo‘lgan neytron yulduzlar va qora o‘ralar og‘ir elementlar (oltin, platina, temir va boshqalar) hosil qilishda muhim rol o‘ynaydi.

3- amaliy mashg‘ulot: Ko‘p kanalli astronomiya. O‘ta massiv qora o‘ralar. (4 soat)

Ko‘p kanalli astronomiya – bu turli to‘lqin uzunliklarida va turli kuzatuv texnologiyalaridan foydalangan holda koinotni tadqiq qilish usulidir. Bu yondashuv astrofizik hodisalarni yanada aniqroq tushunish imkonini beradi.

Ko‘p kanalli astronomiyaning asosiy yo‘nalishlari:

1. Elektromagnit nurlanishi – radioto‘lqinlar, infraqizil, optik, ultrabinafsha, rentgen va gamma nurlari yordamida obyektlarni kuzatish.
2. Tortishish to‘lqinlari – ikkita neytron yulduz yoki qora o‘ralarning birikishidan hosil bo‘ladigan to‘lqinlarni o‘rganish (LIGO va Virgo).
3. Neytrino astronomiyasi – yuqori energiyali neytrino zarrachalarini kuzatish (IceCube detektori).

4. Kosmik nurlar – quyosh nurlari va galaktikadagi kuchli portlashlardan kelgan zarrachalarni kuzatish.

Ko'p kanalli astronomiya bir obyekt yoki hodisani turli xil kuzatuv vositalari orqali o'rganish imkonini beradi, bu esa qora o'ralar, neytron yulduzlar va galaktikalarning rivojlanishini tushunishga katta hissa qo'shadi.

3.2. O'ta massiv qora o'ralarning shakllanishi va evolyutsiyasi

O'ta massiv qora o'ralar (supermassive black holes, SMBH) – massasi millionlab yoki milliardlab Quyosh massasi ga teng bo'lgan yirik qora o'ralardir.

Shakllanish nazariyalari:

1. Oddiy qora o'ralarning birikishi – bir necha kichik qora o'ralar birlashib, o'ta massiv qora o'rani hosil qiladi.

2. Katta gaz bulutlarining kollapsi – juda katta gaz va chang bulutlarining bevosita siqilishi natijasida hosil bo'lishi mumkin.

3. Ilk galaktikalarda o'sish – ilk yulduz va galaktikalar markazida katta massali obyektlar shakllanib, vaqt o'tishi bilan o'ta massiv qora o'ralarga aylanadi.

Evolutsiya bosqichlari:

1. Yangi hosil bo'lgan qora o'ra – dastlab kichik bo'lib, asta-sekin modda yutib, massasi ortib boradi.

2. Akresion disk shakllanishi – qora o'ra atrofida modda to'planadi va issiqlik chiqara boshlaydi.

3. Faol galaktik yadrolar va kvasarlar – ba'zi qora o'ralar kuchli energiya chiqarib, yulduzlar hosil bo'lishiga ta'sir qiladi.

4. Barqaror SMBH bosqichi – qora o'ralar galaktikalarning markaziy yadrosi sifatida uzoq vaqt davomida mavjud bo'lib qoladi.

O'ta massiv qora o'ralar galaktikalar shakllanishi va rivojlanishiga ta'sir qiladi, chunki ular atrofidagi yulduzlar va gaz oqimlarini boshqaradi.

3.3. Ko'p kanalli astronomiyaning qora o'ralarni o'rganishda o'rni

Ko'p kanalli astronomiya qora o'ralar va ularning atrof-muhit bilan o'zaro ta'sirini chuqurroq o'rganish imkonini beradi.

Ko'p kanalli astronomiyaning qora o'ralarni o'rganishga qo'shgan hissasi:

1. Elektromagnit nurlanish orqali kuzatish:

o Optik va infraqizil teleskoplar (James Webb, Hubble) qora o'ralarning atrofidagi chang va gazni kuzatadi.

o Rentgen va gamma nurlanishi (Chandra, Fermi) qora o'ralarga modda tushish jarayonini o'rganadi.

2. Tortishish to'lqinlari orqali qora o'ralarni o'rganish:

o LIGO va Virgo detektorlari ikkita qora o'raning birikishidan hosil bo'ladigan tortishish to'lqinlarini qayd qiladi.

- o LISA (Laser Interferometer Space Antenna) uzoqdagi qora o‘ralarning o‘zaro ta‘sirini o‘rganish uchun kosmosga chiqariladigan loyiha.

3. Neytrino astronomiyasi:

- o Qora o‘ralarning atrofidagi kuchli magnit maydonlar neytrinolarni hosil qilishi mumkin.

- o IceCube va KM3NeT kabi neytrino detektorlari qora o‘ralarning atrof-muhitini o‘rganishga yordam beradi.

4. Kosmik nurlar va qora o‘ralar:

- o O‘ta massiv qora o‘ralar ultra yuqori energiyali kosmik nurlar manbai bo‘lishi mumkin.

- o Kosmik nurlar observatoriyalari (Pierre Auger, HAWC) qora o‘ralardan kelayotgan zarralarni kuzatadi.

Ko‘p kanalli astronomiya yordamida qora o‘ralarni o‘rganish ularga qanday qilib modda tushayotganini, ular qanday rivojlanayotganini va galaktikalarga qanday ta‘sir ko‘rsatayotganini aniqlashga yordam beradi.

3.4. O‘ta massiv qora o‘ralar va ularning koinot evolyutsiyasidagi roli

O‘ta massiv qora o‘ralar koinot evolyutsiyasining muhim tarkibiy qismi bo‘lib, galaktikalar shakllanishi, yulduzlar hosil bo‘lishi va moddalar taqsimotiga sezilarli ta‘sir ko‘rsatadi.

