

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМИ ВАЗИРЛИГИ**

**МУҲАММАД АЛ-ХОРАЗМИЙ НОМИДАГИ
ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
УРГАНЧ ФИЛИАЛИ**

*“Табиий ва умумқасбий фанлар” кафедраси катта ўқитувчиси
Бобожонов Комилжон Абдушарипович*

*Коинотни катта портлаш натижасида
яратилиши, инфляция жараёни*

РЕФЕРАТ



**Боғланиш учун телефон: (62) 224-61-28 (иш);
(97) 211-86-68(моб)**

Email: kamil73_73@mail.ru

**Коинотни катта портлаш натижасида яратилиши, инфляция
жараёни**

Режа

1. Космология фаннинг ривожланиш тарихи
2. Микротўлқин нурланиш космик фони
3. Катта портлаш
4. Модданинг пайдо бўлиши

Таянч иборалар: *Катта портлаш, галактикалар тезланиш билан узоқлашиши, инфляция эраси, нуклеосинтез, Хаббл доимийси, модданинг пайдо бўлиши*

2.1. Космология фаннинг ривожланиш тарихи

Қуйида биз экстремал астрофизик шароитлари вужудга келувчи учта объектни мисол тариқасида келтирамиз: бошланғич даврдаги коинотнинг ривожланиши, космик гамма-чақнашлар (гамма-всплески), ва яқинда галактикамизда очилган “микровазарлар”¹.

Космологияда асосий муаммо Коинотнинг ривожланиш моделини танлаш билан боғлиқ (очиқ – чексиз космологик кенгайиш; ёпиқ – дастлабки ўта зич модданинг кенгайиши кейинги даврлардаги сиқилиш билан алмашиши) ва “Катта портлаш”дан кейин коинотнинг дастлабки кенгайиш сценарийсини аниқлашдан иборат.

Коинотнинг ҳозирги замондаги кенгайиш суръати Хаббл доимийси билан аниқланади $H = 50 - 100 \text{ (км/с)/Мпк}$ (яъни кузатувчидан ҳар Мегапарсекка узоқлашганда объектлар 50-100 км/с тезлик билан узоқлашади).

¹ Сивухин Д.В, Курс общей физики, учебное пособие для вузов, т. 5 – Атомная и ядерная физика, 3-е издание, ФИЗМАТИЗ, 2011.

Объект қанча узоқда жойлашган бўлса, у шунчалик катта тезлик билан биздан узоқлашади).

$$v=Hr$$

бу ерда v – объектнинг кузатувчидан узоқлашиш чизикли тезлиги, r – кузатувчидан объектгача бўлган масофа.

Коинотнинг очик ёки ёпиқлиги узоқдаги объектлар тезлигининг критик тезликдан катта (очик, $v > v_{cr}$) ёки кичик (ёпиқ, $v < v_{cr}$) лиги билан аниқланади.

Коинот эволюциясининг конкрет схемасининг қандай бўлишидан катъий назар ҳозирги пайтда “Коинотнинг иссиқ модели” тўғри деб ҳисобланади. Бунда коинот ривожланишининг дастлабки даврида ҳарорат ва зичлик анча катта қийматларга эга бўлган. Дастлабки пайтдаги модда тўла ионлашган ҳолда бўлган ва нурланишнинг эркин югуриш йўли коинотнинг ўлчамларига нисбатан кичик бўлган². Натижада модда ва нурланиш термодинамик мувозанат ҳолатида бўлган ва унинг нурланиш спектри Планк формуласи билан тавсифланган ва қуйидаги частота $\omega \approx 2.8 kT/\hbar$, \hbar – Планк доимийси. Кенгайиш жараёнида модда ва температура камайиб борган ва “Катта портлаш”дан сўнг тахминан миллион йилдан $T \approx 5 \cdot 10^3 K$ бўлган ва ионларнинг электронлар билан рекомбинация жараёни бошланиб, нейтрал атомлар пайдо бўла бошлаган. Нейтрал моддалар нурланиш билан ўзаро таъсири нисбатан кучсиз бўлганлиги сабабли “реликт” (қолдиқ) нурлар квантларининг эркин югуриш йўли коинотнинг ўлчамларидан катта бўлиб қолган. Ана шу “рекомбинация даври”дан бошлаб модда ва “реликт нурлари” мустақил равишда ривожланиб келган. Кенгаювчи коинотда Допплер эффекти кузатиловчи реликт нурланиши частотасининг камайишига ва нурланиш спектрини аниқловчи температуранинг камайишига олиб келади³. Ҳозирги даврда реликт нурланиш температураси 2,7 К га тенг ва у сантиметр ҳамда миллиметр радиотўлқинлар диапазонида кузатилади. Шунини таъкидлаш

² L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.

³ Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.

жоизки, реликт нурланиш 10-12 миллиард йил илгари рекомбинация давридаги коинот структураси тўғрисидаги маълумотларни ўзида сақловчи ягона манба бўлиб ҳисобланади.

Галактикаларнинг узоқлашиши

Буюк физик олимлар И. Ньютон ва А. Эйнштейнлар коинотни статик деб ҳисоблаганлар. И. Ньютон коинотнинг сиқилишидан қўрқиб, ундаги галактикалар сонини чексиз катта деб ҳисоблаган. А. Эйнштейн 1917 йилда эса ўзининг умумий нисбийлик назариясида катта массага эга бўлган осмон жисмларининг бир-биридан узоқлашишини тавсифлаш учун сунъий равишда космологик хадни киритган. Шу йилнинг ўзида америкалик олим В. Слайфер космик туманликларнинг узоқлашиши ҳақидаги илмий ишини чоп этган, 1924 йилда эса рус олими А. Фридман узоқлашувчи галактикалар назарияси – кенгаювчи Коинот назариясини ишлаб чиқди. Ушбу назария бизнинг оламни тушунишдаги тасаввурларимиз учун революцион кашфиёт бўлди⁴.

1929 йилда америкалик Э. Хаббл галактикаларнинг узоқлашишини кузатув натижалари орқали исботлади ва Фридман гипотезаси узоқлашаётган галактикалардан (разбегающие галактики) келаётган электромагнит нурларнинг қизил силжиши натижасида экспериментал тасдиғини топди. Галактикаларнинг узоқлашиш тезлиги уларгача бўлган масофага пропорционал эканлиги аниқланди. Ушбу экспериментал натижалар ёрдамида Коинотнинг ёши бахоланди – бу ёш тахминан 15 миллиард йилга тенглиги аниқланди. Шундай қилиб космологияда янги давр бошланди.

