

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

**ОЛИЙ ТАЪЛИМ ТИЗИМИ ПЕДАГОГ ВА РАЎБАР КАДРЛАРИНИ ҚАЙТА
ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРИНИГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШНИ ТАШКИЛ ЭТИШ
БОШ ИЛМИЙ - МЕТОДИК МАРКАЗИ**

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ПЕДАГОГИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРИНИГ МАЛАКАСИНИ
ОШИРИШ ТАРМОҚ МАРКАЗИ**

**Аниқ ва табиий фанларни ўқитиш методикаси
(Физика) йўналиши**

**“ФИЗИКА ФАНЛАРИНИНИГ ТАРАҚҚИЁТ
ТЕНДЕНЦИЯЛАРИ ВА
ИННОВАЦИЯЛАРИ”**

модули бўйича

Ў Қ У В – У С Л У Б И Й М А Ж М У А

Тошкент – 2017

**Мазкур ўқув-услубий мажмуа Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг
2017 йил 246 августидаги 603-сонли буйруғи билан тасдиқланган ўқув
режа ва дастур асосида тайёрланди.**

**Тузувчи: Низомий номли ТДПУ,
ф-м.ф.д., проф. К.Насриддинов**

**Такризчи: Гейделберг педагогика университети (Германия),
профессор. Hans-Werner Huneke.**

*Ўқув-услубий мажмуа ТДПУ Кенгашининг 2017 йил 29 августдаги
1/3.7-сонли қарори билан нашрга тавсия қилинган.*

МУНДАРИЖА

I. ИШЧИ ДАСТУР.....	6
II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТРЕФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ.....	15
III. НАЗАРИЙ МАТЕРИАЛЛАР	23
IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ	115
V. КЕЙСЛАР БАНКИ.....	131
VI. МУСТАҚИЛ ТАЪЛИМ МАВЗУЛАРИ.....	134
VII. ГЛОССАРИЙ	135
VIII. АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ:	138

І. ИШЧИ ДАСТУР

Кириш

Дастур Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июндаги “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги ПФ-4732-сон Фармонидаги устувор йўналишлар мазмунидан келиб чиққан ҳолда тузилган бўлиб, у замонавий талаблар асосида қайта тайёрлаш ва малака ошириш жараёнларининг мазмунини такомиллаштириш ҳамда олий таълим муассасалари педагог кадрларининг касбий компетентлигини мунтазам ошириб боришни мақсад қилади.

Дастур мазмуни олий таълимнинг норматив-ҳуқуқий асослари ва қонунчилик нормалари, илғор таълим технологиялари ва педагогик маҳорат, таълим жараёнларида ахборот-коммуникация технологияларини қўллаш, амалий хорижий тил, тизимли таҳлил ва қарор қабул қилиш асослари, махсус фанлар негизида илмий ва амалий тадқиқотлар, технологик тараққиёт ва ўқув жараёнини ташкил этишнинг замонавий услублари бўйича сўнгги ютуқлар, педагогнинг касбий компетентлиги ва креативлиги, глобал Интернет тармоғи, мультимедиа тизимлари ва масофадан ўқитиш усулларини ўзлаштириш бўйича билим, кўникма ва малакаларини шакллантиришни назарда тутди.

Дастур доирасида берилётган мавзулар таълим соҳаси бўйича педагог кадрларни қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш мазмуни, сифати ва уларнинг тайёргарлигига қўйиладиган умумий малака талаблари ва ўқув режалари асосида шакллантирилган бўлиб, бу орқали олий таълим муассасалари педагог кадрларининг соҳага оид замонавий таълим ва инновация технологиялари, илғор хорижий тажрибалардан самарали фойдаланиш, ахборот-коммуникация технологияларини ўқув жараёнига кенг татбиқ этиш, чет тилларини интенсив ўзлаштириш даражасини ошириш ҳисобига уларнинг касб маҳоратини, илмий фаолиятини мунтазам юксалтириш, олий таълим муассасаларида ўқув-тарбия жараёнларини ташкил

этиш ва бошқаришни тизимли таҳлил қилиш, шунингдек, педагогик вазиятларда оптимал қарорлар қабул қилиш билан боғлиқ компетенцияларга эга бўлишлари таъминланади.

Қайта тайёрлаш ва малака ошириш йўналишининг ўзига хос хусусиятлари ҳамда долзарб масалаларидан келиб чиққан ҳолда дастурда тингловчиларнинг махсус фанлар доирасидаги билим, кўникма, малака ҳамда компетенцияларига қўйиладиган талаблар ўзгартирилиши мумкин.

Модулнинг мақсади ва вазифалари

Физика ва астрономия фанларининг тараққиёт тенденциялари ва инновациялари курсининг **мақсади** педагог кадрларнинг ўқув-тарбиявий жараёнларни юксак илмий-методик даражада таъминлашлари учун зарур бўладиган касбий билим, кўникма ва малакаларини мунтазам янгилаш, малака талаблари, ўқув режа ва дастурлари асосида уларнинг касбий компетентлиги ва педагогик маҳоратининг доимий ривожланишини таъминлашдан иборат.

Мазкур курснинг вазифалари:

- “Таълим тўғрисида”ги Қонун ва Кадрлар тайёрлаш миллий дастурида акс этган вазифаларни амалга ошириш;
- Олий таълим муассасаси профессор-ўқитувчиларининг илмий-назарий, педагогик-психологик, илмий-методик тайёргарлиги даражасини орттириш;
- Профессор-ўқитувчиларда физика ва астрономияни ўқитишда замонавий ёндошувларни амалга ошириш учун зарур бўлган методологик билимларни шакллантириш, кўникмаларни таркиб топтириш;
- Таълим-тарбия жараёнида инновацион технологиялардан фойдаланиш учун зарур бўлган методик билим, кўникма, малака ва компетенция (лаёқат)ни таркиб топтириш;
- Ўқитувчиларни ўз педагогик фаолиятини таҳлил қилишга ўргатиш, таҳлилий – танқидий, ижодий ва мустақил фикр юритиш кўникмаларини ривожлантириш;

- Кадрлар тайёрлаш миллий дастури талаблари асосида юксак умумий ва касб-ҳунар маданиятига, ижодий ва ижтимоий фаолликка эга педагогик кадрларнинг янги авлодини шакллантириш;

- физика ва астрономияни ўқитишнинг методологияси ва назарий масалалари билан таништириш;

- физика ва астрономияни ўқитишни такомиллаштириш ва самарадорлигини орттириш йўллари билан таништириш.

Тингловчиларнинг методик билими, кўникма, малака ва компетенцияларига қўйиладиган талаблар:

“Физика ва астрономия фанларининг тараққиёт тенденциялари ва инновациялари” курсини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида:

Тингловчи:

- олий таълим тизимида физика ва астрономияни ўқитишда қўлланиладиган ёндошувлар ва тенденцияларни билиши;

- олий таълим тизимида физика ва астрономияни ўқитишда қўйиладиган ҳозирги замон талабларини тасаввур қилиши;

- замонавий физика ва астрономия тараққиёт йўналишлари, энг сўнгги ютуқларини билиши ва ўз фаолиятида улардан фойдалана олиши;

- физика ва астрономия машғулотларига қўйиладиган талаблар, физика ва астрономиядан ташкил этиладиган маърузаларнинг типлари ва турларини билиши;

- физика ва астрономия ўқитувчисининг касбий ва илмий - методик тайёргарлигининг таркибий қисмлари ҳақида **билимларга эга бўлиши;**

Тингловчи:

- физика ва астрономия таълим мазмуни, воситалари, методлари ва шаклларининг узвийлиги, таълимнинг узвийлиги ва изчиллигини таъминлаш муаммоларини англаши;

- ўқитиш мазмунига оид ахборотларни қайта ишлаш, умумлаштириш ва талабалар онгига етказиш йўллари билан билиши;

- педагогика олий таълим муассасаларида физика ва астрономияни ўқитиш олдидаги долзарб муаммолар ва уларни ҳал этиш йўллари;
- физика ва астрономияни ўқитишга тизимли ёндошув, машғулотлар ва аудиториядан ташқари машғулотларни ташкил этиш ва ўтказиш йўлларини;
- педагогика олий таълим муассасаларида физика ва астрономияни ўқитиш бўйича маъруза, амалий ва семинар машғулотларида талабаларнинг билиш фаолиятини ташкил этиш ва бошқариш **кўникма ва малакаларини эгаллаши;**

Тингловчи:

- талабаларнинг мустақил ишлари ва таълимини ташкил этиш, уларни илмий-тадқиқотларга йўналтириш;
- физика ва астрономия фанларни ўқитишда замонавий инновацион технологияларидан уйғунлаштирилган ҳолда фойдаланиш **компетенцияларни эгаллаши лозим.**

Модулни ташкил этиш ва ўтказиш бўйича тавсиялар

“Физика ва астрономия фанларининг тараққиёт тенденциялари ва инновациялари” курси маъруза ва амалий машғулотлар шаклида олиб борилади.

Курсни ўқитиш жараёнида таълимнинг замонавий методлари, педагогик технологиялар ва ахборот-коммуникация технологиялари қўлланилиши назарда тутилган:

-маъруза дарсларида замонавий компьютер технологиялари ёрдамида презентацион ва электрон-дидактик технологиялардан;

-ўтказиладиган амалий машғулотларда техник воситалардан, экспресс-сўровлар, тест сўровлари, ақлий хужум, гуруҳли фикрлаш, кичик гуруҳлар билан ишлаш, коллоквиум ўтказиш ва бошқа интерактив таълим усулларини қўллаш назарда тутилади.

Модулни ўқув режадаги бошқа модуллар билан боғлиқлиги ва узвийлиги

“Физика ва астрономия фанларининг тараққиёт тенденциялари ва

инновациялари” модули мазмуни ўқув режадаги “Олий таълимда физика фанларини ўқитиш методикаси” ва “Педагогик квалиметрия” ўқув модуллари билан узвий боғланган ҳолда педагогларнинг машғулотларни ташкил этиш ва ўтказиш бўйича касбий педагогик тайёргарлик даражасини оширишга хизмат қилади.

Модулнинг олий таълимдаги ўрни

Модулни ўзлаштириш орқали тингловчилар ўз соҳасидаги жаҳон миқёсидаги янгиликлардан хабардор бўладилар ва бу ҳолат уларнинг касбий компетентлигини оширади.

Модул бўйича соатлар тақсимоти

Т/р	Модул мавзулари	Умумий соат	Жами аудитория соати	Назарий	Амалий	Мустақил таълим
1	Замонавий тадқиқотларнинг хусусиятлари, йўналишлари ва дунёқараш шаклланишидаги ўрни	4	4	2	2	
2	Бирлаштирувчи назариялар	4	4	2	2	
3	Нейтрино физикаси	6	6	2	4	
4	Тезлаткичларсиз астрозарралар физикаси	6	6	2	4	
5	Замонавий тезлаткичлар. Катта адрон коллайдери	8	6	2	4	2
6	Катта портлаш назарияси	6	6	2	4	
7	Материя тўғрисидаги замонавий қарашлар: қора материя, қора энергия, гравитацион тўлқинлар	6	4	2	2	2
8	Нанофизика ва нанотехнологиялар	4	4	2	2	
Жами		44	40	16	24	4

НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1-мавзу: Замонавий тадқиқотларнинг хусусиятлари, йўналишлари ва дунёқараш шаклланишидаги ўрни.

Замонавий тадқиқотлар хусусиятлари. Физика ва астрономия соҳасидаги тадқиқотлар характери. Физика ва астрономия соҳасидаги тадқиқот йўналишлари. Физика ва астрономия соҳасидаги янги шаклланган фанлар. Замонавий дунёқараш ва унинг шаклланишида физика ва астрономиянинг ўрни.

2- мавзу: Бирлаштирувчи назариялар.

Фундаментал ўзаро таъсирлар. Уларни тушунтиришга йўналган назариялар. Оламнинг бирлиги. Олам тўғрисидаги тасаввурлар. Бирлаштирувчи назариялар мақсади. Бирлашиш назариялари тарихи. Бу назарияларни тасдиқловчи экспериментлар. Истикболдаги режалар.

3- мавзу: Нейтрино физикаси.

Нейтринонинг кашф қилиниши. Нейтрино табиати, хусусиятлари. Нейтрино осциляцияси. Нейтринони ўрганиш буйича олиб борилаётган экспериментлар. Коинот тузилишида нейтринонинг ўрни. Оламни ўрганишда нейтринонинг аҳамияти.

4- мавзу: Тезлаткичларсиз астрозарралар физикаси.

Тезлаткичларсиз астрозарралар физикаси ўрганадиган соҳалар. Тезлаткичларсиз астрозарралар физикасининг аҳамияти. Соҳада олиб борилаётган тадқиқотлар ва уларнинг аҳамияти. Тадқиқотларнинг самараси ва дунёқараш шаклланишидаги ўрни.

5- мавзу: Замонавий тезлаткичлар. Катта адрон коллайдери.

Тезлаткичлар зарралар физикасининг асосий қуроли. Уларнинг турлари ва ишлаш соҳалари. Катта адрон коллайдери, тузулиши, ишлаш принципи, мақсад ва вазифалари. Катта адрон коллайдерида олинган натижалар. Истикболдаги режалар. Кейинги авлод коллайдерлари.

6- мавзу: Катта портлаш назарияси.

Олам тўғрисидаги тасаввурлар. Олам тўғрисидаги назариялар. Катта портлаш назарияси. Унинг пайдо бўлишига асос бўлган далиллар. Олам пайдо бўлишининг босқичлари. Оламнинг эволюцияси.

7- мавзу: Материя тўғрисидаги замонавий қарашлар: қора материя, қора энергия, гравитацион тўлқинлар.

Материя тўғрисидаги тасаввурларнинг ривожланиши. Коинотни ўрганиш усуллари ва кузатиш натижалари. Материянинг янги турлари – қора материя, қора энергия, гравитацион тўлқинлар. Қора материя турлари. Қора энергия турлари, Гравитацион тўлқинларни қайд қилиш. Материянинг янги турларини излаш.

8- мавзу: Нанофизика ва нанотехнологиялар.

Фан тараққиётининг ўзига хос хусусиятлари. Янги фанларнинг шаклланиши ва уларнинг юзага келишидаги асослар. Нанофизиканинг шаклланиши, мақсад ва вазифалари. Нанотехнологияларнинг пайдо бўлиши, мақсад ва вазифалари. Нанофизика ва нанотехнологиялар эришган ютуқлар. Бу фанлар ривожланишига жамиятнинг муносабати.

АМАЛИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1-амалий машғулот:

Замонавий тадқиқотларнинг хусусиятлари, йўналишлари ва дунёқараш шаклланишидаги ўрни.

Маърузада берилган маълумотлар асосида замонавий тадқиқотлар характерини қўшимча янги далиллар асосида кўрсатиб бериш. Физика ва астрономия соҳасидаги оламшумил ўзгаришларни кўрсатиш ва аҳамиятини асослаш. Педагогик технологияларни қўллаш орқали мавзу мақсади, вазифалари ва аҳамиятини очиб бериш.

2-амалий машғулот:

Бирлаштирувчи назариялар

Педагогик технологияларни қўллаган ҳолда кучларнинг бирлашган назариясини яратиш зарурияти, бу заруриятнинг асослари, эришилган

натижалар, бирлаштиришга тўсиқ бўлган ҳолатлар, истиқболдаги режалар ва эришилажак натижаларни ҳар томонлама таҳлил қилиш ва мустаҳкамлаш.

3-амалий машғулот:

Нейтрино физикаси

Жамоа бўлиб биргаликда нейтрино физикаси муаммолари, эришилган ютуқлар, олиб борилаётган тадқиқотлар, уларнинг аҳамияти, нейтрино осциляцияси, истиқболдаги тадқиқотлар тўғрисида мустақил ва умумжамоа таҳлил материалларини тайёрлаш, муҳокама қилиш ва мустаҳкамлаш.