Galaktikalar shakllanishiga ta‘siri:

1. Galaktikalarning markazida joylashishi – O‘ta massiv qora o‘ralar deyarli barcha yirik galaktikalarning yadrosida mavjud (masalan, Somon yo‘lidagi Sagittarius A*).

2. Yulduzlar shakllanishini nazorat qilish – Qora o‘ralarning radiatsiyasi va gaz oqimlari yangi yulduzlarning hosil bo‘lishiga ta‘sir qiladi.

3. Akresion jarayonlari – O‘ta massiv qora o‘ralar gaz va changni yutib, kvasarlar deb ataluvchi yorqin galaktik yadrolarni hosil qiladi.

Koinot kengayishi va qorong‘i materiyaga ta‘siri:

1. Qorong‘i materiya va qora o‘ralar – Qorong‘i materiya galaktikalar shakllanishida muhim rol o‘ynaydi va o‘ta massiv qora o‘ralarning rivojlanishiga ta‘sir qilishi mumkin.

2. Qora o‘ralarning dinamikasi va galaktikalar harakati – O‘ta massiv qora o‘ralar galaktikalararo muhitga energiya chiqarib, koinotning global tuzilishiga ta‘sir qiladi.

Tortishish to‘lqinlari va koinot evolyutsiyasi:

- O‘ta massiv qora o‘ralar birlashganda, tortishish to‘lqinlari chiqaradi, bu esa koinot tarixini o‘rganish uchun yangi imkoniyat yaratadi.

- LISA teleskopi bu jarayonlarni kelajakda batafsil kuzatishga yordam beradi.

Kelajakdagi tadqiqotlar:

- James Webb teleskopi orqali eng qadimgi qora o‘ralarni kuzatish va ularning shakllanish modelini tasdiqlash.

- LISA orqali ikkita supermassiv qora o‘ralarning birikishini kuzatish.
- Qora o‘ralar va qorong‘i energiya o‘rtasidagi bog‘liqlikni o‘rganish.

4- amaliy mashg‘ulot: Gravastarlar, Bozon Yulduzlar, kvark Yulduzlar.

(2 soat)

Gravastarlar, bozon yulduzlar va kvark yulduzlar an’anaviy neytron yulduzlardan farq qiluvchi nazariy obyektlar bo‘lib, ular kvant effektlari va nisbiylik nazariyasi asosida o‘rganiladi. Ushbu obyektlar qora o‘ralarga alternativ modellar sifatida qaraladi.

Gravastarlar

- Gravitatsion yulduzlar (gravitational vacuum star) tushunchasi qora o‘ralarga alternativ obyekt sifatida ilgari surilgan.
- Ular qora o‘ralarga o‘xshash kuchli tortishish maydoniga ega, lekin voqealar gorizontiga ega emas.
- Markazi kvant vakuumi bilan to‘ldirilgan bo‘lib, tashqi qismida zich energiya qobig‘i mavjud.

Bozon yulduzlar

- Fermionlardan tashkil topgan an’anaviy yulduzlarga qarama-qarshi ravishda bozonlardan iborat bo‘lgan nazariy obyektlar.
- Kvant maydon nazariyasi asosida o‘rganiladi va neytral yoki zaryadlangan bozonlar tomonidan barqarorlashadi.
- Massasi va kvant xususiyatlariga qarab qora o‘raga o‘xshash hodisalar namoyon qilishi mumkin.

Kvark yulduzlar

- Neytron yulduzning markazida neytronlar bosim ostida kvarklarga parchalanishi mumkin, natijada kvark-gluon plazma hosil bo‘ladi.
 - MIT bag modeli asosida kvark materiya fizikasi tushuntiriladi.
 - Juda yuqori zichlik va bosim sharoitida mavjud bo‘lishi mumkin.
- Bu obyektlarning barchasi noyob fizik xususiyatlarga ega bo‘lib, qora o‘ralarning muqobil modellarini shakllantiradi.

4.2. Gravastarlar, bozon yulduzlar va kvark yulduzlar fizikasi bo‘yicha amaliy mashg‘ulot rejalari

Ushbu obyektlarni o‘rganish uchun nazariy modellar va hisoblash texnikalari qo‘llaniladi.

1. Kompakt obyektlarning fizik modellarini yaratish
 - MATLAB yoki Python yordamida Einstein tenglamalarini yechish.
 - Obyektlarning zichligi va bosimini hisoblash.
2. Gravastar modellarini tahlil qilish
 - Gravastarlarning barqarorligi va uning qora o‘ralar bilan taqqoslanishi.
 - Energiya va bosim taqsimoti bo‘yicha hisob-kitoblar.

3. Bozon yulduzlarni o'rganish uchun kvant maydon nazariyasi asosida hisob-kitoblar

- Schrödinger va Klein-Gordon tenglamalarini yechish orqali bozon yulduzlarning muvozanat holatini tahlil qilish.

- Bozon yulduzlarning zichligi va gravitatsion maydon kuchini aniqlash.

4. Kvark yulduzlarining zichligi va neytron yulduzlar bilan taqqoslanishi

- MIT bag modeli va kvark-gluon plazma fizikasi orqali hisob-kitoblar.

- Kvark yulduzlarning moddiy tuzilishi va gravitatsion xususiyatlari bo'yicha nazariy tahlil.

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

Amaliy mashg'ulotlarni samarali o'tkazish uchun quyidagi tavsiyalar ishlab chiqiladi:

1. Talabalar uchun kirish bosqichi

- Kompakt obyektlar fizikasi haqida nazariy asoslarni tushuntirish.

- Talabalarga modellash va hisoblash usullari bo'yicha trening berish.

2. Nazariy va eksperimental yondashuvlar

- Einstein tenglamalari va kvant mexanikasi asosida obyektlarning xususiyatlarini modellashtirish.