Табиий савол ўз-ўзидан туғилади: Коинот ривожланишининг бошида нима бўлган?

XX асрнинг 40-йилларида буюк олим Г. Гамов олам яратилишининг янги назариясини таклиф этди. Унга кўра бизнинг коинот Катта портлаш натижасида вужудга келган (расмга қаранг).

⁴ James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

2.2. Микротўлқин нурланиш космик фони

Ушбу қисмда биз радионурланишларнинг сочилиш фони қилиш ҳақида гап юритамиз. Текширилаётган радиофон Коинотнинг бошланғич даврида пайдо бўлиб, астрофизика фанида, жумладан Коинотнинг яратилишини тушуниш учун катта аҳамиятга эгадир. Америкалик олимлар А. Пензиас ва Р. Вилсоннинг асосий мақсади бизнинг Галактикадан чиқадиган радиофонни ўлчашга қаратилган эди. Ушбу натижани олишдаги асосий қийинчиликлар шундан иборат эдики, Ердаги маълум бўлган статистик разрядлардан келаётган радиошовқинларни Галактиканинг радиофонидан ажратиш масаласи эди. Юқорида қайд этилган электрик шовқинлар радиоантенна қурилмалардаги ёки кучайтиргич занжирларида пайдо бўлади, улар электронларнинг тартибсиз ҳаракатига боғлиқдир ҳамда антенна қабул қиладиган Ер атмосферасининг радиошовқинларидан ажратиш масаласи ушбу тажрибанинг асосий муаммоси эди.

1964 йилда Пензиас ва Вилсон йўналишларга боғлиқ бўлмаган 7,35 м. тўлқин узунлигида микротўлқин шовқинининг мавжудлигини исботлашган ва унинг катта миқдорга тенг эканлигини аниқлашган. Тажрибалар натижасида маълум бўлдики, топилган статистик фон йилларнинг фаслига ҳам, куннинг кеча кундузига ҳам боғлиқ эмас. Топилган радиофоннинг интенсивлигини баҳолаш учун физика фанида маълум бўлган натижаларга мурожаат қилинди. Ихтиёрий ҳароратдаги жисм абсолют ноль температурада ҳам, юқори ҳароратда ҳам моддадаги электронларнинг иссиқлик ҳаракати натижасида доимо радиошовқинларни юзага келтиради. Шу сабабдан, муайян тўлқин узунлигида кузатиладиган радиотўлқиннинг интенсивлиги эквивалент температуралар орқали ифодалаш мумкин, яъни ҳарорат қанча юқори бўлса, радиофоннинг интенсивлиги шунча катта бўлади.

А. Пензиас ва Р. Вильсон кузтувлари ва изланишлари натижасида шу нарса маълум бўлдики, улар томонидан қабул қилинган радиошовқинга мос келувчи эквивалент температура $3,5^0 \text{ K}$ га тенг. Олинган бу натижа астрофизика ва космология фанларида улкан ютуқ деб ҳисобланада, аҳамият

жихатдан уни фақат қизил силжишни кашф этиш билан солиштириш мумкин. Ушбу олимлар 1974 йилда Нобель мукофотига сазавор бўлишди.

Шундай қилиб, микротўлқин нурланишининг космик фонини кашф этилиши қуйидаги ҳулосаларга олиб келди:

1. Доимий кенгаиш жараёнида бўлган Коинот уни тўлдирувчи нурланишнинг космик фони ҳарорати $3,5^0 \text{ K}$ тенг бўлган абсолют қора жисм нурланишининг ўзгинаси эканлиги тасдиқланди.

2. Коинотдаги мавжуд модда ва нурланиш қайсидир вақтда иссиқлик мувозанат ҳолатида бўлади. Бошқача сўз билан айтганда, бошланғич давр да 3000^0 K ҳароратида Коинотнинг таркибида ҳозирдагидек галактикалар ва юлдузлар бўлмаган, у фақат модда ва нурланишдан иборат бўлган.

3. Коинотда шундай давр бўлганки, унда нурланиш энергия қиймати моддада мужассамланган энергия қийматидан анча катта бўлган

Маълумки, Эйнштейн формуласига биноан ядро заррачасида жойлашган энергия қиймати 939 МэВ тенг, абсолют қора жисмнинг $3,5^0 \text{ K}$ даги фотоннинг ўртача энергияси $0,0007 \text{ эВ}$ тенг. Шу сабабдан ҳозирги даврдаги Коинот энергиянинг асосий қисми нурланиш қисмида эмас, балки модда кўринишда намоён бўлади. Лекин аввалда Коинотда температура анча катта қийматларни қабул қилиши муносабати билан фотоннинг энергияси ҳам катта қийматларни қабул қилган, аммо нейтрон ёки протон массасида мужассамланган энергия деярли ўзгармасдан ҳар доим бир хил қийматда бўлган.

А. Пензиас ва Р. Вильсон кашфиёти туфайли, микротўлқин нурланиши Коинот иссиқлик мувозанат ҳолатида бўлганидагина содир бўлганлиги аниқланди. Ушбу нурланиш фонининг хусусиятларини ўрганиб чиқиш учун модда билан иссиқлик мувозанатда бўлган нурланишнинг умумий хусусиятларини ўрганиб чиқиш зарур. XIX асрнинг охири йилида Макс Планк томонидан абсолют қора жисмнинг нурланиш спектрини тушунтириш учун назария ишлаб чиқди ва натижада Планк формуласи яратилди. Ушбу формулага биноан бирлик хажмда нурланишнинг энергия миқдори