4-амалий машғулот:

Тезлаткичларсиз астрозарралар физикаси

Тезлаткичларсиз астрозарралар физикасининг барча бўлимларини интерфаол усулларни қўллаган ҳолда жамоа бўлиб таҳлил қилиб чиқиш. Ҳар бўлимнинг мақсад ва вазифаларини асослаш. Бу изланишларнинг аҳамиятини баҳолаш. Чуқур таҳлиллар асосида мавзун мустаҳкамлаш ва хулосалар чиқариш.

5-амалий машғулот:

Замонавий тезлаткичлар. Катта адрон коллайдери

Тезлаткичлар, уларнинг вазифалари, турларини таҳлил қилиш. Катта адрон коллайдери, тузилиши, мақсад ва вазифалари, ўзига хослиги, олинган натижалар ва унда бажарилиши режалаштирилаётган истиқбол экспериментларни изоҳлаш.

6-амалий машғулотлар:

Катта портлаш назарияси.

Катта портлаш назарияси, унинг пайдо бўлишига олиб келган асослар, Катта портлаш босқичлари, Олам эволюциясининг кейинги босқичлари каби маърузани мустаҳкамловчи жиҳатлар интерактив таълим технологиялари асосида мустаҳкамланади.

7-амалий машғулот:

Материя тўғрисидаги замонавий қарашлар: қора материя, қора энергия, гравитацион тўлқинлар.

Материя тўғрисидаги замонавий карашлар эски тасаввурлар билан қиёсий ўрганилади. Қора материя, қора энергия ва гравитацион тўлқинлар, уларнинг турлари, классификацияси, қайд қилиш йўллари, аҳамияти, уларнинг мавжудлигини асословчи далиллар ҳар томонлама чуқур таҳлил қилинади.

8-амалий машғулот:

Нанофизика ва нанотехнологиялар

Нанофизика ва нанотехнологияларнинг шаклланиши тарихи ва уларнинг юзага келишидаги асослар, мақсад ва вазифалари, улар эришган ютуқлар ҳамда бунга жамиятнинг муносабати ва истиқболдаги марралар интерфаол усуллар ёрдамида таҳлил қилиниб мавзу ҳар томонлама мустаҳкамланади.

ЎҚИТИШ ШАКЛЛАРИ

Мазкур модул бўйича куйидаги ўқитиш шаклларида фойдаланилади:

- маърузалар, амалий машғулотлар (маълумотлар ва физика ва астрономиядаги янги ютуқларни англаб олиш, соҳа бўйича қизиқишни ривожлантириш, назарий билимларни мустаҳкамлаш);
- давра суҳбатлари (кўрилаётган фан янгиликлари ва муаммоларини мавжуд билим ва муаммолар билан боғлаш, маълум ечимлар бўйича таклиф бериш қобилиятини ошириш, эшитиш, идрок қилиш ва мантиқий хулосалар чиқариш);
- баҳс ва мунозаралар (муаммолар ечими бўйича далиллар ва асосли аргументларни тақдим қилиш, эшитиш ва муаммолар ечимини топиш қобилиятини ривожлантириш).

БАҲОЛАШ МЕЗОНИ

№	Баҳолаш турлари	Максимал балл	Баллар
1	Кейс топшириқлари	2.5	1.2 балл
2	Мустақил иш топшириқлари		0.5 балл
3	Тест топшириқлари		0.8 балл

II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТРЕФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ.

Методнинг мақсади: мавжуд назарий билимлар ва амалий тажрибаларни таҳлил қилиш, таққослаш орқали муаммони ҳал этиш йўллари топишга, билимларни мустаҳкамлаш, такрорлаш, баҳолашга, мустақил, танқидий фикрлашни, ностандарт тафаккурни шакллантиришга хизмат қилади.

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

Намуна: Тезлатгичларсиз астрозарралар физикаси тадқиқот усуллари SWOT таҳлилини ушбу жадвалга туширинг.

S	Тезлатгичларсиз астрозарралар физикаси тадқиқот усуллари кучли томонлари	Бу усулларда олинган натижалар реал воқийликни акс эттиради, яъни табиий жараёнлар ҳеч қандай ташқи таъсирларсиз ўрганилади.
W	Тезлатгичларсиз астрозарралар физикаси тадқиқот усуллари кучсиз томонлари	Тадқиқ қилишга ва статистика йиғиш учун кўп вақт талаб қилинади.
O	Тезлатгичларсиз астрозарралар физикаси тадқиқот усулларидан фойдаланишнинг имкониятлари (ички)	Тадқиқот усуллари ҳам имкониятлари ҳам кўп.
T	Тўсиқлар (ташқи)	Кўп харажатли ва катта ҳисоблашлар талаб қилувчи усуллардан фойдаланилади.

Хулосалаш» (Резюме, Веер) методи

Методнинг мақсади: Бу метод мураккаб, кўп тармоқли, мумкин қадар

муаммоли характердаги мавзуларни ўрганишга қаратилган. Методнинг моҳияти шундан иборатки, бунда мавзунинг турли тармоқлари бўйича бир хил ахборот берилади ва айтилган пайтда, уларнинг ҳар бири алоҳида аспектида муҳокама этилади. Масалан, муаммо ижобий ва салбий томонлари, афзаллик, фазилат ва камчиликлари, фойда ва зарарлари бўйича ўрганилади. Бу интерфаол метод танқидий, таҳлилий, аниқ мантиқий фикрлашни муваффақиятли ривожлантиришга ҳамда ўқувчиларнинг мустақил ғоялари, фикрларини ёзма ва оғзаки шаклда тизимли баён этиш, ҳимоя қилишга имконият яратади. “Хулосалаш” методидан маъруза машғулотида индивидуал ва жуфтликлардаги иш шаклида, амалий ва семинар машғулотида кичик гуруҳлардаги иш шаклида мавзу юзасидан билимларни мустаҳкамлаш, таҳлили қилиш ва таққослаш мақсадида фойдаланиш мумкин.

Методни амалга ошириш тартиби:



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



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



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



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

Намуна:

Зарраларни тезлатиш усуллари					
Чизиқли тезлатиш		Синхрон тезлатиш		Суперсинхрон тезлатиш	
афзаллиги	камчилиги	афзаллиги	камчилиги	афзаллиги	камчилиги
					и

Хулоса:					

“Кейс-стади” методи

«Кейс-стади» - инглизча сўз бўлиб, («case» – аниқ вазият, ҳодиса, «stadi» – ўрганмоқ, таҳлил қилмоқ) аниқ вазиятларни ўрганиш, таҳлил қилиш асосида ўқитишни амалга оширишга қаратилган метод ҳисобланади. Мазкур метод дастлаб 1921 йил Гарвард университетиде амалий вазиятлардан иқтисодий бошқарув фанларини ўрганишда фойдаланиш тартибида қўлланилган. Кейсда очик ахборотлардан ёки аниқ воқеа-ҳодисадан вазият сифатида таҳлил учун фойдаланиш мумкин. Кейс ҳаракатлари ўз ичига қуйидагиларни қамраб олади: Ким (Who), Қачон (When), Қаерда (Where), Нима учун (Why), Қандай/ Қанақа (How), Нима-натига (What).

“Кейс методи” ни амалга ошириш босқичлари

Иш босқичлари	Фаолият шакли ва мазмуни
1-босқич: Кейс ва унинг ахборот таъминоти билан таништириш	якка тартибдаги аудио-визуал иш; кейс билан танишиш (матнли, аудио ёки медиа шаклда); ахборотни умумлаштириш; ахборот таҳлили; муаммоларни аниқлаш
2-босқич: Кейсни аниқлаштириш ва ўқув топшириғини белгилаш	индивидуал ва гуруҳда ишлаш; муаммоларнинг долзарблик иерархиясини аниқлаш; асосий муаммоли вазиятни белгилаш
3-босқич: Кейсдаги асосий муаммони таҳлил этиш орқали ўқув топшириғининг ечимини излаш, ҳал этиш йўллари ишлаб чиқиш	индивидуал ва гуруҳда ишлаш; муқобил ечим йўллари ишлаб чиқиш; ҳар бир ечимнинг имкониятлари ва тўсиқларни таҳлил қилиш; муқобил ечимларни танлаш
4-босқич: Кейс ечимини шакллантириш ва асослаш, тақдимот	якка ва гуруҳда ишлаш; муқобил вариантларни амалда қўллаш имкониятларини асослаш; ижодий-лойиҳа тақдимотини тайёрлаш; якуний хулоса ва вазият ечимининг амалий аспектларини ёритиш

Кейс. Лептон зарядининг сақланиш қонунига доир масала ечиш. Бир неча парчаланиш каналлари таклиф қилинди. Лекин бу каналларда лептон заряди сақланиш қонуни бузилди.

Кейсни бажариш босқичлари ва топшириқлар:

- Кейсдаги муаммони келтириб чиқарган асосий сабабларни белгиланг(индивидуал ва кичик гуруҳда).
- Мобил иловани ишга тушириш учун бажариладагина ишлар кетма-кетлигини белгиланг (жуфтликлардаги иш).

«ФСМУ» методи

Технологиянинг мақсади: Мазкур технология иштирокчилардаги умумий фикрлардан хусусий хулосалар чиқариш, таққослаш, қиёслаш орқали ахборотни ўзлаштириш, хулосалаш, шунингдек, мустақил ижодий фикрлаш кўникмаларини шакллантиришга хизмат қилади. Мазкур технологиядан маъруза машғулотларида, мавзунини мустақамлашда, ўтилган мавзунини сўрашда, уйга вазифа беришда ҳамда амалий машғулот натижаларини таҳлил этишда фойдаланиш тавсия этилади.

Технологияни амалга ошириш тартиби:

- Қатнашчиларга мавзуга оид бўлган якуний хулоса ёки ғоя таклиф этилади;
- ҳар бир иштирокчига ФСМУ технологиясининг босқичлари ёзилган қоғозларни тарқатилади:



- иштирокчиларнинг муносабатлари индивидуал ёки гуруҳий тартибда тақдимот қилинади.

ФСМУ таҳлили қатнашчиларда касбий-назарий билимларни амалий машқлар ва мавжуд тажрибалар асосида тезроқ ва муваффақиятли

ўзлаштирилишига асос бўлади.

Намуна.

Фикр: “Полимарфизм объектга йўналтирилган дастурлашнинг асосий тамойилларидан биридир”.

Топшириқ: Мазкур фикрга нисбатан муносабатингизни ФСМУ орқали таҳлил қилинг.

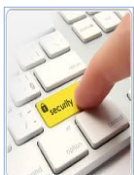
“Ассесмент” методи

Методнинг мақсади: мазкур метод таълим олувчиларнинг билим даражасини баҳолаш, назорат қилиш, ўзлаштириш кўрсаткичи ва амалий кўникмаларини текширишга йўналтирилган. Мазкур техника орқали таълим олувчиларнинг билиш фаолияти турли йўналишлар (тест, амалий кўникмалар, муаммоли вазиятлар машқи, қиёсий таҳлил, симптомларни аниқлаш) бўйича ташҳис қилинади ва баҳоланади.

Методни амалга ошириш тартиби:

“Ассесмент” лардан маъруза машғулотларида талабаларнинг ёки қатнашчиларнинг мавжуд билим даражасини ўрганишда, янги маълумотларни баён қилишда, семинар, амалий машғулотларда эса мавзу ёки маълумотларни ўзлаштириш даражасини баҳолаш, шунингдек, ўз-ўзини баҳолаш мақсадида индивидуал шаклда фойдаланиш тавсия этилади. Шунингдек, ўқитувчининг ижодий ёндашуви ҳамда ўқув мақсадларидан келиб чиқиб, ассесментга кўшимча топшириқларни киритиш мумкин.

Намуна. Ҳар бир катакдаги тўғри жавоб 5 балл ёки 1-5 балгача баҳоланиши мумкин.



Тест

1. Нейтрино қайси зарралар оиласига мансуб.
- А) Лептонлар
 - Б) Мезонлар
 - С) Барионлар



Қиёсий таҳлил

Протон ва нейтрон зарралари кўрсаткичларини таҳлил қилинг?



Тушунча таҳлили

- Қора материя тушунчасини изоҳланг...



Амалий кўникма

Протон, нейтрино, электрон ва нейтронни қайси ўзаро таъсирларда иштирок этишини изоҳланг.

“Инсерт” методи

Методнинг мақсади: Мазкур метод ўқувчиларда янги ахборотлар тизимини қабул қилиш ва билимларни ўзлаштирилишини енгиллаштириш мақсадида қўлланилади, шунингдек, бу метод ўқувчилар учун хотира машқи вазифасини ҳам ўтайди. Методни амалга ошириш тартиби:

- ўқитувчи машғулотга қадар мавзунинг асосий тушунчалари мазмуни ёритилган инпут-матнни тарқатма ёки тақдимот кўринишида тайёрлайди;
- янги мавзу моҳиятини ёритувчи матн таълим олувчиларга тарқатилади ёки тақдимот кўринишида намойиш этилади;
- таълим олувчилар индивидуал тарзда матн билан танишиб чиқиб, ўз шахсий қарашларини махсус белгилар орқали ифодалайдилар. Матн билан ишлашда талабалар ёки қатнашчиларга қуйидаги махсус белгилардан фойдаланиш тавсия этилади:

Белгилар	1-матн	2-матн	3-матн
“V” – таниш маълумот.			
“?” – мазкур маълумотни тушунмадим, изоҳ керак.			
“+” бу маълумот мен учун янгилик.			
“– ” бу фикр ёки мазкур маълумотга қаршиман?			

Белгиланган вақт яқунлангач, таълим олувчилар учун нотаниш ва тушунарсиз бўлган маълумотлар ўқитувчи томонидан таҳлил қилиниб, изоҳланади, уларнинг моҳияти тўлиқ ёритилади. Саволларга жавоб берилади ва машғулот яқунланади.

Венн Диаграммаси методи

Методнинг мақсади: Бу метод график тасвир орқали ўқитишни ташкил этиш шакли бўлиб, у иккита ўзаро кесишган айлана тасвири орқали ифодаланади. Мазкур метод турли тушунчалар, асослар, тасавурларнинг анализ ва синтезини икки аспект орқали кўриб чиқиш, уларнинг умумий ва фарқловчи жиҳатларини аниқлаш, таққослаш имконини беради.

Методни амалга ошириш тартиби:

- иштирокчилар икки кишидан иборат жуфтликларга бирлаштириладилар ва уларга кўриб чиқиладиган тушунча ёки асоснинг ўзига хос, фарқли жиҳатларини (ёки акси) доиралар ичига ёзиб чиқиш таклиф этилади;

- навбатдаги босқичда иштирокчилар тўрт кишидан иборат кичик гуруҳларга бирлаштирилади ва ҳар бир жуфтлик ўз таҳлили билан гуруҳ аъзоларини таништирадилар;

- жуфтликларнинг таҳлили эшитилгач, улар биргалашиб, кўриб чиқиладиган муаммо ёхуд тушунчаларнинг умумий жиҳатларини (ёки фарқли) излаб топадилар, умумлаштирадилар ва доирачаларнинг кесишган қисмига ёзадилар.

Намуна: Материянинг янги турлари



“Брифинг” методи

“Брифинг”- (инг. briefing-қисқа) бирор-бир масала ёки саволнинг муҳокамасига бағишланган қисқа пресс-конференция.

Ўтказиш босқичлари:

1. Тақдимот қисми.
2. Муҳокама жараёни (савол-жавоблар асосида).