- Teleskop ma'lumotlar bazalaridan foydalanib, real kuzatuv ma'lumotlarini tahlil qilish.

3. Dasturiy ta'minotdan foydalanish bo'yicha tavsiyalar

- Python, MATLAB, Mathematica yordamida hisoblash ishlarini bajarish.

- Yulduzlar va kompakt obyektlar fizikasi bo'yicha grafiklarni chizish va tahlil qilish.

4. Eksperimental ma'lumotlarni real kuzatuvlarga bog'lash

- LIGO va Virgo tortishish to'lqinlari detektorlari ma'lumotlaridan foydalanish.

- Xalqaro teleskoplardan olingan gravastar va neytron yulduz kuzatuvlarini tahlil qilish.

4.4. O'quv dasturlarini tuzish va baholash mezonlari asosida reja

Gravastarlar, bozon yulduzlar va kvark yulduzlarni o'rganish bo'yicha ilmiy o'quv dasturlari va baholash tizimini ishlab chiqish muhimdir.

1. O'quv dasturining asosiy yo'nalishlari

- Kompakt obyektlar fizikasi bo'yicha asosiy bilimlarni shakllantirish.

- Talabalarning mustaqil tadqiqot olib borish qobiliyatini rivojlantirish.

2. Baholash mezonlari

- Nazariy bilimlar – O'quvchilarning asosiy fizik tushunchalar va matematik modellarni tushunish darajasini baholash.

- Amaliy hisob-kitoblar – Einstein tenglamalarini yechish, obyektlarning zichligi

va bosimini hisoblash.

- Eksperimental natijalarga bog‘liq tahlil – Real kuzatuv natijalari bilan taqqoslash orqali ilmiy xulosalar chiqarish.

3. Amaliy mashg‘ulotlarga yo‘naltirilgan metodologiya

- Interfaol laboratoriyalar va modellashtirish usullari.
- Fizik tajribalar natijalarini MATLAB yoki Python yordamida tahlil qilish va vizualizatsiya qilish.

4. Talabalarga mustaqil tadqiqot olib borish uchun yo‘nalish berish

- Gravastarlar, bozon yulduzlar va kvark yulduzlar bo‘yicha ilmiy maqolalar va tadqiqotlarni tahlil qilish.

- Xalqaro ilmiy ma’lumotlar bazalaridan foydalanish va real ilmiy loyiha ustida ishlash.

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

V. KEYSLAR BANKI

Mini-keys 1.

«Ekspert kengashi: intilish va yuksalish?»

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

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

Mini-keys 2.

“Yulduzlarning yashash davrlarini Gersshprung-Ressel diagrammasi yordamida aniqlash”

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

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

Mini-keys 3

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

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

zichligidan kamroq bo‘lib qoladi.

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

Asosiy keysni ishlab chiqish.

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

«Refleksiya savati»

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

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



VI. MUSTAQIL TA'LIM MAVZULARI

Mustaqil ishni tashkil etishning shakli va mazmuni

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

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

Mustaqil ta'lim mavzulari

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

VII. GLOSSARIY

Termin	O'zbek tilidagi sharxi	Ingliz tilidagi sharxi
Astronomiya	Osmon jismlarni o'rganadigan tabiiy fan	Astronomy (from Greek: <i>ἀστρονομία</i> , literally meaning the science that studies the laws of the stars) is a natural science that studies celestial objects and phenomena.
Astrofizika	Osmon jismlarni va jarayonlarni fizik metodlar va prinsiplar orqali o'rganadigan fan	Astrophysics is a science that employs the methods and principles of physics in the study of astronomical objects and phenomena.
Adronlar	Kuchli o'zaro ta'sirda ishtirok etuvchi elementar zarralar	In particle physics, a hadron is a composite particle made of quarks held together by the strong force in a similar way as the electromagnetic force holds molecules together.
Adronlarning kvark modellari	adronlarning elementar tashkil etuvchilar – kvarklarning bog'langan tizimidan iborat deb qaraluvchi modeli.	A quark is an elementary particle and a fundamental constituent of matter. Quarks combine to form composite particles called hadrons, the most stable of which are protons and neutrons, the components of atomic nuclei. Due to a phenomenon known as color confinement, quarks are never directly observed or found in isolation; they can be found only within hadrons, such as baryons (of which protons and neutrons are examples), and mesons.
Bozon	butun sonli spinga ega bo'lgan zarracha	In quantum mechanics , a boson is a particle that follows Bose–Einstein statistics . Bosons make up one of the two classes of particles , the other being fermions . The name boson was

		coined by Paul Dirac^[4] to commemorate the contribution of the Indian physicist Satyendra Nath Bose^{[5][6]} in developing, with Einstein, Bose–Einstein statistics—which theorizes the characteristics of elementary particles. Bosons are integer spin particles.
Buyuk birlashuv	kuchli, kuchsiz va elektromagnit o‘zaro ta’sirlarning yagona tabiatiga ega ekanligi haqidagi tasavvurga asoslangan fundamental fizikaviy hodisalarning nazariy modeli	Great integration of the fundamental interactions, also known as fundamental forces, are the interactions in physical systems that do not appear to be reducible to more basic interactions. There are four conventionally accepted fundamental interactions—gravitational, electromagnetic, strong nuclear, and weak nuclear. Each one is understood as the dynamics of a <i>field</i>. The gravitational force is modelled as a continuous classical field. The other three are each modelled as discrete quantum fields, and exhibit a measurable unit or elementary particle.
Vaynberg-Salam nazariyasi	elektromagnit va kuchsiz o‘zaro ta’sirlarning birlashgan nazariyasi.	Electromagnetic and weak interactions unified theory. In particle physics, the electroweak interaction is the unified description of two of the four known fundamental interactions of nature: electromagnetism and the weak interaction. Although these two forces appear very different at everyday low energies, the theory models them as two different aspects of the same force. Above the unification energy, on the order of 100 GeV,