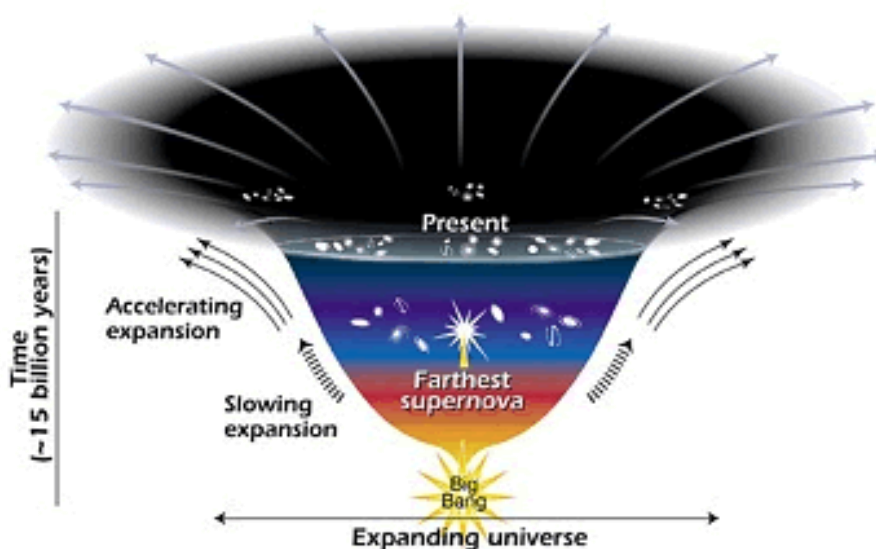
нурланишнинг фақат тўлқин узунлигига ва температурасига боғлиқ. Шу формулага асосан ёруғлик ўтказмайдиган қути ичидаги нурланиш миқдорини ҳам ҳисоблаш мумкин. Айнан шу сабабдан, А. Пензиас ва Р. Вильсон кузатган радиошовқиннинг интенсивлигини эквивалент температура тушунчаси билан ифодалаш мумкин. Демак, бир миллион йил мобайнида иссиқлик мувозанатда ҳолатида бўлган модда ва нурланиш даврида, Коинот абсолют қора жисмнинг нурланишлари билан тўлдирилган бўлиши керак. Шундай қилиб, абсолют қора жисмнинг нурланиш назариясига асосланиб, нурланишининг космик фонини тушунтириб беришимиз мумкин. Масалан $\lambda=1\text{cm}$ га тенг тўлқин узунлигига мос энергия қиймати $0,000124$ эв га тенг. Пензиас ва Вильсон аниқланган $7,35$ см тенг тўлқин узунлигига тенг энергия миқдори ҳисоблаш учун биз $0,000124\text{эв}$ ни $7,35$ см га бўламиз ва натижада $0,000017$ эв энергия қийматини оламиз. Шу билан бирга кўринадиган спектрга мос тўлқин узунлиги $\lambda = 5 \times 10^{-5}$ см тўлқин узунлигига мос келувчи энергия қиймати $0,000124\text{эв} \times 20\,000 = 2,5$ эв га тенг. Юқоридаги иккала ҳолда ҳам фотонни энергияси жуда кичик қийматни қабул қилган ва шу сабабдан фотонлар бирлашиб, узлуксиз энергия оқимини ҳосил қилишади. Келтирилган рақамларнинг кичиклигини тасаввур қилиш учун водород атомидан электронни узиб чиқаришга сарфланадиган энергия миқдорини эслайлик. Маълумки бу рақам $13,55$ эв га тенг. Иккинчидан, Қуёш нурларининг таркибидаги фотонларнинг энергияси электронвольтларда ўлчанади, ҳаётимиз учун зарур бўлган кимёвий реакциялар, масалан фотосинтез реакциялари амалга оширилади. Ядро реакциялардаги энергия миқдори умуий ҳолда миллион электронвольтларга пропорционал, айнан шу сабабдан 1 грамм плутонийдаги энергия миқдори 1 тонна тринитротолуолга тенг. Шундай қилиб, абсолют қора жисмнинг нурланиш энергиясининг катта қисми $0,29$ см тенг тўлқин узунлигига мос келади, агарда $T=1\text{K}$ тенг бўлса, температура ошган сари тўлқин узунлиги пропорционал равишда камаяди.

2.3. Катта портлаш.

Коинотнинг қандай тузилганлиги ҳақида маълумотлар инсоният яратган асбоблар ёрдамида кузатиш мумкин бўлган узоқ масофаларни ўрганиш орқали аниқланади. Ушбу масофалар астрономияда ишлатилувчи масофа ёруғлик йили бирликлари билан тавсифланса ($1 \text{ ёруғлик йили} = 9.5 \cdot 10^{12} \text{ км}$ ёки $\sim 0.3 \text{ парсек}$, $1 \text{ парсек} \sim 3.1 \cdot 10^{13} \text{ км}$), энг узоқда жойлашган объектларгача бўлган масофа 5000 миллион парсек ёки 15 миллиард ёруғлик йилига тенг! Ҳозирги кунда кузатилаётган Коинот улкан юлдузлар йиғиндиси – галактикалардан ва юлдузлараро муҳитдаги газлардан иборат. Аслида эса Коинот модда ва нурланишлардан иборатдир⁵.

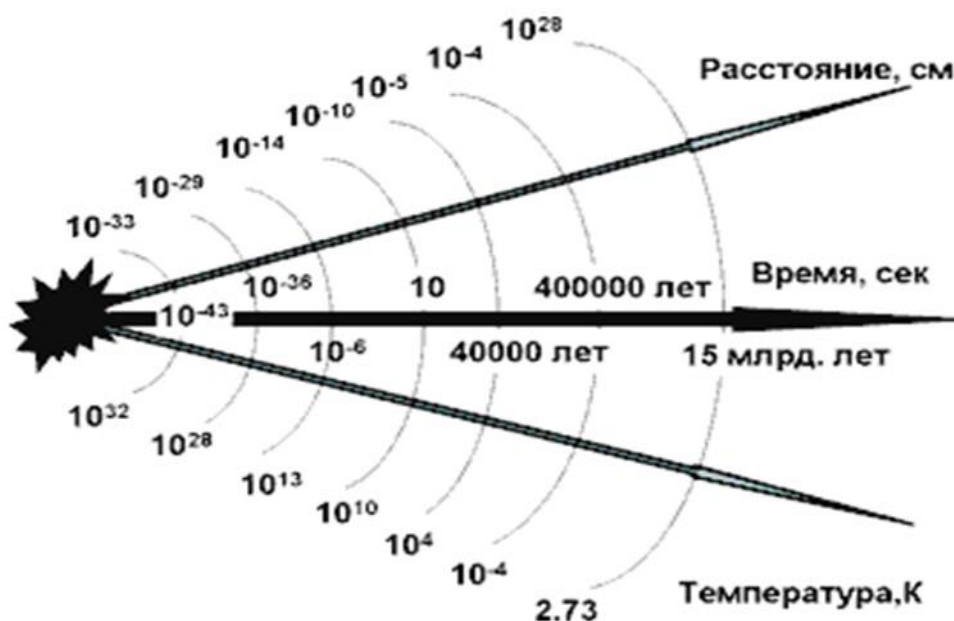
Дастлаб Коинотдаги модда ҳақида суҳбатлашамиз. Маълумки, модда атом ядроларидан – нуклидлардан ташкил топган. Ядро эса ўз навбатида протонлар ва нейтронлар жойлашган. Уларни нуклонлар деб аташади. Протонлар сони ядронинг зарядини аниқлаб беради (Z), протон ва нейтронларнинг (N) умумий сони унинг масса сони дейилади (A), яъни $Z + N = A$. Шундай қилиб ядронинг икки параметри – Z ва A – нуклид ва модданинг характеристикасини аниқлаб беради.