Брифинглардан тренинг яқунларини таҳлил қилишда фойдаланиш мумкин. Шунингдек, амалий ўйинларнинг бир шакли сифатида қатнашчилар билан бирга долзарб мавзу ёки муаммо муҳокамасига бағишланган брифинглар ташкил этиш мумкин бўлади. Талабалар ёки тингловчилар томонидан яратилган мобил иловаларнинг тақдимотини ўтказишда ҳам фойдаланиш мумкин.

“Портфолио” методи

“Портфолио” – (итал. portfolio-портфель, ингл. хужжатлар учун папка) таълимий ва касбий фаолият натижаларини аутентик баҳолашга хизмат қилувчи замонавий таълим технологияларидан ҳисобланади. Портфолио мутахассиснинг сараланган ўқув-методик ишлари, касбий ютуқлари йиғиндиси сифатида акс этади. Жумладан, талаба ёки тингловчиларнинг модул юзасидан

Ўзлаштириш натижасини электрон портфолиолар орқали текшириш мумкин бўлади. Олий таълим муассасаларида портфолионинг куйидаги турлари мавжуд:

Фаолият тури	Иш шакли	
	Индивидуал	Гуруҳий
Таълимий фаолият	Талабалар портфолиоси, битирувчи, докторант, тингловчи портфолиоси ва бошқ.	Талабалар гуруҳи, тингловчилар гуруҳи портфолиоси ва бошқ.
Педагогик фаолият	Ўқитувчи портфолиоси, раҳбар ходим портфолиоси	Кафедра, факультет, марказ, ОТМ портфолиоси ва бошқ.

III. НАЗАРИЙ МАТЕРИАЛЛАР

1-мавзу: **Замонавий тадқиқотларнинг хусусиятлари, йўналишлари ва дунёқараш шаклланишидаги ўрни.**

Режа:

1. Замонавий тадқиқотлар хусусиятлари
2. Физика-астрономия тараққиёт йўналишлари
3. Физика-астрономия соҳасидаги ютуқлар ва уларнинг дунёқараш шаклланишидаги ўрни

Таянч иборалар: *Халқаро илмий марказлар ва ташкилотлар, ЦЕРН, Фермилаб, ДЕЗИ, ЕКА, янги назариялар, тезлаткичлар, материянинг янги турлари, нейтрино физикаси, нанофизика, нанотехнологиялар, кенгаётган Олам, инсоният тарихи.*

1.1 Замонавий тадқиқотлар хусусиятлари.

Маълумки, физика фани инсоният эришган ва эришаётган илмий-техник тараққиётнинг асосини ташкил қилади. Қадимдан то XVIII аср охиригача бу фан фалсафа фани таркибида ўз ривожланиш йўлини босиб ўтган бўлса, XIX аср бошидан мустақил фан сифатида табиат сир-саноатларини очишга, улар асосида жамият тараққиётига, инсоният турмуш тарзини яхшилашга хизмат қилиб келмоқда.

Электрон ва радиоактивлик ҳодисасининг кашф қилиниши материяни ўрганишнинг янги эрасини бошлаб берди. Бу пайтга келиб материянинг атомлардан тузилганлиги, яъни кимё фанидаги пропорционал муносабатлар, газлар термодинамикаси, кимёвий элементларнинг даврий жадвали ёки Броун ҳаракати каби билимлар кенг маълум эди. Лекин атомларнинг мавжудлиги умумжамят томонидан таън олинмаган эди. Бунинг сабаби оддий эди: ҳеч ким бу атомларнинг тузулишини тасаввур қила олмас эди. Янги кашфиётлар шуни кўрсатдики, материядан пайдо бўладиган “зарра”лар бу атомларнинг ташкил этувчилари деб қаралиши керак эди.

Ҳозирда радиоактив парчаланишдан ҳосил бўлган зарраларни бошқа элементларни бомбардимон қилишда қўллаш имконияти мавжуд. Бу эса ўша элементларнинг ташкил этувчиларини ўрганиш имкониятини беради. Ушбу экспериментал имконият замонавий ядро ва зарралар физикасининг асосини ташкил қилади. Ядроларни систематик ўрганиш имконияти сўнгги 30 йиллар ичида замонавий зарралар тезлаткичлари имкониятлари сабабли юзага келди. Лекин атомларнинг асосий қурилиш блоклари – электрон, протон ва нейтрон бундан олдин қайд қилинган эди.

Сочилиш экспериментлари ядро ва зарралар физикасининг энг муҳим курули хисобланади. Улар турли зарралар орасидаги ўзаро таъсир хусусиятларини ўрганишда ва атом ядролари ички тузилиши, уларнинг ташкил этувчилари тўғрисида маълумот олишда кенг қўлланилади.

Оддий сочилиш экспериментида ўрганилувчи объект (нишон) энергияси яхши маълум бўлган зарралар дастаси ёрдамида бомбардимон қилинади. Бунда

$$a + b \rightarrow c + d$$

кўринишдаги реакция учиб келувчи зарра ва нишон ўртасида содир бўлади. Бу ерда a ва b даста ва нишон зарраларини, ва c ҳамда d реакцияда ҳосил бўлган зарраларни англатади. Сочилиш реакциялари 2 хил – эластик ва ноэластик бўлади.

Эластик сочилиш. Эластик жараёнда:

$$a + b \rightarrow a' + b'$$

бўлади, яъни сочилишдан олдин ва кейин бир хил зарралар кузатилади. Нишон b импульс қабул қилиб олиши натижасида кинетик энергиясини ўзгартиришига қарамасдан ўзининг асосий ҳолатида қолади. Штрихлар зарраларнинг дастлабки ва охириги ҳолатлари уларнинг импульси ва энергиясидан ташқари бир хиллигини билдиради.

Ноэластик сочилиш. Ноэластик сочилишларда:

$$a + b \rightarrow a' + b' + \dots$$
$$|\rightarrow c + d,$$

бўлади ҳамда унда a зарра кинетик энергиясининг бир қисми b нишонга берилади ва уни уйғотади, юқори энергияли b^* ҳолатга ўтказди. Уйғонган ҳолат кейин енгил зарра (фотон ёки π -мезон) чиқариб асосий ҳолатга ўтади ёки кўп ҳолларда турли зарраларга парчаланadi. Ҳозирда ядро ва зарралар физикасидаги кашфиётлар айнан шу ноэластик сочилиш экспериментлари орқали кузатилади³.

Узоқ тараққиёт давомида бу соҳадаги илмий-тадқиқот ишлари характери ҳам замонга мос равишда ўзгариб келган. Дастлабки пайтларда физика ва астрономия соҳасидаги янгилик, кашфиёт ва ихтиролар кучли ақл-заковат соҳиблари томонидан яратилган бўлса, кейинчалик маълум муаммони ҳал қилишга йўналтирилган олимлар гуруҳи томонидан узоқ муддатли изланишлар натижасида маълум кўзланган натижаларга эришила бошланди. Бу ҳолат 20-асрнинг иккинчи ярмидан бошлаб маълум йўналишдаги муаммоларни ўрганишга мўлжалланган илмий марказларда амалга ошириш одатига айланди. Шу тахлит Фермилаб (АҚШ), ДЕЗИ (Германия), ЦЕРН (Швейцария), ЕКА (Европа космик агентлиги) каби халқаро илмий марказлар ва ташкилотлар вужудга келган.

Бундай илмий марказ ва ташкилотларнинг юзага келишига сабаб, биринчидан физика ва астрономия соҳасидаги тадқиқотларни амалга ошириш учун янги ва катта харажат талаб қиладиган қурилмалар ҳамда тадқиқотларни амалга ошириш учун юқори салоҳиятли олимлар гуруҳи ёки гуруҳлари ўта зарурлиги ҳисобланади. Иккинчидан, дунёдаги ҳеч бир давлат бундай катта харажат талаб қиладиган тадқиқот олиб боришни маблағ билан мустақил таъминлай олмайди. Шу сабабли бундай илмий марказларда тадқиқот ишларининг халқаро ташкилотлар томонидан маблағ билан таъминланиши йўлга қўйилган ҳамда тадқиқот ишларига танлов асосида бутун дунёдаги давлатлар мутахассислари жалб қилиниши одатга айланди.

³ B.Povh, K.Rith, Ch. Shcolz, F. Zetsche. Particles and Nuclei. An introduction to the physical concepts. 2008. Springer, Berlin-Heidelberg. P. 41-43

1.2 Физика-астрономия тараққиёт йўналишлари

Ушбу дунё илмий марказларида физика ва астрономия соҳасида сўнги 20-25 йил мобайнида катта ютуқларга эришилди.

Бу ютуқлар ва улкан илмий силжишлар куйидаги йўналишларда содир бўлди ва бўлмоқда:

1. Элементар зарралар физикаси назарияси соҳасида Бирлаштириувчи назариялар, яъни 4 та фундаментал ўзаро таъсирни ягона механизм асосида бирлаштириувчи назариялар қуриш йўналишида;

2. Нейтрино физикаси соҳасида, яъни нейтрино табиатини ўрганиш, нейтрино осциляциясини тадқиқ қилиш йўналишида;

3. Астрозарралар хусусиятлари, материянинг янги шакллари (Қора материя, Қора энергия, гравитацион тўлқинлар) ни ўрганиш йўналишида;

4. Янги авлод тезлаткичларини қуриш ва янада юқори энергияларда зарралар хусусиятларини ўрганиш йўналишида;

5. Янги зарраларни излаш соҳасида, яъни тезлаткичларда ва тезлаткичларсиз зарралар физикаси соҳасида (коинот нурларининг хусусиятларини ўрганиш) йўналишида;

6. Қаттиқ жисмлар физикаси соҳасида, яъни юқори температурали ўта ўтказувчанлик ҳодисаси, қаттиқ жисмларнинг янги хусусиятларини ўрганиш йўналишида;

7. Нанотехнологиялар (ҳозирда нанофизика, нанокимё, нанобиология, наномедицина каби фан йўналишлари дунё микёсида шаклланди, улар ривожланиш босқичида) йўналишида;

8. Инсоният ҳаёт тарзи даражаси ҳамда талабларига қараб физиканинг янги тадбиқ йўналишлари-медицина физикаси, мезофизика, эконофизика каби йўналишларнинг шаклланиши йўналишида.

Айниқса, нанофизика соҳасида 2004 йилда графен структураси Манчестр университети олимлари томонидан олинди ва бу ютуқ учун 2010 йилда улар Нобель мукофотиغا сазовор бўлишди. Графен дунёдаги энг юпқа

материал бўлиб графит (кўмир) моддасидан олинади, унинг қалинлиги атом ўлчамига тенг, мустаҳкамлиги олмосдай, электр ва иссиқлик ўтказувчанлиги мисдан ҳам яхши. Лекин унинг механик, оптик, иссиқлик ва электр ўтказувчанлик хусусиятларини янада яхшилаш мумкин. Шу жиҳатдан графен энг истиқболли материал ҳисобланади ва унинг қўлланилиши фан-техника тараққиётини тезлаштириши (ҳозирда самарали электр батареялари, иссиқлик элементлари, сувни чучуклаштиргичлар ва юқори сезгир элементлар яратилган ва уларни кенг ишлаб чиқариш масалалари кўрилмоқда) ҳамда инсоният турмуш тарзини янада яхшилаши кутилмоқда.

1.3 Физика-астрономия соҳасидаги ютуқлар ва уларнинг дунёқараш шаклланишидаги ўрни

Кейинги 20-30 йил моайнида эришилган ютуқлар қуйидагиларда акс этади:

- Хиггс бозонининг мавжудлиги тажрибада тасдиқланди, унинг массаси $125,09 \pm 0,21$ ГэВ га тенглиги аниқланди.
- 8 ТэВ гача бўлган энергияларда протон тўқнашувларининг асосий параметрлари аниқланди.
- Тэватронда илк кузатилган t-кваркнинг мавжудлиги тасдиқланди.
- V_s -мезонларнинг иккита янги парчаланиш канали аниқланди.
- Назарий йўл билан башорат қилинган янги $\chi_b(3P)$, Ξ_b^{*0} , $\Lambda_b^{0*}(5912)$ ва $\Lambda_b^{0*}(5920)$ зарралар кашф қилинди.
- Тэватронда 2009 йилда кузатилган $Y(4140)$ зарранинг кузатилгани эълон қилинди.
- Гравитацион тўлқинлар қайд қилинди.
- Нейтрино осциляцияси кузатилди.
- Мавжудлиги башорат қилинган қора ўралар кузатилди.
- Янги авлод коллайдери КАК ишга туширилди.
- Нано ўлчамдаги жараёнларни ўрганиш ва улар тадбиқи соҳасида туб бурилишлар содир бўлди (Нанозифика, медицина физикаси, наномедицина,

нанохимия каби фанлар юзага келди, нанотехнологиялар шаклланди ва ривожланди.

• Материянинг янги турлари – қора материя ва қора энергия соҳасида ҳам тадқиқотлар жадаллашди.

Содир бўлган бу ўзгаришлар физика ва астрономиядаги шу вақтгача шаклланган тасаввурларни жуда кенгайтириб юборди ва албатта мутахассислар, айниқса, ёш авлод учун қизиқиш майдонига айланди.

Ушбу жаҳон миқёсида эришилган ва эришилаётган физика ва астрономия соҳасидаги ютуқлар, соҳада режалаштирилаётган тадқиқот ишлари албатта таълим тизимимизда ўз аксини доимий топиб бориши керак. Шу ўринда, физика-астрономия таълимида информатика фанининг ўрнини алоҳида таъкидлаб ўтишимиз ҳарур. Чунки, физика ва астрономия тараққиёт йўналишлари айнан микро ўлчамларда содир бўлаётгани ва бу ўзгаришлар, эришилаётган ютуқлар бизнинг дунёқарашимизни тубдан ўзгартириб юбораётгани, бу жараёнларни кўз билан кўриб, қўл билан ушлаб бўлмаслигини инобатга олсак, албатта компьютер технологиялари, турли анимациялар аҳамияти яққол кўриниб қолади. Шу сабаб асосий вазифамиз компьютер технологияларидан фойдаланиб физика ва астрономия таълими сифатини таъминлашдан иборат бўлмоғи керак.

Назорат саволлари:

1. Илмий - тадқиқот ишларининг замонавий хусусиятларини тушунтиринг?
2. Физика ва астрономия фанларининг сўнгги ютуқларини изоҳланг?
3. Физика ва астрономия фанлари тараққиёти натижасида юзага келган янги йўналишларни изоҳланг?
4. Физика ва астрономия соҳасида олиб борилаётган тадқиқот йўналишларини изоҳланг?
5. Физика ва астрономия соҳасидаги Халқаро илмий марказлар ва ташкилотлар ва улар фаолияти тўғрисида маълумот беринг?

Фойдаланган адабиётлар:

1. B.Povh, K.Rith, Ch. Shcolz, F. Zetsche. Particles and Nuclei. An introduction to the physical concepts. 2008. Springer, Berlin-Heidelberg. -395 p.
2. Ch.W.Fay. Introduction to modern physics. Ferris state university press. 2011. -157 p.

2-мавзу: Бирлаштирувчи назариялар.

Режа:

1. Бирлаштирувчи назариялар тарихи
2. Бирлаштирувчи назарияларнинг замонавий ҳолати
3. Истикболдаги режалар

Таянч тушунчалар: *Электр ва магнит майдонлари, электромагнит майдон, фундаментал ўзаро таъсирлар, электростатик ўзаро таъсир, Стандарт модель, Буюк бирлаштириш назариялари.*

2.1. Бирлаштирувчи назариялар тарихи.