		they would merge into a single electroweak force .
Galaktika	yulduzlar, yulduz turkumlari, yulduzlararo gaz va chang, xamda qorong‘i moddadan iborat gravitatsion bog‘langan tizim	Stars, constellations, interstellar gas and dust, and dark matter to gravitationally bound system. The Milky Way is the galaxy that contains our Solar System . Its name "milky" is derived from its appearance as a dim glowing band arching across the night sky whose individual stars cannot be distinguished by the naked eye.
Gamma-Astronomiya	turlicha kosmik manbalarini ularning gamma diapazonidagi (to‘lqin uzunliklari $\lambda < 10^{-12}$ m, foton energiyasi esa $\varepsilon > 10^5$ eV bo‘lgan) elektromagnit nurlanishlari bo‘yicha o‘rganuvchi astronomiya bo‘limi.	Gamma-ray astronomy is the astronomical observation of gamma rays , ^[nb 1] the most energetic form of electromagnetic radiation , with photon energies above 100 keV . Radiation below 100 keV is classified as X-rays and is the subject of X-ray astronomy . September 02 2011 Fermi Second catalog of Gamma Ray Sources constructed over 2 years. An all sky image showing energies greater than 1 billion electron volts (1 GeV) ub. Brighter colors indicate gamma-ray sources. Gamma rays in the MeV range are generated in solar flares (and even in the Earth's atmosphere), but gamma rays in the GeV range do not originate in the Solar System and are important in the study of extrasolar, and especially extra-galactic astronomy.
Glyuon	birga teng spinli va nolga teng tinchlik massali hamda kvarklar orasidagi kuchli o‘zaro ta’sirni tashuvchi elektrik	Gluons are elementary particles that act as the exchange particles (or gauge bosons) for the strong force between quarks , analogous to the exchange of photons in the electromagnetic force between two

	neytral zarra.	charged particles.^[6] In layman terms, they "glue" quarks together, forming protons and neutrons. In technical terms, gluons are vectorgauge bosons that mediate strong interactions of quarks in quantum chromodynamics (QCD). Gluons themselves carry the color charge of the strong interaction.
Yorug'lik yili	astronomiyada qo'llaniladigan uzunlik birligi; yorug'lik bir yilda bosib o'tadigan masofaga teng. (1 Y.y. = 9,4605 · 10¹⁵ m)	A light-year (or light year, abbreviation: ly) is a unit of length used informally to express astronomical distances. It is approximately 9 trillionkilometres (or about 6 trillion miles). As defined by the International Astronomical Union (IAU), a light-year is the distance that light travels in vacuum in one Julian year (365.25 days). Because it includes the word <i>year</i>, the term <i>light-year</i> is sometimes misinterpreted as a unit of time.
Inflaton	Boshlang'ich koinotni yaratuvchi skalyar zarracha va maydon.	The inflaton field is a hypothetical scalar field which is conjectured to have driven cosmic inflation in the very early universe.
Kuchsiz o'zaro ta'sir	bir necha attometrdan (10-18m) kichik masofalarda elementar zarralar orasidagi o'zaro ta'sir; bunday o'zaro ta'sir xususan atom yadrolarining betta yemirilishiga olib keladi.	In particle physics, the weak interaction is the mechanism responsible for the weak force or weak nuclear force, one of the four known fundamental interactions of nature, alongside the strong interaction, electromagnetism, and gravitation. The weak interaction is responsible for the radioactive decay of subatomic particles, and

		it plays an essential role in nuclear fission. The theory of the weak interaction is sometimes called quantum flavordynamics (QFD), in analogy with the terms QCD and QED, but the term is rarely used because the weak force is best understood in terms of electro-weak theory (EWT).
Kvazar	uzoqlashgan gallaktikaning faol o‘zagidan iborat bo‘lgan qudratli kosmik elektromagnit nurlanish manbai.	Quasars or quasi-stellar radio sources are the most energetic and distant members of a class of objects called active galactic nuclei (AGN). Quasars are extremely luminous and were first identified as being high redshift sources of electromagnetic energy, including radio waves and visible light, that appeared to be similar to stars, rather than extended sources similar to galaxies. Their spectra contain very broad emission lines, unlike any known from stars, hence the name "quasi-stellar."
Kvarklar	hozirga tasavvurga ko‘ra barcha adronlarning tarkibiy qismlarini tashkil qiluvchi fundamental zarrachalar.	A quark (/'kwɔ:rk/ or /'kwa:rk/) is an elementary particle and a fundamental constituent of matter. Quarks combine to form composite particles called hadrons, the most stable of which are protons and neutrons, the components of atomic nuclei.^[1] Due to a phenomenon known as color confinement, quarks are never directly observed or found in isolation; they can be found only within hadrons, such as baryons (of which protons and neutrons are examples), and mesons. For this reason, much of

		what is known about quarks has been drawn from observations of the hadrons themselves.
Koinot	moddiy dunyoning kuzatish mumkin bo'lgan qismi.	part of the material world that can be observed. The Universe is all of time and space and its contents. The Universe includes planets , natural satellites , minor planets , stars , galaxies , the contents of intergalactic space , the smallest subatomic particles , and all matter and energy . The observable universe is about 28 billionparsecs (91 billion light-years) in diameter at the present time . The size of the whole Universe is not known and may be either finite or infinite.
Kollayder	zaryadlangan zarralarning qarama – qarshi dastalarining uchrashuvi yuz beradigan tezlatgich.	A collider is a type of particle accelerator involving directed beams of particles . Colliders may either be ring accelerators or linear accelerators , and may collide a single beam of particles against a stationary target or two beams head-on. Colliders are used as a research tool in particle physics by accelerating particles to very high kinetic energy and letting them impact other particles. Analysis of the byproducts of these collisions gives scientists good evidence of the structure of the subatomic world and the laws of nature governing it. These may become apparent only at high energies and for tiny periods of time, and therefore may be hard or impossible to study in other ways.
Kosmik	kosmik obektlarning	Space objects in the field of radio