⁵ James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.



1-расм. Коинотнинг катта портлашдан кейин кенгайishi.

Масалан коинотда энг енгил саналган ва кенг тарқалган Водород атоми учун $Z=1$ (унинг белгиланиши – ^1H), оғир ядролардан бири саналган уран учун эса $Z = 92$ (^{92}U). Астрофизиканинг асосий вазифаларидан бири бу коинотдаги мавжуд бўлган 300 га яқин нуклидларнинг пайдо бўлиши ва тарқалганлик тақсимотини ўрганишдан иборат.



2-расм. Катта портлаш диаграммаси – Кенгаювчи коинотнинг характеристикаси ва пайдо бўлиши ҳамда асосий даврлари. 10^{-43} секундгача ҳамма ўзаро таъсирларнинг Буюк бирлашиши даври хукмронлик сурган ва 10^{-6} секундда кваркларнинг адронларга бирлашиши билан тугаган. 10 секунддан бошлаб радиацион эра бошланган, яъни нурланиш зичлиги модда зичлигидан катта бўлган. 40000 йилдан сўнггина модданинг зичлиги нурланиш зичлигидан устун бўла бошлаган. Бунинг натижасида атомлар пайдо бўла бошлаган (4.000.000 йилдан сўнг). Модданинг доминант даври 15 миллиард йил ўтгач ҳам бизнинг вақтимизгача сақланиб келмоқда.

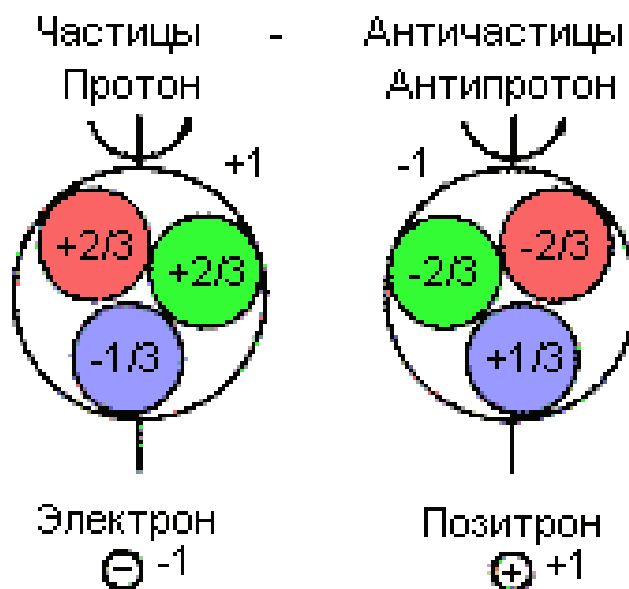
Катта портлаш бу дастлабки пайтдаги Коинотнинг кичик хажмида мужассамлашган улкан зичлик, температура ва босимнинг кенгайиш жараёнида пасайиб боришидир. Дастлабки пайтда Коинот 10^5 г/см³ зичликка ва 10^{10} К температурага эга бўлган. Таққослаш учун Қуёшнинг марказидаги температура ушбу хароратдан 1000 марта кичикдир.

Коинот эволюциясининг дастлабки даврлари.

Инфляция эраси

Инфляцион эра деб номланган қисқа муддат ичида (10^{-36} сек) кичкинагина коинотимиз фундаментал заррачалардангина иборат бўлган. Ушбу фундаментал заррачалар нуклидлар, протонлар ва нейтронлардан фарқли равишда бўлинмасдир. Ушбу заррачалар фермионлар бўлиб, протон ва нейтронларнинг таркибий қисмини ташкил этади ва бир-бири билан ягона ўзаро таъсир кучлари орқали таъсирлашган (ушбу таъсир кучлари фақат коинотнинг дастлабки этапида мавжуд бўлган). Ушбу ўзаро таъсир бозонлар орқали амалга оширилган. Бундай бозонларнинг тўрт тури маълум – фотон (гамма квант), глюон ва иккита W ва Z бозонлар. Фундаментал заррачаларнинг ўзлари эса 6 хил кварклар ва 6 хил лептонлардан иборат фермионлардир. Айнан шу 12 та фундаментал заррачалар гуруҳи ва 4 та бозонлар дастлабки

Коинотнинг “хамиртуруши”ни ташкил этган. Шу ўринда булардан ташқари хар бир фундаментал зарранинг антизарраси бор эканлигини хам қайд этиш лозим⁶. Анти заррача заррачадан қайсидир зарядининг ишораси билан фарқ қилади. Энг содда холда бу заряд электр заряди бўлиши мумкин (расмга қаранг). Масалан лептонлардан бири электрон манфий ва мусбат зарядга эга бўлиши мумкин. Мусбат зарядланган лептон позитрон деб номланади ва у электроннинг антизаррчасидир. Антизаррачалар фотон ва айрим заррачалардан ташқари (улар учун анти заррачалар хам ўзлари ҳисобланадилар) барча заррачаларда мавжуд.