Бирлаштирувчи назариялар - барча 4 та фундаменталь ўзаро таъсирни тушунтирувчи назария. Элементар зарралар тўғрисидаги концепциянинг ўзгариши билан табиатнинг асосий кучлари ва шу билан бирга элементар зарралар орасидаги фундаментал ўзаро таъсирлар тўғрисидаги тасаввурларимиз ҳам ўзгариб борди. 1800 йилларда 4 та куч асосий кучлар деб қаралган эди: гравитация, электр, магнит ҳамда атомлар ва молекулалар орасида мавжуд бўлган кам ўрганилган кучлар. 19 аср охирига келиб электр ва магнит кучлари ягона электромагнит кучларнинг турли кўринишлари эканлиги маълум бўлди. Кейинроқ атомлар структурага эгалиги ва мусбат зарядланган ядро ва электрон булутидан ташкил топганлиги, электромагнит ўзаро таъсир орқали боғланиб тургани маълум бўлди. Умуман атомлар электр заряди жиҳатдан нейтрал. Лекин қисқа масофаларда атомлар орасидаги электр майдони бутунлай йўқолиб кетмайди ва кўшни атом ва молекулалар бир-бири билан таъсирлашади. Турли

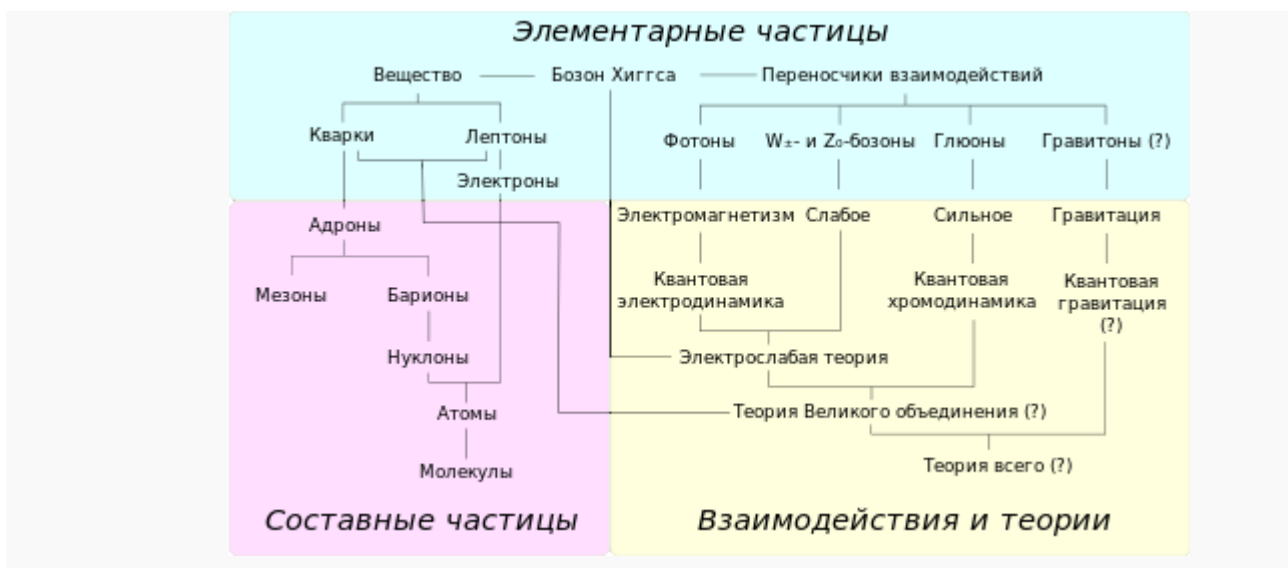
кўринишдаги “кимёвий кучлар” (масалан, Ван-дер-Вальс кучи) электромагнит кучларнинг ифодалари ҳисобланади.

Ядро физикаси ривожланиши билан иккита қисқа масофада намоён бўлувчи кучлар бир синфга бирлаштирилди. Бу кучлар нуклонлар орасида таъсир қилувчи ядро кучлари ва ядронинг β - парчаланишида ўзини намоён қилувчи заиф куч. Бугун биз ядро кучларининг фундаментал куч эмаслигини биламиз. Электромагнит ўзаро таъсирнинг натижаси бўлган атомлар орасидаги таъсир кучларига ўхшаб ядро кучи кваркларни боғлаб протон ва нейтронларни ҳосил қилувчи кучли таъсирнинг натижаси ҳисобланади. Бу кучли ва заиф кучлар элементар зарралар орасидаги кучли ва кучсиз ўзаро таъсирларга олиб келади⁴.

XX аср давомида бу ўзаро таъсирларни бирлаштириш бўйича кўплаб назариялар илгари сурилди. Улардан бирортаси ҳам экспериментда тасдиқланмади ёки экспериментни ўтказиш имкони бўлмади. Бу йўлдаги асосий қийинчилик Квант механикаси ва Умумий нисбийлик назарияси (УНН) нинг қўлланиш соҳалари ҳар хиллигидир. Квант механикаси, асосан, микродунё жараёнларини тушунтиришга хизмат қилади, Умумий нисбийлик назарияси эса макродунёда қўлланилади. Махсус нисбийлик назарияси (МНН) юқори тезликлардаги жараёнларни тушунтиради. Умумий нисбийлик назарияси эса Ньютон гравитация назариясининг умумлашган кўриниши ҳисобланади. Яъни, Ньютон гравитация назариясининг МНН билан бирлаштирилган ва катта масофа ҳамда катта массалар ҳолати учун кенгайтирилган кўриниши. Квант механикаси ва МНН нинг битта формализм доирасида мослаштирилиши (релятивистик квант майдон назарияси) турли чекловларга (расходимости) олиб келади. Яъни, экспериментда текширилувчи катталиклар учун аниқ назарий қийматларнинг мавжуд бўлмаслиги юзага келади. Бу муаммони ҳал қилиш учун олинган қийматларни қайта нормировкалаш (перенормирока) усуллари ишлатилади. Айрим назарий моделлар қайта нормировкалаш механизми

⁴⁴ B.Povh, K.Rith, Ch. Scholz, F. Zetsche. Particles and Nuclei. An introduction to the physical concepts. 2008. Springer, Berlin-Heidelberg. P. 2-3

натижасида жараёнларни яхши тушунтиради. Лекин бу назарияга УНН сини киритиш яна чекловларга олиб келади. Ҳозиргача бу чекловлардан қутилишнинг бирор йўли топилгани йўқ.



2.2. Бирлаштирувчи назарияларнинг замонавий ҳолати.

XIX аср охирида электродинамика фани шаклланди. Бу фан доирасида Максвелл тенгламалари асосида электр ва магнит майдонлари (кучлари) ягона электромагнит майдонга бирлаштирилди. Шундан кейин барча фундаментал ўзаро таъсирларни бирлаштириш ғояси илгари сурилди.

Замонавий физика ҳозирда маълум қуйидаги ўзаро таъсирларни бирлаштиришни талаб қилмоқда:

- гравитацион ўзаро таъсир;
- электромагнит ўзаро таъсир;
- кучли ўзаро таъсир;
- кучсиз ўзаро таъсир;
- Хиггс майдони.

Бундан ташқари бу назария барча элементар зарраларнинг мавжудлигини ҳам тушунтириши керак. Бирлаштириш йўлидаги дастлабки қадам 1967 йилда Стивен Вайнберг, Шелдон Глешоу ва Абдус Салам томонидан электромагнит ва кучсиз ўзаро таъсирларнинг электрокучсиз ўзаро таъсирга бирлаштирилиши бўлди. 1973 йилда эса кучли ўзаро таъсир назарияси таклиф қилинди. Шундан кейин Буюк бирлаштириш назариясининг бир неча

вариантлари таклиф қилинди. Шулардан энг таниқлиси Пати-Салам назарияси 1974 йилда таклиф қилинди. Бу назариялар доирасида гравитацион ўзаро таъсирдан ташқари барча кучлар бирлаштирилди. Лекин бу Буюк бирлаштирувчи назариялардан бирортаси ҳам экспериментда ўз тасдиғини топмади. Айримлари эса улар доирасида башорат қилинган протоннинг парчаланиши экспериментда кузатилмаганлиги сабабли инкор қилинди. Қолган назариялардан бирортасининг экспериментда тасдиқланиши ҳозирда ўрганилмоқда. Бундан ташқари Квант механикаси ва УНН асосида гравитациянинг квант назарисини яратиш масаласи ҳалигача амалга ошмади. Ҳозирда бирлаштирувчи назария сифатида асосий номзодлар -торлар назарияси, сиртмоқ назарияси ва Калуца-Клейн назариялари қаралмоқда. Шу ўринда Калуца-Клейн назариясига тўхталиб ўтамиз. XX аср бошларида Коинотнинг ўлчами, биз билган 3 та фазовий ва битта вақтдан ташқари, кўпроқ ўлчамга эга деган фикрлар пайдо бўлди. Бу фикрга Калуца-Клейн назарияси туртки вазифасини бажарди. Бу назария доирасида УНН га кўшимча ўлчам киритилса Максвелл тенгламалари келиб чиқиши кўрсатилди. Калуца ва Клейн ғояларига таяниб юқори ўлчамли назариялар яратиш имконияти пайдо бўлди. Шу маънода гравитацион ўзаро таъсирнинг бошқа таъсирларга қараганда кучсизлиги ҳам аён бўлди. Унга кўра гравитация юқори ўлчамли фазоларда мавжуд ва унинг кузатиладиган фазодаги таъсири кучсизланиб қолади.

1990 йилларнинг охирида бу бирлаштирувчи назарияларнинг умумий муаммоси юзага келди: улар Коинотнинг кузатиладиган характеристикаларини қатъий аниқлай олмайдилар. Умуман олганда Буюк бирлаштирувчи назария Коинотнинг фундаментал қонуни, қолган барча назариялар эса бу қонуннинг хусусий ҳоллари ёки натижалари ҳисобланади.

2.3. Истиқболдаги режалар

Бирлаштирувчи назария ғоясига кўра маълум энергетик масштабда барча таъсир доимийлари тенглашади, бу ҳолат 80 ГэВ дан юқори энергияларда содир бўлади. Бу масштабда барча ўзаро таъсирлар бир хил кучга эга ва барча зарралар битта математик аппарат ёрдамида ифодаланади. Ҳисобларга кўра

бундай бирлашиш тахминан 10^{14} ГэВ да содир бўлади. Бу масштаб тезлатгичларда эришиб бўлмайдиган қийматдир. Лекин уни бошқача йўл билан текшириб кўриш мумкин. Маълумки кучсиз ўзаро таъсир остида нейтрон протон, электрон ва антинейтринога парчаланadi. Бирлаштирувчи назарияга кўра протон ҳам стабил эмас ва парчаланиши керак. Протоннинг озгина эҳтимоллик билан бўлсада парчаланиши хавфли бўлиб, унинг стабиллиги Коинотдаги барча материянинг стабиллигини белгилайди. Лекин ҳозиргача унинг парчаланиши тўғрисида бирорта ҳам эксперимент натижаси йўқ.

Катта адрон коллайдерда олиб борилаётган тадқиқотлар бирлаштирувчи назарияларни бошқа коллайдерларда эришилмаган энергияларда текшириб кўришга имкон беради.

Назорат саволлари:

1. Қайси кучлар тарихан илк бор бирлаштирилган?
2. Салам-Вайнберг модели асосида қайси кучлар бирлаштирилган?
3. Бирлаштирувчи назарияларнинг асосий моҳияти нимада?
4. Бирлаштирувчи назарияларга доир моделларни изоҳланг?
5. Бирлаштирувчи назарияларни асословчи энг асосий назарияни айтинг.
6. Истиқболдаги вазифаларни тушунтиринг.

Фойдаланган адабиётлар:

1. V.Povh, K.Rith, Ch. Scholz, F. Zetsche. Particles and Nuclei. An introduction to the physical concepts. 2008. Springer, Berlin-Heidelberg. -395 p.
2. Ch.W.Fay. Introduction to modern physics. Ferris state university press. 2011. -157 p.

3- мавзу: Нейтрино физикаси.

Режа:

1. Нейтринонинг кашф қилиниши
2. Нейтрино табиати, хусусиятлари. Нейтрино осциляцияси
3. Нейтринони ўрганиш буйича олиб борилаётган экспериментлар
4. Коинот тузилишида нейтринонинг ўрни
5. Оламни ўрганишда нейтринонинг аҳамияти

Таянч иборалар: *нейтрино, нейтрино авлодлари (оилалари), сақланиш қонунлари, нейтрино осциляцияси, Қуёш нейтриноси муаммоси, атмосфера нейтриноси, коллаборациялар.*

3.1. Нейтринонинг кашф қилиниши.

Нейтрино (италиячада neutrino – кичик нейтрон, нейтронча) – ярим спинга эга фундаментал нейтрал зарра, кучсиз ва гравитацион ўзаро таъсирларда қатнашади, лептонлар синфига оид зарра. Паст энергияли нейтрино модда билан ўта кучсиз таъсирлашади. Масалан, 3-10 МэВ энергияли нейтринонинг сувдаги эркин югуриш узунлиги 10^{18} метр (тахминан 100 ёруғлик йили). Ҳар секундда Ерда ҳар бир 1 см^2 юза орқали 6×10^{10} та Қуёшдан чиққан нейтрино ўтади. Лекин уларнинг бирор моддага таъсири деярли сезилмайди. Лекин юқори энергияли нейтриноларнинг нишон билан ўзаро таъсири сезиларли даражада пайқалмоқда. Такаки Кадзита ва Артур Макдональд 2015 йили нейтринонинг массага эгаллигини кўрсатувчи нейтрино осциляциясини кузатганлари учун Нобел мукофотига сазовор бўлди. Нейтрино осциляцияси ғояси 1957 йилда Б.М.Понтекорво томонидан илгари сурилган.

3.2. Нейтрино табиати, хусусиятлари. Нейтрино осциляцияси.

Биз e^+e^- -сочилишни таҳлил қилганимизда зарядланган лептонларга дуч келдик: электрон (e), мюон (μ) ва тау (τ) лептон ҳамда уларнинг бир хил массали ва қарама-қарши зарядли антитезлари (позитрон e^+ , μ^+ мезон ва τ^+ лептон).

Электрон ва мюон энг энгил электр зарядли зарралар ҳисобланади. Электр зарядининг сақланиши электрон стабиллигини таъминлайди ва мюон парчаланиши натижасида электрон ҳосил бўлади. Мюоннинг парчаланиши

$$\mu^- \rightarrow e^- + \nu_e + \nu_\mu$$

жараён орқали амалга ошади.

τ – лептон мюонга қараганда кўп марта оғир, кўп адронларга нисбатан оғирроқ. Шу сабабли фақат энгил лептонларга эмас,

$$\tau^- \rightarrow e^- + \nu_e + \nu_\tau$$

$$\tau^- \rightarrow \mu^- + \nu_\mu + \nu_\tau,$$

балким адронларга ҳам парчаланиши мумкин: масалан, пион ва нейтринога

$$\tau^- \rightarrow \pi^- + \nu_\tau.$$

Биз нейтрино ҳосил бўладиган бир неча жараённи кўрган эдик: ядронинг β -парчаланиши ва зарядланган лептонлар парчаланишларини. Нейтринолар электр нейтрал лептонлар бўлиб электромагнит ёки кучли ўзаро таъсирни сезмайди. Шу сабабли нейтринолар фақат кучсиз ўзаро таъсирлашади ва улар гўё қоида каби билвосита зарядланган зарралар ҳосил бўладиган жараёнларда қайд қилиниши мумкин:

$$n \rightarrow p + e^- + \nu_e$$

$$\nu_e + p \rightarrow n + e^+$$

$$\nu_e + n \rightarrow p + e^-$$

Нейтрино ва антинейтринолар зарядланган пион парчаланишларида ҳосил бўладилар

$$\pi^- \rightarrow \mu^- + \nu_\mu$$

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$$

ва ўзларини ҳар хил тутадилар.