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

		leptons), and neutral leptons (better known as neutrinos). Charged leptons can combine with other particles to form various composite particles such as atoms and positronium, while neutrinos rarely interact with anything, and are consequently rarely observed. The best known of all leptons is the electron.
Maydon yagona nazariyasi	elementar zarralar xossalari va o‘zaro ta’sirlarining barcha xilma – xilligini uncha kam sonli universal tamoyillarga keltirishga qaratilgan materiyaning yagona nazariyasi.	In physics, a unified field theory (UFT), occasionally referred to as a uniform field theory,^[1] is a type of field theory that allows all that is usually thought of as fundamental forces and elementary particles to be written in terms of a single field. There is no accepted unified field theory, and thus it remains an open line of research. The term was coined by Einstein, who attempted to unify the general theory of relativity with electromagnetism. The "theory of everything" and Grand Unified Theory are closely related to unified field theory, but differ by not requiring the basis of nature to be fields, and often by attempting to explain physical constants of nature.
Myuonlar	massasi elektron massasidan taqriban 207 marta katta va elektromagnit hamda kuchsiz o‘zaro ta’sirlarda ishtirok etuvchi zaryadlangan elementar zarralar.	The muon is an elementary particle similar to the electron, with electric charge of $-1\ e$ and a spin of $\frac{1}{2}$, but with a much greater mass. It is classified as a lepton. As is the case with other leptons, the muon is not believed to have any sub-structure—that is, it is not thought to be composed of any simpler particles. The muon is an

		unstable subatomic particle with a mean lifetime of 2.2 μs. Among all known unstable subatomic particles, only the neutron (lasting around 15 minutes) and some atomic nuclei have a longer decay lifetime; others decay significantly faster.
Neytron yulduzlar	yulduzlarning ichki tuzilishi nazariyasiga ko'ra ozgina elektronlar aralashgan neytronlardan o'ta og'ir atom yadrolari va protonlardan tashkil topgan eng zich yulduzlar.	A neutron star is a type of compact star. Neutron stars are the smallest and densest stars known to exist in the Universe. With a radius of only about 11–11.5 km (7 miles), they can, however, have a mass of about twice that of the Sun. They can result from the gravitational collapse of a massive star that produces a supernova. Neutron stars are composed almost entirely of neutrons, which are subatomic particles with no net electrical charge and with slightly larger mass than protons. They are supported against further collapse by quantum degeneracy pressure due to the phenomenon described by the Pauli exclusion principle.
Nukleosintez	yengilroq yadrolardan og'irroq yadrolar hosil bo'lishiga olib keluvchi yadroviy reaksiyalar zanjiri.	Nucleosynthesis is the process that creates new atomic nuclei from pre-existing nucleons, primarily protons and neutrons. The first nuclei were formed about three minutes after the Big Bang, through the process called Big Bang nucleosynthesis. It was then that hydrogen and helium formed to become the content of the first stars, and this primeval process is responsible for the present hydrogen/helium ratio of

		the cosmos. With the formation of stars, heavier nuclei were created from hydrogen and helium by stellar nucleosynthesis , a process that continues today.
Oq mittilar	massalari Quyosh massasi tarkibida boʻlgan va radiuslari Quyosh radiusining ~0,01 hissasini tashkil qiluvchi kichik yulduzlar.	A white dwarf , also called a degenerate dwarf , is a stellar remnant composed mostly of electron-degenerate matter . A white dwarf is very dense : its mass is comparable to that of the Sun , while its volume is comparable to that of Earth . A white dwarf's faint luminosity comes from the emission of stored thermal energy ; no fusion takes place in a white dwarf wherein mass is converted to energy. The nearest known white dwarf is Sirius B , at 8.6 light years, the smaller component of the Sirius binary star . There are currently thought to be eight white dwarfs among the hundred star systems nearest the Sun. ¹ The unusual faintness of white dwarfs was first recognized in 1910. The name <i>white dwarf</i> was coined by Willem Luyten in 1922. The universe has not been alive long enough to experience a white dwarf releasing all of its energy as it will take close to a trillion years.
Parsek	astronomiyada ishlatiladigan uzunlik birligi; 1pk=3,0857·10 ¹⁶ m.	A parsec (symbol: pc) is a unit of length used to measure large distances to objects outside the Solar System . One parsec is the distance at which one astronomical unit subtends an angle of one arcsecond . ^[1] A parsec is equal to about 3.26 light-years (31

		trillionkilometres or 19 trillion miles) in length. The nearest star, Proxima Centauri , is about 1.3 parsecs (4.24 light-years) from the Sun. Most of the stars visible to the unaided eye in the nighttime sky are within 500 parsecs of the Sun.
Pozitron	kattaligi jihatdan elektron zaryadiga teng musbat zaryadli, massasi elektron massasiga teng bo‘lgan elementar zarra, elektronga nisbatan antizarra.	The positron or antielectron is the antiparticle or the antimatter counterpart of the electron. The positron has an electric charge of +1 e, a spin of $\frac{1}{2}$, and has the same mass as an electron. When a low-energy positron collides with a low-energy electron, annihilation occurs, resulting in the production of two or more gamma rayphotons (see electron–positron annihilation). Positrons may be generated by positron emission radioactive decay (through weak interactions), or by pair production from a sufficiently energetic photon which is interacting with an atom in a material.
Fermion	yarim butun spinga ega bo‘lgan zarracha.	In particle physics, a fermion (a name coined by Paul Dirac from the surname of Enrico Fermi) is any particle characterized by Fermi–Dirac statistics. These particles obey the Pauli exclusion principle. Fermions include all quarks and leptons, as well as any composite particle made of an odd number of these, such as all baryons and many atoms and nuclei. Fermions differ from bosons, which obey Bose–Einstein statistics. A fermion can be an elementary particle, such as the electron, or it