3-расм. Заррачалар (протон ва электрон) ва уларнинг антизаррачалари – антипротон ва позитрон. Агар электрон ва позитрон бир-биридан фақатгина электр зарядлари билан фарқланса, протон ва антипротон эса ички структураларининг фарқи билан ҳам ажралиб туришади (кварклар ва антикварклар). Заррача ва антизаррачанинг спини эса бир ҳил бўлади.

⁶ T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I, Cambridge University Press, 2010

Коинотнинг дастлабки пайтидаги ўта юқори температура зарраларнинг ўзаро тўқнашуви ва бошқа заррачаларга айланишини вужудга келтирган. Масалан, иккита фотондан электрон ва позитрон жуфтлиги пайдо бўлган, уларнинг ўзаро тўқнашуви эса (зарра ва антизарранинг тўқнашуви – аннигиляция дейилади) яна фотонларнинг пайдо бўлишига олиб келади

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

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

Нейтрино (ν) ва антинейтрино ($\bar{\nu}$) ларнинг пайдо бўлиши ҳам мумкин бўлган

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

Нейтрино ва антинейтринонинг тўқнашуви эса ўз навбатида электрон ва позитрон жуфтлигини ҳосил қилган. Ўта юқори температура зарраларнинг ўзаро тўқнашуви ва бошқа заррачаларга айланиши қайнаб турган “шўрвага” ўхшаб кетади, бунда “шўрвадаги” зарра ва антизарралар сони бир-бирига тенг. Бу Коинот билан бир қаторда Антикоинотнинг мавжудлиги келиб чиқади.

Хозирги замон физик тасаввурларга кўра Катта портлашдан кейин пайдо бўлган фермион ва бозонлар бўлинмас деб ҳисобланади. Бу уларнинг ички структураси тўғрисида маълумотнинг йўқлигини англатади. Фермион ва бозонлар Коинот ривожланишининг 10^{-10} сек гача массасиз заррачалар бўлган кичик коинотнинг “қайнаб турган шўрваси”нинг асосий ташкил этувчиси бўлган⁷.

⁷ Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.

Коинот ривожланишининг дастлабки 10^{-36} секундида ягона таъсир назарияси барбод бўлди. Ўзаро таъсирларнинг табиати ўзгара бошлади. Юқори харорат фундаментал заррачалардан оғирроқ зарралар ҳосил қилиш имконини бермаган. Кейинги 1 мкс дан сўнг Коинот совиши натижасида кичик заррачалар массага эга бўла бошлайдилар ва коинотнинг ўлчами 10^{-14} см га тенг бўлиб қолади. Шу пайтда Коинотдаги моддани ташкил этувчи “ғишт”лари – кварклар пайдо бўла бошлайди. Кваркларнинг ўзаро бирлашиб, массив заррачалар – адрон ва антиадронлар ҳосил бўла бошлади. Коинотнинг совиши адронлар сонининг лептонлар сонига нисбатан пасайишига олиб келди. Лептонлар орасида нейтринолар ҳам бор. Коинотнинг ёши 10 сек бўлганда массага эга бўлмаган нейтрино қолган зарралардан мустақил равишда кенгая бошлади. Ушбу нейтринолар реликт нейтринолари деб аталади. Ушбу нурланишлар ҳозирги пайтгача сақланиб келмоқда.

Анигиляция суръатининг ошиши фотонлар сонини ортишига олиб келди. Коинот деярли фотонлар ва нейтринолардан иборат бўлиб қолди. Коинот ривожланишининг бу даври радиацион давр деб аталади. Коинотнинг янада кенгайиши эса 10 минг йиллардан сўнг модда зичлигининг нурланиш зичлигидан ортишига олиб келди.

Коинот эволюциясининг дастлабки давларида физик жараёнлар, ўзаро таъсирлар жуда тез содир бўлади ва уларни вақт ўқида бир хил кесмаларга ажратиб ўрганиш жуда ноқулай. Чунки, дастлабки даврларда жуда кўп жараёнлар қисқа вақт ичида рўй беради, кейинги даврларда эса воқеалар жадаллиги анча сустлашади. Шунинг учун коинот кенгайишини унинг харорати камайиши бўйича даврларга ажратиб ўрганиш анча қулай ҳисобланади.

Коинот харорати 10^{12} К дан катта бўлган даврдаги унинг қандай ривожлангани ҳозирги замон назарий физика мутахассислари учун ҳам

жумбоқлигича қолмоқда. Ушбу даврда коинот ўлчамлари жуда кичик бўлган ва у жуда кўп сондаги пи мезонлар ва шу каби заррчалардан ташкил топган. Албатта улар кучли ўзаро таъсир кучлари билан таъсирлашади ва бу кучлар, масалан хозирги даврдаги атом ядроларининг стабиллигини таъминлаб беради. Аммо бундай таъсирда қатнашувчи зарралар сонининг меъёрдан кўп бўлиши назарий ҳисоб китобларни мураккаблаштириб юборади ва ўта юқори хароратларда ушбу назариялардан фойдаланиш деярли имконсиз бўлиб қолмоқда. Биз суҳбатимизни коинот пайдо бўлгандан сўнг 0.01 с ўтгандан кейинги эволюцияси билан бошлаймиз. Бу даврда коинот харорати 10^{11} К атрофида бўлган.

1 жадвал. Элементар заррачаларнинг хусусиятлари

Частица	Символ	Энергия покоя, 10^6 эВ	Пороговая темпера- тура, 10^9 К	Эффективное число разновидностей	Среднее время жизни, с
Фотон	γ	0	0	$1 \times 2 \times 1 = 2$	Стабилен
Лептоны					
Нейтрино	$\nu_e, \bar{\nu}_e$	0	0	$2 \times 1 \times 7/8 = 7/4$	Стабильно
	$\nu_\mu, \bar{\nu}_\mu$	0	0	$2 \times 1 \times 7/8 = 7/4$	Стабилен
Электрон	e^-, e^+	0,511	5,930	$2 \times 2 \times 7/8 = 7/2$	Стабилен
Мюон	μ^-, μ^+	105,66	1226,2	$2 \times 2 \times 7/8 = 7/2$	$2,197 \cdot 10^{-6}$
Адроны					
Пи-ме- зоны	π^0	134,96	1566,2	$1 \times 1 \times 1 = 1$	$0,8 \cdot 10^{-16}$
	π^+, π^-	139,57	1619,7	$2 \times 1 \times 1 = 2$	$2,60 \cdot 10^{-8}$
Протон	p, \bar{p}	938,26	10,888	$2 \times 2 \times 7/8 = 7/2$	Стабилен
Нейтрон	n, \bar{n}	939,55	10,903	$2 \times 2 \times 7/8 = 7/2$	920