Кучсиз ўзаро таъсирларнинг кинематик таҳлили нейтринолар тинчликдаги массаси учун фақат экспериментал юқори чегарани кўрсатади ва

тўғридан-тўғри ўлчашлар массасиз нейтриноларни инкор қилмайди. Лекин нейтринолар нолга яқин массага эгаллиги тўғрисида кучли асос мавжуд.

Садбери Нейтрино Обсерваторияси Канада) да, 1000 тонна оғир сув 2000 метр Ер сиртидан пастда жойлаштирилган, Черенков детекторидан фойдаланиб қуйидаги реакциялар бир вақтнинг ўзида ўлчаниши мумкин:

$$\nu_e, \mu, \tau + d \rightarrow p + p + e^-$$

$$\nu_e, \mu, \tau + d \rightarrow p + n + \nu_e, \mu, \tau$$

$$\nu_e, \mu, \tau + e \rightarrow \nu_e, \mu, \tau + e.$$

Биринчи реакция фақат ν_e ни ўлчайди, чунки нейтринолар энергияси μ ёки τ ни ҳосил қилиш учун жуда ҳам кичик. Иккинчи реакция ҳидга боғлиқ эмас ва умумий нейтрино оқимини ўлчашга имкон беради. Аслида умумий нейтрино оқими ν_e оқимига қараганда 3 марта катталигини эксперимент кўрсатди. Учинчи реакция ν_e га кўпроқ сезгир, лекин умумий оқимни ўлчаш учун ҳам ишлатилиши мумкин⁵.

Ҳар бир лептон (антилептон) га ўзининг нейтрино (антинейтрино) жуфти мос келади:

- электрон_нейтрино/электрон антинейтрино;
- мюон_нейтрино/мюон антинейтрино
- тау_нейтрино/тау антинейтрино

Турли нейтрино турлари бир-бирига айланиши содир бўлади. Бу ҳодисага нейтрино осцилляцияси дейилади. Бу ҳодиса нейтриноларнинг нолдан фарқли массага эгаллигидан содир бўлади. Ультрарелятивистик зарралар туғилишини ўрганиш бўйича ўтказилган эксперимент нейтрино манфий спиралликка, антинейтрино эса мусбат спиралликка эгаллигини кўрсатди. Назарий моделлар нейтринонинг тўртинчи тури – стерил нейтрино мавжудлигини кўрсатмоқда. Лекин бу нейтринонинг мавжудлигини тасдиқловчи экспериментлар ҳозирча мавжуд эмас (масалан, MiniBooNE ва LSND лойиҳаларида).

Массаси

⁵ B.Povh, K.Rith, Ch. Sholz, F. Zetsche. Particles and Nuclei. An introduction to the physical concepts. 2008. Springer, Berlin-Heidelberg. P. 128-130

Нейтрино массаси нолга тенг эмас, лекин бу масса ўта енгил. Барча турдаги нейтринолар массалари йиғиндисининг экспериментда баҳоланган қиймати $0,28 \text{ эВ}$ га тенг. Нейтрино массасининг аниқ қиймати Коинотнинг яширин массасини тушунтириш учун ҳам муҳимдир. Нейтрино массасининг ўта енгиллигига қарамасдан унинг Коинотдаги концентрацияси етарли даражада юқори ва бу билан ўртача зичликка ҳисса қўшиши мумкин.

Кашф қилиниш тарихи



Нейтринонинг пуфакли камерада кузатилиши

XX асрнинг 20-30- йилларида ядро физикасининг асосий муаммоларидан бири бета-парчаланишда электрон спектри муаммоси эди. Жеймс Чедвик томонидан 1914 йилда ўтказилган тажрибада бета-парчаланишда ҳосил бўлган электронлар энергияси узлуксиз спектрга эгаллиги аниқланган. Яъни ядродан турли энергияли электронларнинг учиб чиқиши кузатилган.

Иккинчи томондан, 20-йилларда Квант физикасининг ривожланиши атом ядросида энергия сатҳлари дискрет характерга эгаллигини кўрсатди. Бу фикр биринчи бўлиб австриялик физик Лиза Мейтнер томонидан 1922 йилда айтилди. Яъни, ядро парчаланишида ҳосил бўлган зарралар энергияси дискрет бўлиб бу энергия ядро сатҳлари орасидаги фарққа тенг бўлиши керак. Масалан, альфа – парчаланишда альфа – зарралар энергияси бу фикрни тасдиқлайди. Шу сабабли бета – парчаланишда ҳосил бўлган электронлар энергиясининг

узлуксизлиги энергиянинг сақланиш қонуни шубҳа остига қўйди. Бу муаммо шу даражада муҳимлик касб этдики, 1931 йили машҳур даниялик физик Нильс Бор Рим конференциясида сўзга чиқиб микроламда энергиянинг сақланиш қонуни бузилиши мумкин деган фикрни илгари сурди. Лекин бу ҳолатни бошқача тушунтириш йўли ҳам мавжуд эди. Бу “йўқотилган” энергиянинг номаълум ва сезилмас зарра томонидан олиб кетилади деган ғоя эди. Бу ғоя В. Паули томонидан 1930 йилнинг 4 декабрида Түбингендаги физика бўйича анжуман иштирокчиларига юборилган хатида илгари сурилган эди. Бу зарра Энрико Ферми томонидан “нейтрино” деб номланди. В.Паули 1933 йилда бўлиб ўтган Сольвей конгресседа $\frac{1}{2}$ спинга эга нейтрал зарра иштирокидаги бета-парчаланиш механизмига бағишланган реферати билан чиқиш қилди. Бу чиқиш нейтринога бағишланган биринчи расмий мақола эди. Ҳозирда нейтрино табиати жаҳоннинг унга яқин лабораторияларида ўрганилмоқда⁶.

Қуёш нейтриноси муаммоси

Қуёш ядросида содир бўладиган жараёнлар катта миқдордаги электрон нейтриноларнинг ҳосил бўлишига олиб келади. Ерга келаётган нейтрино оқими 1960 йиллар охиридан буён ўрганиб келинмоқда. Бу ўрганишлар регистрация қилинаётган Қуёш, яъни электрон нейтрино оқимининг Қуёшдаги жараёнларни баён қилувчи стандарт Қуёш модели доирасида топилган қийматидан тахминан 3 марта камлигини кўрсатади. Назария ва эксперимент орасидаги бу номуносиблик “Қуёш нейтриноси муаммоси” номини олди.

Бу муаммони ечишнинг икки йўли таклиф қилинди. Биринчи йўл – стандарт Қуёш моделини модификация қилиш, яъни Қуёш ядросидаги температурани, термоядро активлигини аниқлаштириш орқали нейтрино оқими қийматини камайишига эришиш. Иккинчи йўл – нейтрино осцилляцияси, яъни Қуёшда ҳосил бўлган нейтрино Ерга томон ҳаракат давомида нейтринонинг бошқа турларига айланиши ҳодисасининг содир бўлиши. Иккинчи йўл ҳозирда бу муаммони ҳал қилишнинг ҳақиқатга яқин йўли сифатида қаралмоқда. Ва

⁶ «Evidence for Massive Neutrinos from Cosmic Microwave Background and Lensing Observations». Physical Review Letters (2014) 112 (5): 051303. arXiv:1308.5870v2. DOI:10.1103/PhysRevLett.112.051303. PMID 24580586. Bibcode: 2014PhRvL.112e1303B.

Садберидаги тажрибалар натижасида нейтрино осциляцияси содир бўлиши тўғридан тўғри тасдиқланди. Бунда вакуумда электрон (Куёш) нейтриноси мю-ва тау-нейтриноларига айланади. Бу ҳолат Куёш моддасида ҳам содир бўлади (Михеев-Смирнов-Вольфенштейн эффекти). Моддадаги нейтрино осциляцияси нейтрино моддада эффектив массага эга бўлиш (аслида нол массага эга бўлса ҳам) лигидан келиб чиқади. Зичлиги текис ўзгарувчан моддада 2 тур нейтриноларнинг эффектив массалари бир-бирига яқин бўлиб қолганда осциляция кучаяди. Бунинг учун 2 турдаги нейтринолар модда билан ҳар хил таъсирлашиши керак, яъни нейтриноларнинг эффектив потенциаллари модда зичлиги билан турлича боғланган бўлиши керак. Моддада кузатиладиган бундай осциляция Михеев-Смирнов-Вольфенштейн эффекти деб аталади ва электрон нейтрино дефицитлигини тушунтирувчи асосий сабаб деб қаралмоқда.

3.3. Нейтринони ўрганиш буйича олиб борилаётган экспериментлар.

Осциляция куйидаги ҳоллар учун кузатилди:

- Куёш нейтриноси (Девиснинг хлор-аргон эксперименти, SAGE, GALLEX/GNO галлий-германий экспериментлари, Kamiokande сув-черенков эксперименти ва SNO), BOREXINO сцинтилляцион эксперименти;
- Атмосфера нейтриноси (Kamiokande, IMB), коинот нурларининг атмосфера атом ядролари билан ўзаро таъсирлашишидан ҳосил бўлган;
- реактор антинейтриноси (KamLAND сцинтилляцион эксперименти, Daya Bay, Double Chooz, RENO);
- тезлатгич нейтриноси (K2K эксперименти (инглизчада *KEK To Kamioka*) 250 км қалинлигини ўтгач мюон нейтрино миқдори камайгани кузатилди, OPERA экспериментида 2010 йили мюон нейтринонинг тау-нейтринога осциляцияланиши натижасида тау-лептон туғилиши кузатилган.

Ҳозирда мюон нейтрино ва антинейтринонинг электрон нейтрино ва антинейтриносига осциляцияланиши MiniBooNE экспериментида ўрганилмоқда (LSND эксперименти шартлари бўйича). Бу эксперимент натижаси нейтринолар ва антинейтринолар осциляцияси орасидаги фарқни кўрсатади.

3.4. Фойдаланиш истиқболлари.

Нейтринодан фойдаланишнинг истиқболли йўналишларидан бири – нейтрино астрономияси. Маълумки, юлдузлар ёруғлик нуридан ташқари улардаги ядро реакциялари жараёнида ҳосил бўладиган нейтриноларнинг ҳам катта оқимини тарқатадилар. Юлдуз эволюциясининг сўнгги босқичларида нурланадиган энергиянинг 90% га яқини нейтринолар ҳисобига тўғри келади. Бу ҳол нейтрино ҳисобига совуш деб аталади. Шу сабабли нейтрино хоссаларини ўрганиш бу астрофизик жараёнларни тушунишга ёрдам беради.

3.5. Оламни ўрганишда нейтринонинг аҳамияти.

Бундан ташқари нейтрино ҳеч қандай ютилмасдан жуда катта масофаларни босиб ўта олади. Унинг бу хусусияти жуда узоқ астрофизик объектларни ҳам ўрганишга имкон беради. Нейтринонинг бошқа қўлланишига саноат ядро реакторларининг нейтрино диагностикаси мисол бўлади. Бу мақсадда яратиладиган нейтрино детектори ядро реактори қуввати ва ёқилғиси таркибини назорат қилиб туради. Назарий жиҳатдан нейтрино оқимидан алоқа воситасида ҳам фойдаланиш мумкин. Бу йўлда ҳозирда иш олиб борилмоқда. Ернинг ички қатламларидаги радиактив элементлар парчаланишида чиққан нейтриноларни ўрганиш орқали Ернинг ички тузилишини ўрганишда фойдаланиш мумкин. Яъни, Ернинг турли нуқталаридаги геологик нейтрино оқимини ўрганиш орқали радиоактив манбалар харитасини тузиш мумкин⁷.

Назорат саволлари:

1. Нейтринонинг кашф қилинишини тушунтиринг?
2. Нейтрино неча авлодга эга?
3. Нейтрино осциляциясини тушунтиринг?
4. Қуёш нейтриноси муаммосини тушунтиринг?
5. Нейтринонинг Олам тузилишидаги ўрни қандай?
6. Истиқболдаги тадқиқотларни тушунтиринг?

⁷ Measurement of the neutrino velocity with the OPERA detector in the CNGS beam, 22 Sep 2011. p.-45.

Фойдаланган адабиётлар:

1. Astronomers Accurately Measure the Mass of Neutrinos for the First Time. *scitechdaily.com*.
2. *Foley, James A.* Mass of Neutrinos Accurately Calculated for First Time, Physicists Report. *natureworldnews.com*
3. «Evidence for Massive Neutrinos from Cosmic Microwave Background and Lensing Observations». *Physical Review Letters* (2014) **112** (5): 051303. arXiv:1308.5870v2. DOI:10.1103/PhysRevLett.112.051303. PMID 24580586. Bibcode: 2014PhRvL.112e1303B.
4. *Shaun A. Thomas, Filipe B. Abdalla, and Ofer Lahav* Upper Bound of 0.28 eV on Neutrino Masses from the Largest Photometric Redshift Survey (англ.) // *Phys. Rev. Lett.*. — 2010. — Vol. 105, fasc. 3. — P. 031301.
5. Measurement of the neutrino velocity with the OPERA detector in the CNGS beam, 22 Sep 2011
6. OPERA experiment reports anomaly in flight time of neutrinos from CERN to Gran Sasso // CERN Press Release, 23 February 2012, Update 8 June 2012 (англ.)
7. *ICARUS Collaboration et al.* Measurement of the neutrino velocity with the ICARUS detector at the CNGS beam // *Physics Letters B*. — 2012. — Vol. 713 (18 июля). - P. 17–22. - arxiv: 1203.3433.- DOI:10.1016/j.physletb. 2012.05.033.
8. http://neutrino.physics.wisc.edu/databay/2012-03-08-oscPRL/DYB_EWNP_v5.pdf.

4- мавзу: Тезлаткичларсиз астрозарралар физикаси.

Режа:

1. Тезлаткичларсиз астрозарралар физикаси ўрганадиган соҳалар
2. Тезлаткичларсиз астрозарралар физикасининг аҳамияти
3. Соҳада олиб борилаётган тадқиқотлар ва уларнинг аҳамияти
4. Тадқиқотларнинг самараси ва дунёқараш шаклланишидаги ўрни

Таянч тушунчалар: *астрозарралар, қора материя, коинот нурлари, протон парчаланиши, ўта янги юлдузлар, гамма нурлар, нейтрино астрономияси, астрофизика, космология, зарралар физикаси*

4.1 Тезлаткичларсиз астрозарралар физикаси ўрганадиган соҳалар

Тезлаткичларсиз астрозарралар физикаси катта соҳани ўз ичига олади. Бу соҳага Коинот нурлари физикаси, Қуёш нейтриноси физикаси, қора материя, нейтрино хоссалари, нуклон стабиллиги, ўта янги юлдузлар, гамма нурлар ва нейтрино астрономияси, астрофизика, космология ва зарралар физикаси каби бўлимлар киради. Гран Сассо ер ости лабораторияси (Gran Sasso Underground Laboratory, Рим шаҳридан 100 км жанубда жойлашган) да Қуёш нейтриносини ўрганиш бўйича 2 та эксперимент ўтказилмоқда: булар Борексина (Borexino) ва ИКАРУС (ICARUS) экспериментларидир. Борексина МэВ энергиядан паст энергияларда Қуёш нейтриносини ўрганадиган сцинтилляцион детектордир. Қайд қилиш реакцияси нейтрино-электрон сочилиши бўлиб унинг қайд қилиш энергияси 250 кэВ дан бошланади. Борексина детекторининг асосий мақсади реал вақт режимида 862 кэВ энергияли бериллий Қуёш нейтриноси оқимини ўлчашдан иборат. Детектор 2200 фотокучайтиргичлар билан ўралган диаметри 8.5 метрга тенг нейлон сферик идишга солинган 300 тонна суяқ сцинтиллятордан иборат. Борексинонинг прототиби – Сановчи Тест Машинаси (Counting Test Facility (CTF)) бўлиб энг паст ўлчашларни ҳам қайд қилишни намоёиш қилиш мақсадида қурилган эди. Бу детекторда Қуёш нейтриносидан ташқари ўта янги юлдузлар ва ердан келаётган (геонейтринолар) нейтринолар ҳам ўрганилади. Бу детектор Гран Сассо лабораториясининг С залида жойлаштирилган. ИКАРУС эса суяқ аргонли вақт-проекцион камера (time projection chamber (TPC)) бўлиб ионлаштирувчи зарраларнинг 3 ўлчовли тасвирини ва ажралиб чиқадиган энергиясини аниқлашга имкон беради. Детектор ҳар бир воқеанинг 3 ўлчовли тасвирини тиклашга имкон беради ва dE/dx энергия йўқотишни катта аниқликда ифодалайди. Бу детектор $p \rightarrow \pi + \dots + \nu$ каби нуклон парчаланишларини ҳам қайд қилишга мўлжалланган. Тезлаткичларсиз астрозарралар физикасининг аҳамияти шундан иборатки, унда

зарраларнинг табиий ҳолдаги хусусиятлари ўрганилади, Тезлатгичларда эса сунъий шароитдаги хусусиятлар ўрганилади. Лекин бу хусусиятлар табиий жараёнлардагига қараганда аниқ бўлмайди.