		can be a composite particle, such as the proton. According to the spin-statistics theorem in any reasonable relativistic quantum field theory, particles with integer spin are bosons, while particles with half-integer spin are fermions.
Xabbl doimiysi	ko‘rinuvchi Koinotning kosmologik kengayishi tufayli gallaktikadan tashqari obektlarning uzoqlashishi tezliklari bilan ulargacha bo‘lgan masofalar orasidagi bog‘lanishlardagi mutanosiblik koeffitsiyenti.	The value of the Hubble constant is estimated by measuring the redshift of distant galaxies and then determining the distances to the same galaxies (by some other method than Hubble's law). Uncertainties in the physical assumptions used to determine these distances have caused varying estimates of the Hubble constant. The value of the Hubble constant was the topic of a long and rather bitter controversy between Gérard de Vaucouleurs, who claimed the value was around 100, and Allan Sandage, who claimed the value was near 50. In 1996, a debate moderated by John Bahcall between Sidney van den Bergh and Gustav Tammann was held in similar fashion to the earlier Shapley-Curtis debate over these two competing values.
Yulduz turkumlari	birday yoshdagi va birgalikda vujudga kelgan gravitatsion bog‘langan yulduzlar guruhlar.	Star clusters or star clouds are groups of stars. Two types of star clusters can be distinguished: globular clusters are tight groups of hundreds or thousands of very old stars which are gravitationally bound, while open clusters, more loosely clustered groups of stars, generally contain fewer than a few hundred members, and are

		often very young. Open clusters become disrupted over time by the gravitational influence of giant molecular clouds as they move through the galaxy, but cluster members will continue to move in broadly the same direction through space even though they are no longer gravitationally bound; they are then known as a stellar association, sometimes also referred to as a <i>moving group</i>.
Yulduzlar	gravitatsiya kuchlarining issiq modda (gaz) ning bosimi hamda nurlanishlar bilan muvozanati xisobiga barqaror bo‘lgan ulkan nurlanuvchi plazmaviy sharlar.	A star is a luminous sphere of plasma held together by its own gravity. The nearest star to Earth is the Sun. Other stars are visible to the naked eye from Earth during the night, appearing as a multitude of fixed luminous points in the sky due to their immense distance from Earth. Historically, the most prominent stars were grouped into constellations and asterisms, the brightest of which gained proper names. Extensive catalogues of stars have been assembled by astronomers, which provide standardized star designations. For at least a portion of its life, a star shines due to thermonuclear fusion of hydrogen into helium in its core, releasing energy that traverses the star's interior and then radiates into outer space.
Yadroviy astrofizika	yulduzlar va boshqa samoviy obektlarda sodir bo‘luvchi barcha yadroviy jarayonlarni tadqiq qiluvchi fan.	Nuclear astrophysics is an interdisciplinary branch of physics involving close collaboration among researchers in various subfields of nuclear physics and astrophysics, with significant emphasis in areas such

		as stellar modeling , measurement and theoretical estimation of nuclear reaction rates, cosmology , cosmochemistry , gamma ray , optical and X-ray astronomy , and extending our knowledge about nuclear lifetimes and masses. In general terms, nuclear astrophysics aims to understand the origin of the chemical elements and the energy generation in stars .
Qora o‘ra	gravitatsiya kuchlari jismni uning gravitatsiyaviy radiusidan kichikroq o‘lchamlargacha siqilishi natijasida yuzaga keluvchi kosmik obyekt.	A black hole is a region of spacetime exhibiting such strong gravitational effects that nothing—including particles and electromagnetic radiation such as light—can escape from inside it. The theory of general relativity predicts that a sufficiently compact mass can deform spacetime to form a black hole. The boundary of the region from which no escape is possible is called the event horizon .
Qorong‘i modda	Borliqning 23% noma’lum moddasi.	Dark matter is a form of matter thought to account for approximately 85% of the matter in the universe and about 23% of its total mass–energy density.
Qorong‘i energiya	Borliqning antigravitatsiya xususiyatiga ega 73% noma’lum energiyasi.	Dark energy is an unknown form of energy that affects and accelerates the universe on the largest scales.

VIII.ADABIYOTLAR RO'YXATI

I. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining asarlari

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

II. Normativ-huquqiy hujjatlar

1. O'zbekiston Respublikasining Konstitutsiyasi. – T.: O'zbekiston, 2023.
2. O'zbekiston Respublikasining 2020-yil 23-sentabrda qabul qilingan “Ta'lim to'g'risida”gi Qonuni.
3. O'zbekiston Respublikasining “Korrupsiyaga qarshi kurashish to'g'risida”gi Qonuni.
4. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2015-yil 12-iyundagi “Oliy ta'lim muassasalarining rahbar va pedagog kadrlarini qayta tayyorlash va malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish to'g'risida”gi PF-4732-sonli Farmoni.
5. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 27-maydagi “O'zbekiston Respublikasida korrupsiyaga qarshi kurashish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida”gi PF-5729-son Farmoni.
6. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 27-avgustdagi “Oliy ta'lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining uzluksiz malakasini oshirish tizimini joriy etish to'g'risida”gi PF-5789-sonli Farmoni.
7. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019-yil 23-sentabrdagi “Oliy ta'lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida”gi 797-sonli Qarori.
8. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 8-oktabrdagi “O'zbekiston Respublikasi oliy ta'lim tizimini 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida”gi PF-5847- sonli Farmoni.
9. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 29-oktabr “Ilm-fanni 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida”gi PF-6097-sonli Farmoni.
10. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 17-fevraldagi “Sun'iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish uchun shart-sharoitlar yaratish chora-tadbirlari to'g'risida”gi PQ-4996-son Qarori.
11. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi “2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida”gi

PF-60-son Farmoni.

12. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 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-sonli Farmoni.

13. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 11-sentabrdagi ““O‘zbekiston - 2030” strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-158-son Farmoni.

14. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 21-iyundagi “Aholi va davlat xizmatchilarining korrupsiyaga qarshi kurashish sohasidagi bilimlarini uzluksiz oshirish tizimini joriy qilish chora-tadbirlari to‘g‘risida” PQ-228-son Qarori.

III. Maxsus adabiyotlar

1. Oliy ta’limning meyoriy - huquqiy xujjatlari to‘plami. -T., 2013.
2. B.I.Ismailov, I.I.Nasriyev Korrupsiyaga qarshi kurashish bo‘yicha idoraviy chora-tadbirlarning samaradorligini oshirish masalalari//O‘quv-uslubiy qo‘llanma. - T.:O‘zbekiston Respublikasi Bosh prokuraturasi Akademiyasi, O‘zbekiston Respublikasi Sudyalar oliy kengashi. Sudyalar oliy maktabi, 2020.-272 b.
3. Юсуфжанов О., Усманова С. Зарубежный опыт противодействия коррупции. // -Т.: Адвокат, 2016. №5 - 59-62б.
4. O‘rinov V. O‘zbekiston Respublikasi oliy ta’lim muassasalarida ECTS kredit-modul tizimi: asosiy tushunchalar va qoidalar. O‘quv qo‘llanma. Nyu Bransvik Universiteti, 2020.
5. The European Higher Education Area. - Joint Declaration of the Ministers of Education. - Bologna, 1999, 19 June.
6. Shaping our Own Future in the European Higher Education Area // Convention of European Higher Education Institutions. - Salamanca, 2001, 29-30 march.
7. Виртуальная реальность как новая исследовательская и образовательная среда. Церфуз Д.н. и др. // ЖУРНАЛ Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России», 2015. – с.185-197.
8. Ibraymov A.YE. Masofaviy o‘qitishning didaktik tizimi. Metodik qo‘llanma. – T.: “Lesson press”, 2020. -112 б.
9. Игнатова Н. Ю. Образование в цифровую эпоху: монография. М-во образования и науки РФ. – Нижний Тагил: НТИ (филиал) УрФУ, 2017. – 128 с. http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/54216/1/978-5-9544-0083-0_2017.pdf
10. Кирьякова А.В., Ольховая Т.А., Михайлова Н.В., Запорожко В.В. Интернет-технологии на базе LMS Moodle в компетентностно-ориентированном образовании: учебно-методическое пособие / А.В. Кирьякова, Т.А. Ольховая, Н.В. Михайлова, В.В. Запорожко; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2011. – 116 с. http://www.osu.ru/docs/fpkp/kiryakova_internet_technologies.pdf
11. Кононюк А.Е. Облачные вычисления. – Киев, 2018. – 621 с.
12. Oliy ta’lim tizimini raqamli avlodga moslashtirish konsepsiyasi. Yevropa Ittifoqi Erasmus+ dasturining ko‘magida. https://hiedtec.ecs.uni-ruse.bg/pimages/34/3_UZBEKISTAN-CONCEPT-UZ.pdf
13. Emelyanova O. A. Ta’limda bulutli texnologiyalardan foydalanish // Yosh olim. - 2014. - № 3. - S. 907-909.

14. Moodle LMS tizimida masofaviy kurslar yaratish. O'quv-uslubiy qo'llanma. – T.: Toshkent farmatsevtika instituti, 2017.
15. M.Xurramov. Oliy ta'lim muassasalari faoliyatiga sun'iy intellekt texnologiyasini joriy etish [Matn]: metodik qo'llanma / M.Xurramov. K.Xalmuratova. – T.: “Yetakchi nashriyoti”, 2024. – 28 b.
16. Тенденции и развития высшего образования в мире и в России. Аналитический доклад-дайджест. - М., 2021.- 198 с.
17. A.S. Zikriyoyev. Dunyo universitetlari reytingidagi tadqiqotchi olimlar orasida o'zingizni kashf qiling. -T.: Navro'z,2020. ISBN.9789943659285
18. Sherzod Mustafakulov, Aziz Zikriyoev, Dilnoza Allanazarova, Tokhir Khasanov, Sokhibmalik Khomidov. Explore Yourself Among World – Class Researchers. Grand OLEditor, Tashkent 2019, ISBN: 8175 25766-0.
19. Ackoff, Russell L., Scientific Method, New York: John Wiley & Sons, 1962.
20. Barzun, Jacques & Graff. F. (1990). The Modern Researcher, Harcourt, Brace Publication: New York.
21. Muslimov N.A va boshqalar. Innovatsion ta'lim texnologiyalari. O'quv-metodik qo'llanma. – T.: “Sano-standart”, 2015. – 208 b.
22. Muslimov N.A va boshqalar. Pedagogik kompetentlik va kreativ asoslari. O'quv-metodik qo'llanma. – T.: “Sano-standart”, 2015. – 120 b.
23. Печеркина, А.А. Развитие профессиональной компетентности педагога: теория и практика [Текст]: монография/А.А.Печеркина, Э.Э.Сыманюк, Е.Л.Умникова: Урал. гос. пед. ун-т.–Екатеринбург:[б.и.], 2011. – 233 с.
24. О.С. Фролова. Формирование инновационной компетенции педагога в процессе внутришкольного повышения квалификации. Дисс.к.п.н. Воронеж 2018.
25. Компетенции педагога XXI века [Электронный ресурс]: сб. материалов респ. конференции (Минск, 25 нояб. 2021 г.) / М-во образования Респ. Беларусь, ГУО «Акад. последиплом. образования», ОО «Белорус. пед. о-во». – Минск: АПО, 2021.
26. Ishmuhamedov R.J., M.Mirsoliyeva. O'quv jarayonida innovatsion ta'lim texnologiyalari. – T.: «Fan va texnologiya», 2017, 60 b.
27. Ishmuhamedov R, Mirsoliyeva M, Akramov A. Rahbarning innovatsion faoliyati. – T.: “Fan va texnologiyalar”, 2019.- 68 b.
28. Коджаспирова Г.М. Педагогика в схемах, таблицах и опорных конспектах./ -М.:Айрис-пресс, 2016.
29. Натанзон Э. Ш. Приемы педагогического воздействия.-М, 2012.-202 с.
30. Сергеев И.С. Основы педагогической деятельности: Учебное пособие. – СПб.: Питер, 2014.
31. Schmidt W., Völschow M. // Numerical Python in Astronomy and Astrophysics. A Practical Guide to Astrophysical Problem Solving, Springer, 2021. — 257 p. — ISBN 978-3-030-70346-2
32. Schneider P. Extragalactic Astronomy and Cosmology: An Introduction // 2nd ed. - Springer, 2015. - 626 pp.
33. Д.И. Нагирнер // Элементы космологии // С.-Петербург, 2001
34. С.Хокинг // Теория всего / Москва: АСТ, 2018. — 160 с.: ил.