2.Жадвал Нурланиш турларининг хусусиятлари

Излучение	Длина волны, см	Энергия фотонов, эВ	Температура черного тела, К
Радио (до УВЧ)	> 10	$< 0,00001$	$< 0,03$
Микроволновое	$0,01-10$	$0,00001-0,01$	$0,03-30$
Инфракрасное	$0,0001-0,01$	$0,01-1$	$30-3000$
Видимое	$1 \cdot 10^{-5}-10^{-4}$	$1-6$	$3000-15\,000$
Ультрафиолетовое	$10^{-7}-2 \cdot 10^{-5}$	$6-1000$	$15\,000-3 \cdot 10^6$
Рентгеновское	$10^{-9}-10^{-7}$	$1000-100\,000$	$3 \cdot 10^6-3 \cdot 10^8$
Гамма-излучение	$< 10^{-9}$	$> 100\,000$	$> 3 \cdot 10^8$

Биринчи этап .

Коинотнинг температураси 100 миллиард градус Келвин (10^{11} К) га тенг.Коинот хамма жойда бир хил хоссага эга бўлган, бир жинсли модда ва нурланишлардан иборат. Бунда хар бир заррача бошқа заррачалар билан доимо тез-тез тукнашувда бўлади.Шу сабабдан Коинотнинг тез кенгайишига карамасдан у идеал иссиқлик мувозанат ҳолатида турибди. Коинотни ташкил этувчи қисмлари статистик механиканинг қонунларига тўла бўйсинади ва бу биринчи этапгача бўлган ҳодисаларга боғлиқ эмас. Ушбу этапда коинот температураси 100 миллиард градус Кельвин (10^{11} К) га тенгвабарча сақланувчи катталиклар,яъни заряд,барион сони, лептон сонининг қийматлари жуда кичик қийматларни қабул қилади ёки нолга тенг.

Ушбу этапда чегаравий температураси 10^{11} К дан кичик бўлган заррачаланинг сони Коинотда жуда кенг тарқалган. Улар электрон ва унинг антизаррачаси позитрон,ҳамда тинч ҳолатдаги массаси нолга тенг бўлган заррачалар—фотон, нейтрино ва антинейтринолардир. (1-жадвалга қаранг).

Коинотнинг зичлиги шунчалик катта қийматларни қабул қилганки, нейтрино каби катта қалинликдаги кўрғошин деворлардан бемалол ўта оладиган заррачалар ҳам, электронлар, позитронлар ва фотонлар билан ўзаро тўқнашувлари ҳисобига иссиқлик мувозанат ҳолатида сақланиб қоладилар. Демак, шу даврдаги коинот зичлиги ҳозирдаги кўрғошин зичликларидан анча катта бўлган.

Иккинчидан, 10^{11} К температура электронлар ва позитронлар учун чегаравий температурадан анча катта. Бундан қўйидаги ҳулоса келиб чиқади: бу заррачалар фотон ва нейтрино заррачаларига ўхшабўзларини худди бошқа нурланишлари каби тутди. Ушбу турли ҳил нурланишларнинг энергия зичликлари қандай қийматларни қабул қиладилар? 1 жадвалга мувофиқ электронлар ва позитронлар биргаликда фотон энергиясининг $7/4$ қисмини, нейтрино ва антинейтрино эса электрон ва позитронларнинг энергияси қийматига тенг энергияга эга бўладилар. Агар фотон энергиясини 1 деб олсак, у ҳолда, тўла энергия зичлигининг нурланиш энергияси зичлигига нисбати қўйидагига тенг:

$$7/4 + 7/4 + 1 = 9/2.$$

Стефан-Больцман қонунига асосан 10^{11} К температурада электромагнит нурланишнинг энергия зичлигини қиймати $4,72 \times 10^{41}$ эВ/см³ га тенг. Демак ушбу температурада Коинотдаги энергиянинг тўла зичлиги $9/2$ маротаба катта бўлганёки 21×10^{41} эВ /см³га тенг. Бу қиймат масса зичликлари орқали ифодалаганда 3,8 миллиардг/см³га эквивалентдир, ёки Ер шароитидаги сув зичлигининг 3,8 миллиард марта кўпдир. Масса зичлиги эквиваленти ҳақида гапирганимизда, биз табиийки, Эйнштейннинг $E = mc^2$ формуласига асосланган ҳолда энергияни массага айлантирамыз.

Биринчи этапда Коинот тез кенгайди ва совийди. Коинотнинг кенгайиш тезлиги унинг бирор бир қисмининг ихтиёрий марказидан узоқлашиш

тезлиги билан аниқланади.

Биринчи этапга мос келувчи даврда протонлар сони унча катта бўлмаган: миллиард фотон, электрон ва нейтринога битта протон мос келган. Протонлар ва енгил заррачаларнинг ўзаро таъсир реакциялари натижасида нейтронларнинг пайдо бўлиш реакциялари қуйидагича:

antineutrino plus proton bizga positron plus neutronni beraadi (va teskarisi);

neutrino plus neutron bizga elektron plus protonni beraadi (va teskarisi).

Иккинчи этап.

Коинотнинг харорати 3×10^{10} К га тенг. Биринчи этапдан 0.11 с вақт ўтди. Сифат нуқтаи назардан катта ўзгаришлар бўлмаган. Коинот асосан электрон, позитрон, нейтрино, антинейтрино ва фотонлардан иборат, улар ўзаро иссиқлик мувозанат ҳолатида ва харорат чегаравий қийматдан хали ҳам анча катта. Энергия зичлиги хароратнинг 4 даражасига пропорционал равишда камайиши туфайли у оддий сувнинг зичлигида 30 миллион марта катта. Коинот кенгайиш жадаллиги эса харорат квадратига мутаносиб равишда камайиб боради. Кам сонли ядро заррачалари хали ядро сифатида шаклланмаган. Ядро заррачаларининг нисбати 38 % нейтронлар ва 62 % протонлардан иборат. Биринчи этапда протон ва нейтронлар нисбати 50 % га 50 % бўлган. Чунки харорат камайиши билан оғир нейтронларнинг енгилроқ протонларга ўтиши тескари жараёндан кўра осонроқдир.