4.2. Соҳада олиб борилаётган тадқиқотлар ва уларнинг аҳамияти

Космологик ва Галактик қора материянинг табиатини тушуниш муаммоси бизнинг зарралар физикасини ва бизни ўраб турган Коинотни тушунишимиз учун катта аҳамият касб этади. Қора материя муаммосининг оддий ечими кучсиз ўзаро таъсирлашувчи массив зарралар (вимплар), Коинот пайдо бўлишининг дастлабки босқичларида пайдо бўлган, ва энг енгил супер-симметрик зарра-нейтрално мавжудлигини кўрсатади. Бу зарралар мавжудлиги Катта адрон коллайдери (КАК) тажрибаларида кузатилиши мумкин. Лекин супер-симметрик зарраларнинг тезлатгичларда кузатилиши уларнинг қора материяга тегишлилигини билдирмайди. Супер-симметрик зарраларнинг Самон йўли галоси асосий компонентаси сифатида мавжудлиги турли йўллар билан қайд қилиниши мумкин. Бу тадқиқотлар натижасида супер-симметрик зарралар – нейтралнолар мавжудлигини кўрсатувчи сигналлар DAMA ва CDMS гуруҳлари томонидан эълон қилинган.

Сўнгги бир неча йил мобайнида вимпларни қидириш бўйича бажарилган ишлар катта натижа бермади. Лекин кейинги 10 йил мобайнида уларни кузатиш мумкинлиги тахмин қилинмоқда.

Қора материяни тўғридан тўғри кузатиш ишлари Қора материяни билвосита қидириш ишлари дастурининг бир қисми сифатида олиб борилмоқда. Бунда гамма ва нейтрино телескоплари, учар шарлар ва Ернинг сунъий йўлдошларига ўрнатилган детекторлар кенг қўлланилмоқда. Шу мақсадда яратилган AMS детектори энг сўнгги класс детектори ҳисобланади ва у Ҳалқаро космик станцияда 3 йил мобайнида тадқиқот олиб боришга мўлжалланган.

Назарий йўл билан мавжудлиги юқори даражада асосланган совуқ қора материяга номзод аксиондир. Галактик аксионларни излаш АҚШ ва Японияда олиб борилмоқда. Европада эса Қуёш аксионларини излаш ЦЕРН даги CAST

экспериментида олиб борилмоқда. Бу экспериментда аксион параметрлари кенг танлаб олинган ва натижа иссиқ қора материяни ҳам қамраб олади. Шу сабабли CAST эксперименти АҚШ ва Японияда олиб борилаётган экспериментларни тўлдирувчи эксперимент ҳисобланади⁸.

Қора энергия

Бугунги кунда қора энергия табиатини ўрганиш физика ва космологиянинг энг муҳим муаммоларидан биридир. Қора энергия ўзининг космос эволюциясига таъсири орқали тадқиқ қилиниши мумкин. Бу йўналишдаги тадқиқотлар анъанавий астрономик техникалар ёрдамида олиб борилади. Лекин зарралар табиатини ўрганувчи физиклар, ҳам назарийчилар ва ҳам экспериментаторлар бундай лойиҳалар доирасидаги тадқиқот ишларига қабул қилинадилар. Ҳозирда АҚШ да физикларни катта DE лойиҳасига кирган SNAP ва LSST экспериментларига жалб қилиш ишлари олиб борилмоқда.

Шу маънода Европадаги астрозарралар физикаси жамиятининг ҳам фаолияти фаоллашган⁹.

Зарра хусусиятлари

Нейтрино массасини тўғридан тўғри ўлчаш

Бета-парчаланиш спектрини охириги ҳолатдаги зарралар ҳолатида аниқлаш кинематик жиҳатдан нейтрино массасини аниқлашга имкон беради. Шу мақсадда ҳозирда KATRIN бета-спектрометрининг сезгирлигини бир тартибга ошириш, яъни $0.2 \text{ эВ}/c^2$ даражага эришиш устида иш олиб борилмоқда.

Болометрлар сезгирлиги ҳам улар эришиши мумкин бўлган технологик чегарага ҳали етиб боргани йўқ ва вақти келиб KATRIN бета-спектрометри сезгирлигидан ҳам яхши даражага эришиши мумкин. Уларнинг имкониятини ошириш ишлари ҳозирда кенг даражада олиб борилмоқда¹⁰.

⁸ A.A.Aguilar-Arevalo et al. (MiniBooNE collaboration) Unexplained Excess of Electron-Like Events From a 1-GeV Neutrino Beam (англ.) // Phys.Rev.Lett.. — 2009. — Vol. 102. — P. 101802. — DOI:10.1103/PhysRevLett.102.101802.

⁹ A.A.Aguilar-Arevalo et al. (MiniBooNE collaboration) Event Excess in the MiniBooNE Search for Oscillations (англ.) // Phys.Rev.Lett.. — 2010. — Vol. 105. — P. 181801. — DOI:10.1103/PhysRevLett.105.181801.

¹⁰ A luminous future for the LHC, CERN Courier, Feb 23, 2015.p. 46.

Иккиламчи бетта парчаланиш орқали нейтринолар массаси ва табиатини аниқлаш

Зарядланган лептонлар ва кварклар уларнинг электр заряди натижасида Дирак зарралари ҳисобланадилар. Зарядланган фермионлар ва уларнинг антифермионлари бир хил массага эга бўлишлари зарур. Бундан келиб чиқиб зарядланган фундаментал фермионлар тўрт компонентали Дирак тенгламасини қаноатлантириши керак.

Нейтринолар нейтрал ҳисобланади ва лептон сони сақланиши аниқ бажарилмаслиги мумкин, уларнинг массаси хусусий ҳолатлари зарралар ва антизарралар суперпозициясидан иборат бўлиши мумкин. Биз кузатаётган нейтриноларнинг Дирак нейтриноси ва антинейтриноси эмаслигига бирор устун сабаб йўқ, лекин битта зарранинг иккита спираллик ҳолати мавжуд ва бундай нейтрино Майорана нейтриноси деб номланади. Майорана нейтринолари уларнинг антизарралари билан мос тушади. Бундай ҳолат мавжудлиги кўп йиллар олдин Майорана томонидан таклиф қилинган.

Енгил нейтринонинг дубликати оғир нейтринолар бўлиши мумкин. Элементар зарраларнинг Стандарт моделида кварклар ва лептонлар массага эга бўлишлари учун хизмат қиладиган механизм мавжуд, унга кўра фермионларнинг битта зарралар оиласи массалари катталиқ жиҳатдан бир тартибда бўлиши мумкин, масалан, кварклар ва лептонлар массалари $M_q \approx M_l = M_{q,l}$. Стандарт моделнинг айрим кенгайтирилган вариантларида енгил нейтринолар M_ν ва оғир нейтринолар M_N массалари Дирак массаси билан қуйидаги

$$M_{\nu MN} \approx M_{2q,l}. \quad (10.30)$$

муносабатда бўлади. Бу муносабатнинг интерпретацияси қуйидагича: Нейтринолар дастлаб зарядланган фермионлар тартибидаги Дирак $M_{q,l}$ массасига эга бўлишган, бу нейтрино ва антинейтринолар массаси уйғонган бўлган. Лептон сони аниқ сақланмаслиги сабабли, зарралар ва антизарралар бир – бири билан аралашishi мумкин, ва дастлабки Коинотнинг фаза ўтишларидан бирида бу массадаги уйғонганлик олиб ташланиши мумкин. Бунда енгил

нейтрино массаси пастга, оғириники юқорига силжиган бўлади. Майорано нейтриноси ҳосил бўлишининг бу сценарияси назариётчиларни кўп сабабдан ўзига жалб қилади. У зарядланган фермионлар массасига қараганда нейтринолар массаси нега бир неча тартиб кичиклигини, лептон сони сақланмаслигини, оғир Майорано нейтринолари парчаланишида СР жуфтликнинг бузилиши мумкинлигини ва дастлабки Коинот ривожланишида материя –антиматерия асимметриясини тушунтиришга имкон беради. Лекин ҳозирда нейтриносиз иккиламчи бета парчаланиш нейтрино табиатини аниқлашга ёрдам берадиган ягона эксперимент бўлиб қолмоқда¹¹.

Нейтриносиз иккиламчи бетта парчаланишнинг аниқ сигнали нейтринонинг Майорана типигаги нейтрино, яъни ҳақиқий нейтрал зарра, эканлигини исботлайди ва унинг массаси масштабини аниқлаштиради. Ҳозирда нейтринонинг 3 та масса кенглиги мавжуд. Ҳозирда мавжуд CUORICINO ва NEMO-3 экспериментларида нейтрино массаси ≥ 500 МэВ ораликда изланмоқда. Бу тажриба 1-кенгликка тегишли.

Яқин 5 йил ичида ишга тушуширилиши режалаштирилаётган Европа детекторлари - GERDA, CUORE, Super-NEMO ва COBRAnинг масса кенглиги 50-100 МэВ ни ташкил қилади. Бу детекторлар билан Европа тадқиқот марказлари нейтрино массасини аниқлаш соҳасида олдинги ўринларни эгаллашади ва натижага яқин туришибди.

Янги авлод детекторлари, 1 тонна фаол массага, яхши ажратиш қобилиятига ва паст фонга эга янги авлод детекторлари масса кенглигини 20-50 МэВ га етказиши мумкин. Ва ниҳоят турли ядро изотоплари ҳамда турли экспериментал техника зарур эффект орқали нейтрино массасини аниқлашга имкон бериши мумкин. Кейинчалик 20 МэВ дан паст кенгликка эга детекторларни яратиш устида ҳам ишланмоқда. Кейинги ўн йил мобайнида бунга эришиш кутилмоқда¹².

Нейтрино аралашиш параметрларини тадқиқ қилиш

¹¹ B.Povh, K.Rith, Ch. Sholz, F. Zetsche. Particles and Nuclei. An introduction to the physical concepts. 2008. Springer, Berlin-Heidelberg. P. 144

¹² The Future Circular Collider study, CERN Courier, Mar 28, 2014.

Нейтрино масса матрицаси, яъни турли авлод нейтриноларининг аралашини баён қилувчи матрица, структураси зарралар физикаси ва космология учун катта аҳамият касб этади. Қуёш, ўта янги юлдузлар ва бошқа астрофизик объектлардан келаётган нейтринолар билан ўтказилган тажрибалар уларнинг айнан қайси манбалардан келаётганини аниқлашга имкон бермайди. Лекин нейтрино табиати ва нейтрино аралашини параметри тўғрисида қимматли маълумотлар олиш мумкин бўлади. Шу сабабли аралашини параметрини реактор ва тезлатгич нейтриноларини ўрганиш орқали топиш ҳам аҳамият касб этади¹³.

Протон парчаланишини кузатиш

Протон парчаланишини қайд қилиш зарралар физикаси ва космологиянинг энг муҳим кашфиётларидан бири бўлар эди. Протоннинг стабил эмаслиги Стандарт моделнинг кенгайтирилган кўринишларидан келиб чиқади. Эксперимент аниқлигини бир тартиб ошириш бу ҳодисанинг содир бўлиш ёки бўлмаслигини аниқлашга имкон берар эди.

Келажакда 10^5 - 10^6 ҳажмдаги протонли суюқликли детекторлар яратиш бу масалани ҳал қилишга ва астрофизик табиатга эга паст энергияли нейтриноларни қайд қилишга имкон берган бўлар эди. Шу мақсадда MEMPHYS –сув-Черенков, LENA – суюқ сцинтилляцион ва GLACIER – суюқ аргонли детекторлар такомиллаштирилиши кўзда тутилган¹⁴.

Қуёш, ўта янги юлдуз ва Ердан келаётган паст энергияли нейтриноларни ўрганиш

Паст энергияли нейтринолар турли табиий манбалар томонидан ҳосил қилинади. Булар - Қуёш ядроси, ўта янги юлдузлар портлаши ва Ернинг ичидаги радиоактив моддалар бетта - парчаланишидан ҳосил бўлган нейтринолардир. Уларни ўрганиш улар ҳосил бўлган манбалар динамикасини ўрганишга имкон беради. Иккинчи томондан сунъий манбалардан олинган

¹³ LHCb Collaboration. First observation of $B_0 \rightarrow J/\psi f_0(980)$ decays // Physics Letters B. — 2011. — Т. 698, № 2. — С. 115—122. — DOI:10.1016/j.physletb.2011.03.006. — arXiv:1102.0206.

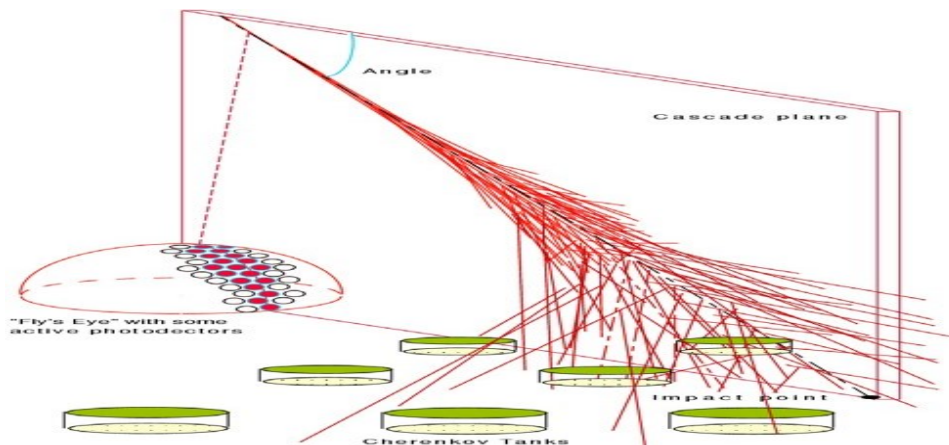
¹⁴ LHCb Collaboration. First observation of $B_0 \rightarrow J/\psi f_0(980)$ decays // Physics Letters B. — 2011. — Т. 698, № 2. — С. 115—122. — DOI:10.1016/j.physletb.2011.03.006. — arXiv:1102.0206.

натижаларни солиштириш орқали нейтрино табиатини аниқлашга имкон беради. GALLEX ва GNO экспериментлари нейтрино осцилляциясини ўрганишда катта роль ўйнайди. Шу билан бирга паст энергияли нейтринолар табиати ҳам шу экспериментларда ўрганилади. Нейтрино табиати LVD (Гран Сассо, Италия), IceCube/AMANDA (Жанубий кутб), Super-Kamiokande (Япония) ва SNO (Канада) экспериментларида ҳам ўрганилмоқда¹⁵.