35. T.Axunov, K.Mirtadjiyeva // Astronomiyada kompyuter usullari (o'quv qo'llanma) // T.: "Universitet", 2024
36. T.Axmadjonov, M. Akramov // Fizik jarayonlarni kompyuterda modellashtirish // T.: "Universitet", 2024
37. M.Akramov, T.Axmadjanov // Fizik jarayonlarni kompyuterda modellashtirish, o' quv qo'llanma, T., 2024
38. Нагаева И.А., Кузнецов И.А. // Основы математического моделирования и численные методы, учебное пособие, Лань.: М. 2024, 204 с.
39. Peter Bodenheimer et al., // Numerical Methods in Astrophysics: An Introduction (Series in Astronomy and Astrophysics), CRC Press, 2007. — 330 p. — ISBN: 9780750308830
40. Слабнов В. Д. // Численные методы, учебное пособие, Лань.: М. 2024, 392 с.
41. A.A. Abdujabbarov, B.J. Ahmedov, Photons Motion and Optical Properties of Black holes, T., 2019, 184 pp.
42. Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж. Гравитация. Том 1. М.: Мир, 1977
43. Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж. Гравитация. Том 2. М.: Мир, 1977
44. Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж. Гравитация. Том 3. М.: Мир, 1977
45. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля, М. Наука, 1967.
46. Шапиров С. Л., Тюкольский С. А. Черные дыры, белые карлики и нейтронные звезды. В 2 часа М., 1985 г.
47. Вайнберг С. Гравитация и космология. М.: Мир, 1975.
48. Фролов В., Новиков И. Физика черных дыр: основные понятия и новые разработки. Ключев, 1998 г.
49. Грабовский, Р.И. Курс физики: Учебник / Р.И. Грабовский. – СПб.: Лань, 2012. – 608 с.
50. Колесников, А.А. Гравитация и самоорганизация / А.А. Колесников. – М.: Либроком, 2016. – 116 с.
51. Нагирнер Д.И. Элементы космологии; [без обозначений] – М., 2016. – 274 с.
52. Пенроуз Р. Структура пространства-времени; [без обозначений] – М., 2015. – 793 с.
53. Уиллер, Дж. Гравитация, нейтрино и Вселенная / Дж. Уиллер. – М.: Йоёй Медиа, 2013. – 598 с.
54. Фаритов, Т.А. Курс общей физики: Учебник / Т.А. Фаритов. – СПб.: Лан П, 2016. – 656 с.
55. Баранов А.А., Колпациков В.Л. Релятивистск
56. Грабовский, Р.И. Курс физики: Учебник / Р.И. Грабовский. – СПб.: Лань, 2012. – 608 с.
57. Колесников, А.А. Гравитация и самоорганизация / А.А. Колесников. – М.: Либроком, 2016. – 116 с.
58. Нагирнер Д.И. Элементы космологии; [без обозначений] – М., 2016. – 274 с.
59. Пенроуз Р. Структура пространства-времени; [без обозначений] – М., 2015. – 793 с.

60. Фаритов, Т.А. Курс общей физики: Учебник / Т.А. Фаритов. – СПб.: Лан П, 2016. – 656 с.

IV. Elektron ta'lim resurslari

1. www.edu.uz.
2. www.aci.uz.
3. www.ictcouncil.gov.uz.
4. www.lib.bimm.uz
5. [www. Ziyonet. Uz](http://www.Ziyonet.Uz)
6. www.sciencedirect.com
7. «Astronomy on line» (www.eso.org/outreach/spec-prog/aol/,
www.astrolab.ru/)
8. [http:astronet.ru](http://astronet.ru).
9. [http://ziv.telescopes.ru/rubric/astronomy/ index.html?pub=1](http://ziv.telescopes.ru/rubric/astronomy/index.html?pub=1)
10. <http://grani.ru/Society/Science/m.71591.html>
11. <http://www.msu.ru/>
12. http://zipsites.ru/human/astronom_kurs/
13. <http://cosmo.labrate.ru/>