Учинчи этап.

Коинотнинг харорати 10 миллиард Келвинга тенг (10^{10} К). Биринчи этапдан 1.09 с вақт ўтди. Ушбу пайт ичида зичлик ва харорат шу даражада

камайдик, нейтрино ва антинейтрининг эркин югуриш вақти ошди ва улар ўзини эркин зарра каби тута бошлайдилар. Улар энди фотонлар, электрон ва позитрон билан ўзаро иссиқлик мувозанат ҳолатидан чиқадилар. Ушбу пайтдан бошлаб улар Коинот эволюциясида ҳеч қандай роль ўйнамай қўядилар. Фақат уларнинг энергияси Коинот гравитацион майдонининг қисми сифатида намоён бўладилар.

Энергия зичлиги сув зичлигидан 380000 марта катта қийматга эга ва у электрон ва позитронлар чегаравий ҳароратидан 2 марта катта ҳолос. Уларнинг аннигиляцияси нурланишдан пайдо бўлишига нисбатан жадалроқ бўй беради.

Хали ҳам нейтрон ва протонлар ядро системасини ташкил этмаган ва уларнинг нисбати 24% нейтронга 76% протон бўлиб қолди.

Тўртинчи этап.

Коинотнинг ҳарорати 3×10^9 К га тенг. Биринчи этапдан бошлаб 13,82 секунд вақт ўтди. Энди биз электрон ва позитронла учун чегаравий ҳароратдан паст ҳароратлардамиз. Энди улар аннигиляциялана бошлайдилар ва Коинотнинг асосий таркибий қисми бўлмай қоладилар. Ушбу даврдан бошлаб Коинот ҳарорати деганда фотонларнинг ҳароратини назарда тутамиз.

Ҳарорат шу даражада камайдик, энди турли стабил ядролар пайдо бўла бошлайдилар. Хусусан, протон ва нейтрон оғир водород ёки дейтерий пайдо бўлади ва ошқча энергия фотон кўринишда кетади. Дейтерий ядроси протон ёки нейтрон билан тўқнашиш натижасида иккита протон ва нейтрондан иборат гелия-3 (^3He) ядросининг енгил изотопини ёки водороднинг битта протон ва иккита нейтрондан ташкил топган энг оғир изотопи — тритийни ҳосил қилади (^3H). Нихоят гелий-3 нейтрон билан ёки тритий — протон билан тўқнашиш натижасида иккита протон ва иккита нейтрондан ташкил

топган гелийнинг (4He) ядроси ҳосил бўлади.

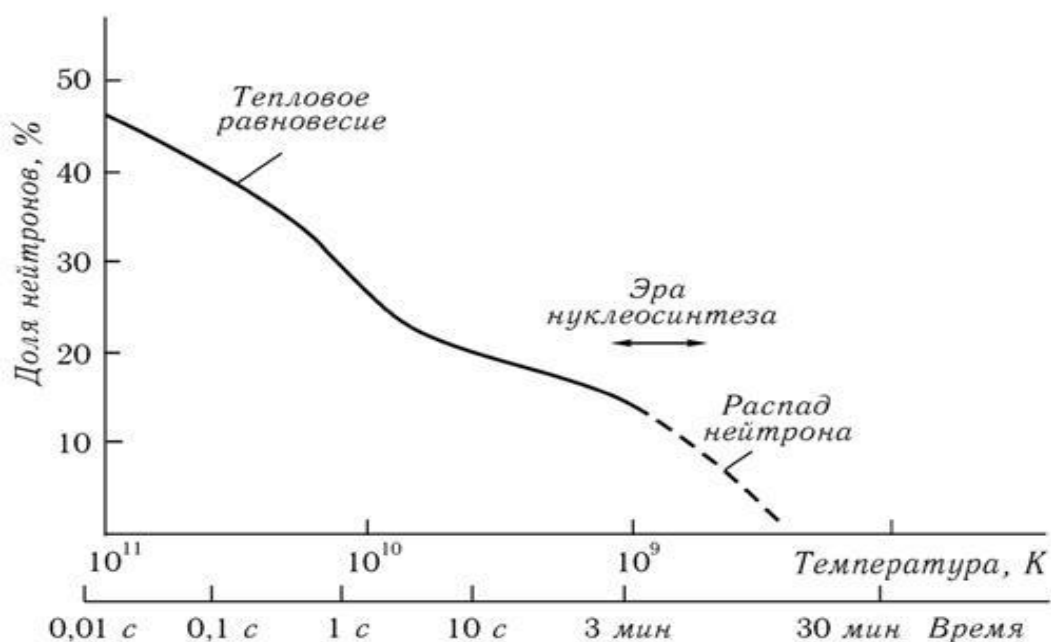
Нейтронлар жадаллик билан протонларга айлана бошлайдилар ва уларнинг нисбати энди 17 % нейтрон ва 83 % протондир.

Бешинчи этап.

Коинот ҳарорати бу этапда 10^9 К га тенг. Ушбу ҳарорат Қуёш марказидаги ҳароратдан 70 марта катта ҳолос. Биринчи этап бошланишидан 3 минут ўтди. Электрон ва позитронлар деярли қолмади. Коинотнинг асосий таркиби эса фотонлар, нейтрино ва антинейтринодан иборат.

Бу даврга келиб ҳарорат анча камайган, енгил ядролар анча стабиллашган. Шу билан бир қаторда нейтроннинг протонга парчаланиши давом этади ва энди баланс 14 % нейтронга 86 % протон тўғри келади.

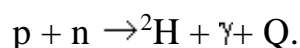
Бу даврдан кейин ҳарорат камайиши билан нуклеосинтез натижасида 900 миллион градус ($0,9 \times 10^9 \text{K}$) ҳароратда энди оғирроқ ядролар пайдо бўла бошлайди.



нейтрон-протон баланси силжиши.