Нотермал Коинот Юқори энергияли коинот нурлари

Юқори энергияли коинот нурлари кенг атмосфера жалалари, (KASCADE-Grande, Tunka ва IceTop экспериментлари), шарлар ёрдамида атмосферадан ташқарида (TRACER ва CREAM экспериментлари) ва Ернинг сунъий йўлдошларига ўрнатилган (Pamela and AMS экспериментлари) детекторлар ёрдамида ўрганиб келинган.

Ҳозирда бу соҳадаги тадқиқотлар кенг кўламда олиб борилмоқда¹⁶.



Коинот нурларини қайд қилиш механизми Юқори энергияли нейтринолар

Юқори энергияли нейтриноларни ўрганиш ишлари энг йирик нейтрино телескопи NT200 (Байкал кўлида) ва AMANDA телескоплари (Жанубий кутбда жойлаштирилган) ёрдамида олиб борилади. Бундан ташқари ANTARES, NEMO ва NESTOR лойиҳалари доирасида Ўрта ер денгизи сув остида катта сув ости телескопи куриш режалаштирилган.

¹⁵ LHCb Collaboration. First observation of $B_s \rightarrow D_{s2}^{*+} X \mu \nu$ decays // Physics Letters B. — 2011. —Т. 698, № 1. — С. 14-20.

¹⁶ LHCb Collaboration. First observation of $B_s \rightarrow D_{s2}^{*+} X \mu \nu$ decays // Physics Letters B. — 2011. —Т. 698, № 1. — С. 14-20.

Юқори энергияли гамма нур астрономияси

Юқори энергияли гамма нурларни ўрганишда Ерда ўрнатилган гамма нур абсерваториялари етакчи ўринни эгаллайди. Кузатувлар, асосан, H.E.S.S. ва MAGIC экспериментлари, юқори энергияли гамма нур манбалари кўплигини кўрсатди. Бу манбаларнинг айримлари гамма нурлар диапазонида энг кўп энергия чиқариб, кўринадиган нур ва бошқа тўлқин узунликлар диапазонида кам энергия чиқариши маълум бўлди. Лекин бу йўналишдаги ишларни янада яхшилаш учун юқори сезгирликка эга янги авлод детекторлари зарурлиги талаб қилинмоқда.

Галактик ва галактикадан ташқаридаги юқори энергияли гамма нур манбаларини ўрганиш учун янги авлод детекторларини яратиш (масалан, СТА – Cherenkov Telescope Array телескопи) ва бундан ташқари уларнинг сезгирлиги бир тартиб юқори бўлиши ва энергия оралиғи катта бўлиши талаб қилинади. Шундагина олинган натижалар ишончилиги ва аниқлиги жиҳатдан замон талабига жавоб беради. Бу мақсадда Черенков нурланишларини қайд қилувчи телескоплар тизимини яратиш мақсадга мувофиқ деб қаралмоқда.

Бундай телескоплар тизимини шимолий ва жанубий ярим шарларда ўрнатиш ва уларнинг тизимли ишлашини йўлга қўйиш юқори энергияли гамма нурлар табиатини, улар манбаларини, бундай манбалар харитасини тузишни системали амалга оширишга имкон берган бўлар эди.



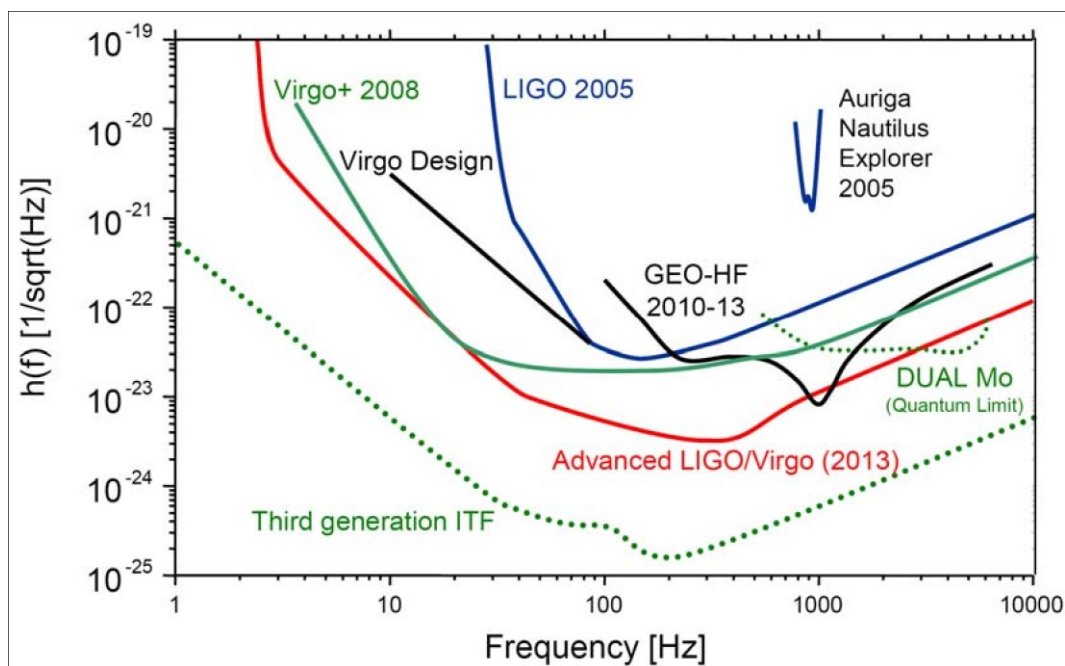
**Н.Е.С.С. телескопи тизими
Гравитация**

Гравитацион тўлқинлар катта қайд қилиниш эҳтимоллигига эга бўлишига қарамасдан яқин кунларгача уларни қайд қилиш амалга ошмади. Бу мақсаддаги урунишлар кузатувларни давомли амалга ошириш билан бир қаторда мавжуд детекторлар сезгирлигини оширишга қаратилиши керак.

Европа жамияти бу соҳадаги ишларни интеграциялаш ва кучларни катта лойиҳалар доирасида бирлаштириш йўлида фаолият олиб бормоқда. Мисол тариқасида GEO ва Virgo экспериментлари GEO-HF, Virgo+ ва Advanced Virgo экспериментлари сифатида давом эттирилмоқда¹⁷.



Virgo интерферрометрининг юқоридан кўриниши



Гравитацион тўлқин детекторларининг ҳозирги ва келажакда кутилаётган сезгирликлари. Узлуксиз чизиқлар мавжуд детекторлар сезгирлиги. Нуқтали чизиқлар янги детекторлар сезгирлиги.

¹⁷ LHCb Collaboration. First observation of $B_s \rightarrow D_{s2}^{*+} X \mu \nu$ decays // Physics Letters B. – 2011. – Т. 698, No. 1. – С. 14-20.

4.4. Тадқиқотларнинг самараси ва дунёқараш шаклланишидаги ўрни

Тезлаткичларсиз акстрозарралар физикаси инсоният, асосан, ёшлар дунёқарашини кенгайтиришида катта роль ўйнайди. Бу соҳа кенг ва турли муаммоларни ўзида қамраб олиши билан ажралиб туради. Бу эса соҳага қизиққан ёшлар фикрлаш доирасини кенгайтириши билан бирга уларни кенг ва қизиқарли соҳага олиб кириши билан ҳам аҳамиятлидир.

Назорат саволлари:

1. Тезлаткичларсиз акстрозарралар физикасини ўрганадиган соҳаларни сананг ва уларга изоҳ беринг?
2. Тезлаткичларсиз акстрозарралар физикасининг аҳамияти нимада?
3. Соҳада олиб борилаётган тадқиқотлар ва уларнинг аҳамиятини тушунтиринг?
4. Олиб борилаётган тадқиқотларнинг самараси ва дунёқараш шаклланишидаги ўрнини тушунтиринг?

Фойдаланган адабиётлар:

1. MiniBooNE results suggest antineutrinos act differently // FermiLab Today, 10.06.2010
2. *A.A.Aguilar-Arevalo et al. (MiniBooNE collaboration) Unexplained Excess of Electron-Like Events From a 1-GeV Neutrino Beam (англ.) // Phys.Rev.Lett.-2009. — Vol. 102.-P. 101802. -DOI: 10.1103 PhysRevLett. 102.101802.*
3. *A.A.Aguilar-Arevalo et al. (MiniBooNE collaboration) Event Excess in the MiniBooNE Search for $\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e$ Oscillations (англ.) // Phys.Rev.Lett.. — 2010. — Vol. 105. — P. 181801. — DOI:10.1103/PhysRevLett.105.181801.*
4. A luminous future for the LHC, CERN Courier, Feb 23, 2015.
5. The Future Circular Collider study, CERN Courier, Mar 28, 2014.

6. *LHCb Collaboration*. First observation of $B_s^0 \rightarrow J/\psi f_0(980)$ decays // *Physics Letters B*. — 2011. — T. 698, № 2. — C. 115—122. — DOI:10.1016/j.physletb.2011.03.006. — arXiv:1102.0206.

7. *LHCb Collaboration*. First observation of $B_s \rightarrow D_{s2}^{*+} X \mu \nu$ decays // *Physics Letters B*. — 2011. — T. 698, № 1. — C. 14-20. —

5- мавзу: Замонавий тезлаткичлар. Катта адрон коллайдери.

Режа:

1. Тезлаткичлар - зарралар физикасининг асосий қуроли
2. Уларнинг турлари ва ишлаш соҳалари
3. Катта адрон коллайдери, тузулиши, ишлаш принципи, мақсад ва вазифалари
4. Катта адрон коллайдерида олинган натижалар
5. Истиқболдаги режалар. Кейинги авлод коллайдерлари

Таянч тушунчалар: *тезлаткичлар, катта адрон коллайдери, чизиқли тезлаткич, синхротрон, суперсинхротрон, АТЛАС, СМС. Ўта ўтказувчан магнитлар, зарралар “тўда”си, ёритилганлик.*

5.1. Тезлаткичлар - зарралар физикасининг асосий қуроли

Тезлаткичлар зарралар физикасининг асосий қуроли ҳисобланади. Бу соҳада олинган барча билимлар тезлашган зарралар тўқнашишини, яъни ноэластик тўқнашишларни ўрганиш орқали олинади. Иккинчи томондан эса барча илгари суриладиган назарияларни ҳам “элак”дан ўтказиб уларнинг тўғрилиги ҳам тезлаткич натижаларига қараб аниқланади.

5.2. Уларнинг турлари ва ишлаш соҳалари

Ўтган асрнинг 30-йилларидан бошлаб тезлаткичлар ишлатиб келинган. Дастлабки шундай қурол сифатида Ж.Томсон ва Резерфорд тажриба ускуналарини келтириш мумкин. Кейинчалик Синхротрон, синхрофазотрон, чизиқли тезлаткич, коллайдерлар каби турли усулда зарраларни тезлаштирувчи қурилмалар юзага кела бошлаган.

Зарралар тезлаткичлари бизни энергияси TeV (10^6 MeV) гача бўлган ҳар хил турдаги зарралар дасталари билан таъминлайди. Бу зарралар бир томондан энергия “манбаси” бўлиб хизмат қилади ва агар улар ядроларни бомбардимон қилишда қўлланилса, турли уйғонган ҳолатларни ёки янги зарраларни ҳосил қилади. Иккинчи томондан улар “зонд” вазифасини бажариши ва улар ёрдамида биз нишон зарраси структурасини ўрганишимиз мумкин.

Барча тезлатгичлар қуйидагилардан ташкил топган: зарра манбаси, тезлаштиришни амалга оширувчи тузилма, вакуумли даста канали. Унда зарралар дастасини фокуслаш ва оғдириш имконияти ҳам мавжуд бўлиши керак. Ze зарядли зарра U потенциал фарқли йўлни босиб ўтса $E=ZeU$ энергияга эга бўлади.

Тезлатгичлар электростатик тезлатгич, чизиқли тезлатгич, синхротрон ва йиғувчи ҳалқаларга бўлинадилар. Дастлабки учтасининг ишлаш принциплари яхши маълумлигидан биз йиғувчи ҳалқаларга тўхталиб ўтамиз.

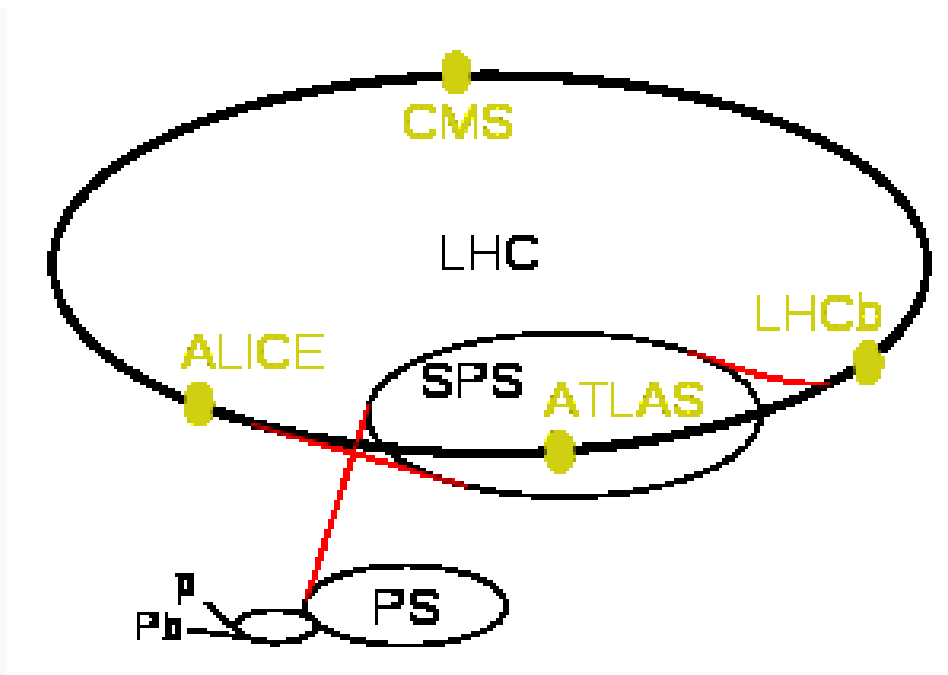
Қўзғалмас нишонга эга реакциянинг масса маркази энергияси даста энергияси квадрат илдизига пропорционал равишда ўсади. Агар биз тўқнашувчи зарралар дастасини қўлласак, ўша даста энергияларида юқори масса маркази энергиясига эга бўлишимиз мумкин. Кейинги авлод тезлатгичларида айнан йиғувчи ҳалқалар принципи қўлланилади ва шу сабабли ҳам уларни коллайдерлар, яъни инглизчада “Collider” – “Тўқнаштирувчи” деб аташади¹⁸.

5.3. Катта адрон коллайдери, тузулиши, ишлаш принципи, мақсад ва вазифалари.