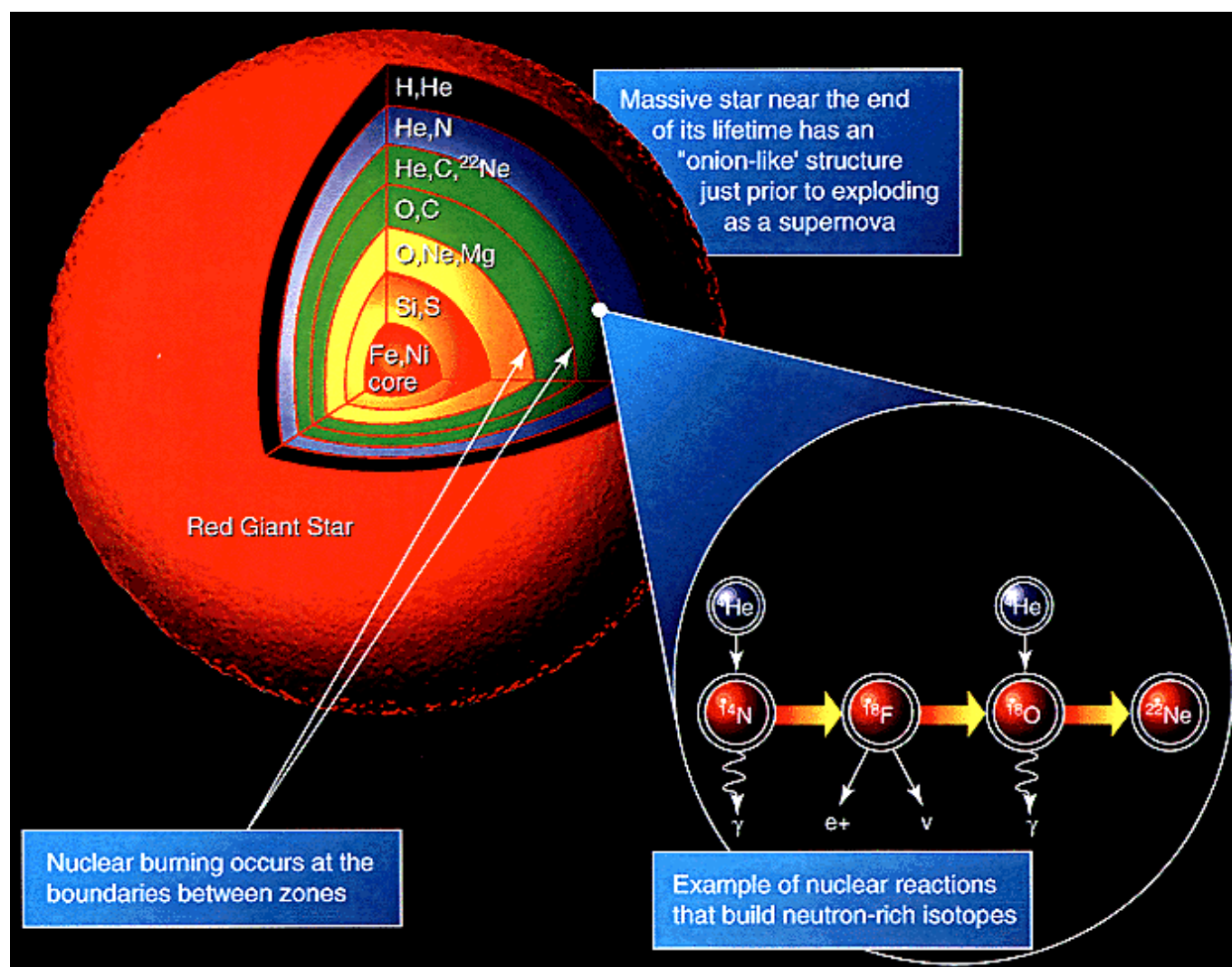
2.4. Модданинг пайдо бўлиши.

Коинот ривожланишининг радиацион эраси жуда муҳим ҳиобланади. Айнан шу даврда Д. Менделеев даврий системасини ташкил қилувчи элементларнинг асоси – оғир ядролар пайдо бўла бошланган. Ушбу жараён нуклеосинтез деб номланади. Энг енгил ядро – протон Коинот пайдо бошлгандан 10 секунд ўтиб пайдо бўлган. Ушбу даврда Коинотнинг температураси ва зичлиги дейтерий – иккита нуклондан ташкил топган ядрони синтези учун етарли катта бўлиб, протон ва нейтроннинг тўқнашиши натижасида пайдо бўлган.



Бу ерда $Q = 2.2 \text{ МэВ}$ – ушбу синтез реакциясида ажралиб чиқадиган энергия. Кейин 10-15 минут вақт ичида ${}^2\text{H}$ дейтерийни ${}^3\text{H}$ тритийга айланиши, сўнгра дейтерий ва тритийдан ${}^3\text{He}$ гелий ядросининг пайдо бўлиш реакциялари содир бўлган⁸. Ҳисоб натижаларига кўра гелий барча нуклонлар ичида 24 фоизни ташкил қилган. Хозирги пайтдаги кузатув натижалари ҳам шунини таъкидламоқда.

⁸ Фильченков М.Л., Гравитация, астрофизика, космология: дополнительные главы, «ЛИБРОКОМ», 2010.



4-расм. Юлдузлардаги нуклеосинтезнинг схематик кўриниши.

Назорат саволлари

1. Кенгаювчи коинот.
2. Катта портлаш қачон юз берган.
3. Галактикаларнинг узоқлашиши
4. Галактикаларнинг узоқлашиш тезлиги.
5. Инфляция эраси.
6. Кварк ва лептонлар.

7. Коинот пайдо бўлишининг дастлабки давридаги этаплар.
8. Микротўлқин нурланиш космик фони.
9. Абсолют қора жисм нурланиши.
10. Антизаррачалар.

Фойдаланилган адабиётлар

1. James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.
2. Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.
3. Сивухин Д.В, Курс общей физики, учебное пособие для вузов, т. 5 – Атомная и ядерная физика, 3-е издание, ФИЗМАТИЗ, 2011.
4. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
5. Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.
6. Фильченков М.Л., Гравитация, астрофизика, космология: дополнительные главы, «ЛИБРОКОМ», 2010.

Интернет маълумотлари

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/)