Катта адрон коллайдери -КАК (инглизчада Large Hadron Collider – LHC) ҳозирда дунёдаги энг катта тезлаткич, зарядланган зарраларни қарама-қарши йўналишларда тезлатиб тўқнаштириш натижасида ҳосил бўладиган зарралар табиатини ўрганишга мўлжалланган янги авлод қурилмаси. Унда протонлар ва оғир ионлар (кўрғошин ионлари) юқори энергияларда тезлаштирилади ва ҳосил бўлган зарралар хусусиятлари ўрганилади. Бу коллайдер ЦЕРН (Европа Ядро Тадқиқотлари Маркази) да, Женева шаҳри яқинида, Швейцария ва Франция чегарасида қурилган. Катта адрон коллайдери қурилишида 100 дан ортиқ мамлакатлардан келган 10 мингдан ортиқ олим ва мухандислар иштирок этишган. Бу тезлаткичнинг “Катта” деб аталишига сабаб унинг ўлчамларидир. Асосий ҳалқасининг узунлиги 26 659 метрни ташкил қилади. “Адрон” дейилишининг сабаби унда кварклардан тузилган оғир зарралар, яъни адронлар

¹⁸ B.Povh, K.Rith, Ch. Sholz, F. Zetsche. Particles and Nuclei. An introduction to the physical concepts. 2008. Springer, Berlin-Heidelberg. P. 341-343, 346

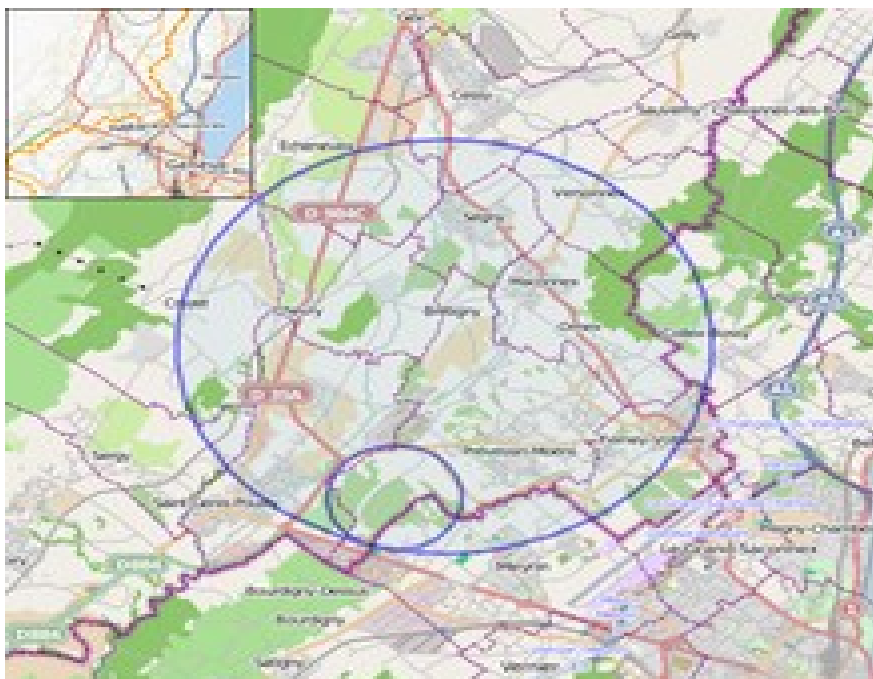
тезлаштирилади. “Коллайдер” (инглизчада collider – сталкиватель) дейилишига сабаб унда зарралар дасталари қарама-қарши йўналишларда тезлаштирилади ва махсус нуқталарда уларнинг тўқнашувлари содир қилинади.



КАК нинг детекторлари ва бирламчи тезлаткичлари.

Протонлар p (ва Pb -қўрғошиннинг оғир ионлари) нинг бирламчи тезлатилиши чизиқли тезлаткичларда, мос ҳолда p ва Pb нуқталарда бошланади. Кейин зарралар протон синхротрон (PS) бустерига ўтказилади. Ундан кейин протон суперсинхротрони (SPS) га, кейин эса КАК туннелига ўтади. Схемада кўрсатилмаган TOTEM ва LHCf детекторлари мос ҳолда CMS ва ATLAS детекторлари билан ёнма-ён жойлашган.

Катта адрон коллайдерининг асосий вазифаси – зарралар билан бўладиган жараёнларни Стандарт модель доирасида баён қилишда олинadиган натижаларнинг тажриба натижаларидан озгина бўлса ҳам оғиш-оғмаслигини катта ишончлик билан аниқлашдан иборат.



Коллайдер жойлашган жой харитаси.

Элементар зарралар физикасининг ҳозирги ҳолати.

1990 йилларнинг охирида мавжуд 4 та ўзаро таъсирнинг 3тасини – кучли, электромагнит ва кучсиз ўзаро таъсирларни бирлаштирган Стандарт модель (СМ) ишлаб чиқилди. Гравитацион ўзаро таъсир эса ҳалигача УНН доирасида баён қилинади. Шундай қилиб, ҳозирда фундаментал ўзаро таъсирлар 2 та умум қабул қилинган назариялар – УНН ва СМ орқали баён қилинади. Бу назарияларни бирлаштириш квант гравитация назариясини яратиш қийинлигидан ҳалигача амалга ошмади.

Стандарт модель элементар зарраларнинг якуний назарияси ҳисоблана олмайди. Бу модель микродунё тузилиши назариясининг маълум қисми, яъни коллайдерларда 1 ТэВ дан кичик энергияларда экспериментларда кузатиладиган бир қисми бўлиши мумкин. Бу назарияни “Янги физика” ёки “Стандарт моделдан ташқаридаги” назария деб аташади. Шу сабабли Катта адрон коллайдерининг бош вазифаси элементар зарралар назарияси Стандарт модельга қараганда анча юқори даражадаги назария эканлигига бирор “ишора”ни топишдан иборат.

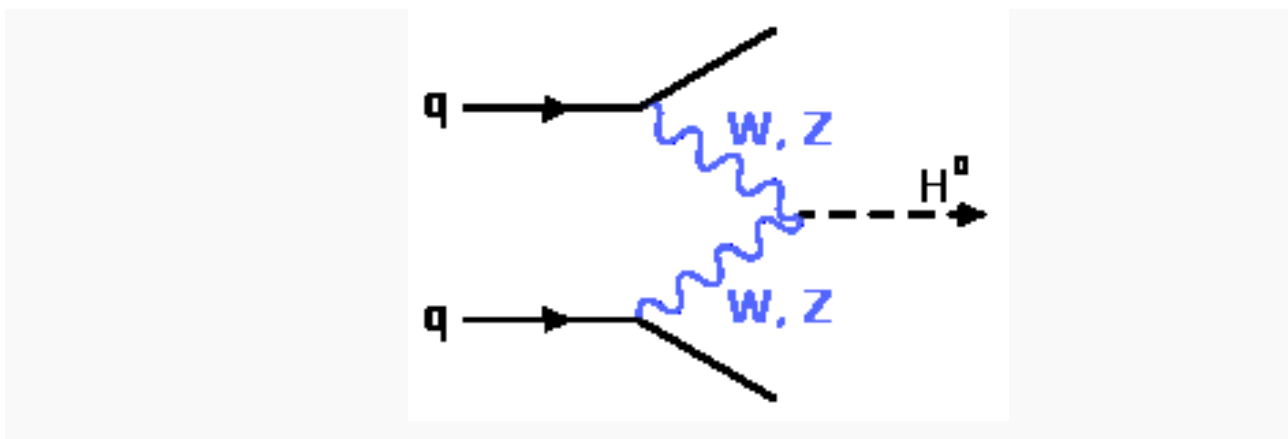
Барча ўзаро таъсирларни битта назария доирасида бирлаштириш учун ҳар хил усуллар қўлланилмоқда: торлар назарияси, М-назариялар, супергравитация назарияси, квант гравитацияси ва бошқалар. Уларнинг

айримлари ўз ички муаммоларига эга ва бирортаси тажрибада тасдиқланган натижага эга эмас. Асосий муаммо эса эксперимент ўтказиш учун мавжуд тезлаткичларда эришиш мумкин бўлмаган энергиянинг зарурлигидир.

Катта адрон коллайдери айнан шундай энергияларда эксперимент ўтказишга ва мавжуд моделларнинг тўғри ёки нотўғри эканлигини аниқлашга имкон беради. Масалан, 4 тадан юқори ўлчамга эга кўплаб физик назариялар мавжуд ва бу назариялар “суперсимметрия” мавжудлигини илгари суради. Масалан, торлар назарияси ёки бу назария суперторлар назарияси ҳам дейилади, чунки суперсимметриясиз бу назария ўз маъносини йўқотади. Суперсимметрия мавжудлигининг экспериментда тасдиқланиши бу назарияларнинг тўғрилигини тасдиқлаган бўларди.

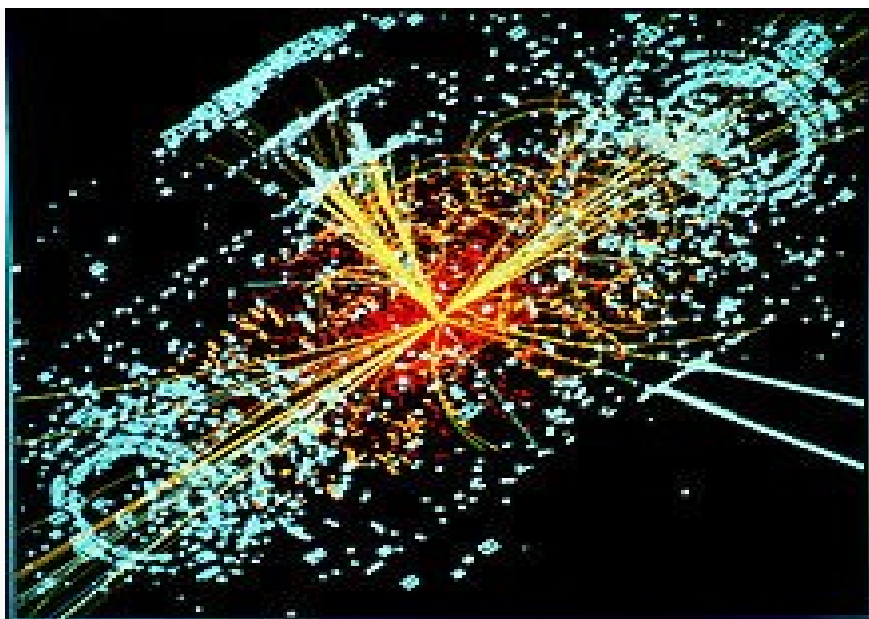
Топ-кварк - энг оғир кварк ҳисобланади. Сўнгги Тэватрон натижаларига кўра унинг массаси 173.1 ± 1.3 ГэВ/ c^2 га тенг. Массаси оғирлигидан бу кварк ҳозирга қадар фақат битта тезлаткич – Тэватронда кузатилди. Бошқа тезлаткичларда унинг ҳосил бўлиши учун энергия етишмади. Иккинчи томондан топ - кваркнинг ўзи физиклар учун қизиқ бўлиб қолмасдан, бу кварк Хиггс бозонини ўрганиш учун “инструмент” вазифасини ҳам бажаради. Чунки Хиггс бозони катта адрон коллайдерида топ-кварк – антикварк жуфтлиги билан биргаликда туғилади, яъни ҳосил бўлади. Шундай Хиггс зарраларининг тўғилишини фонддан ишончли ажратиш олиш учун олдиндан топ – кварклар хоссаларини яхшилаб ўрганиш зарур.

Электрзаиф симметрия механизмини ўрганиш катта аҳамиятга эга.



W- ва Z-бозонлар туғулишини кўрсатувчи Фейнман диаграммалари нейтраль Хиггс бозонининг ҳам туғулишини кўрсатади. Катта адрон коллайдерининг асосий мақсадларидан бири айнан шу Хиггс бозонининг мавжудлигини исботлашдир. Хиггс бозонининг мавжудлиги шотланд физиги Питер Хиггс томонидан 1964 йилда Стандарт модель доирасида башорат қилинган. Хиггс бозони Хиггс майдони кванти деб фараз қилинади. Бу майдон орқали зарралар ўтганда маълум қаршиликка учрайди ва массага эга бўлишади. Хиггс бозони ностабиль ва катта масса ($120 \text{ ГэВ}/c^2$ дан катта) га эга. Хиггс бозонининг ўзидан ташқари бу мезон электрозаиф ўзаро таъсирда симметрия бузулишининг Хиггс механизмини ҳам таъминлаши кераклиги сабабли ҳам унинг экспериментда тасдиқланиши ўта муҳимдир.

Кварк-глюон плазма ҳолатини ўрганиш ҳам муҳим физик масалалардан биридир. Коллайдерда ҳар йили 1 ой мобайнида ядролар тўқнашиши содир қилинади. Бунда кўрғошин ядролари тезлатилади ва детекторларда бу ядролар тўқнашиши содир қилинади. Ядроларнинг бундай ультрарелятивистик тезликларда ноэластик тўқнашишида қисқа вақт давомида зич ва иссиқ ядро моддасининг ҳосил бўлиши ва кейинчалик унинг парчаланиши содир бўлади. Бунда модданинг кварк-глюон плазма ҳолатига ўтиши ва кейинчалик совуши кузатилади. Бу ҳодисани ўрганиш ва тушуниш мукамал кучли ўзаро таъсир назариясини куриш учун зарурдир. Бу муаммони ўрганиш Ядро физикаси ва Астрофизика учун ҳам ўта фойдалидир.



CMS детекторида Хиггс бозони туғулиши жараёнини моделлаштириш

Суперсимметрия назариясини асослаш ҳам катта адрон коллайдери мақсадларидан биридир. Бу назарияга кўра ҳар бир элементар зарра жуда оғир массали жуфти (партнери) га, яъни “суперзарра”сига эга.

Фотон-адрон ва фотон-фотон тўқнашишларни ўрганиш Катта адрон коллайдерида ўрганиладиган жараёнлардан биридир. Маълумки, электромагнит ўзаро таъсир фотонлар (айрим ҳолларда виртуаль фотонлар) алмашиши орқали содир бўлади. Бошқача айтганда фотонлар электромагнит майдон ташувчилари ҳисобланади. Протонлар электр зарядига эга ва шу сабабли электростатик майдон билан ўралган. Шу сабабли бу майдонни виртуаль фотонлар булулти деб фараз қилишимиз мумкин. Ҳар қандай протон, айниқса релятивистик протон ўз атрофида шундай виртуаль зарралар булутини ҳосил қилади. Бу виртуаль зарралар булути протоннинг таркибий қисми ҳисобланади. Протонлар ўзаро тўқнашганда ҳар бир протонни ўраб турган бу виртуаль зарралар ҳам ўзаро тўқнашадилар. Зарраларнинг ўзаро тўқнашиш жараёни математик нуқтаи-назардан қатор тузатмаларга эга ва бу тузатмаларнинг ҳар бири ушбу виртуаль зарралар ўзаро таъсирини акс эттиради. Буни Фейнман диаграммаларда кўриш мумкин. Шу сабаб протонлар тўқнашишини тадқиқ қилишда юқори энергиялардаги модданинг фотонлар билан ўзаро таъсири ҳам бевосита ўрганилади ва бу тадқиқотлар назарий физика учун катта аҳамиятга

эга. Шу билан бирга алоҳида турдаги жараёнлар – протонлар ўзаро тўқнашишида икки фотоннинг ўзаро таъсир ва фотон-адрон ўзаро таъсир жараёнлари ҳам ўрганилади. Ядролар ўзаро таъсирида, ядролар электр зарядининг катталиги сабабли, электромагнит жараёнларнинг таъсири янада юқори бўлади.

Экзотик назарияларни текшириш ҳам Катта адрон коллайдери вазифаларидан биридир. Маълумки, 20-аср ниҳоясида назарийчилар томонидан Олам тузулиши тўғрисида кўплаб ноодатий ғоялар илгар сурилди. Бу ғоялар “экзотик моделлар” ёки “экзотик назариялар” деб аталади. Бундай назарияларга 1 ТэВ энергия масштабидаги кучли гравитация назарияси, катта ўлчамли моделлар, преон моделлари (бу моделларда кварклар ва лептонлар бошқа майда зарралардан ташкил топган деб қаралади) ва янги турдаги ўзаро таъсирга асосланган моделлар қабилар киради. Экзотик назарияларнинг юзага келишига асосий сабаб ҳозирда мавжуд экспериментал натижалар ягона кучли ўзаро таъсир назариясини қуриш учун етарли эмас. Лекин мавжуд экспериментал натижалар бу назарияларни маълум маънода тасдиқлайди. Шу сабабли катта адрон коллайдерида олинадиган натижалар бу назарияларни текшириш имкоиятини беради.

Шу билан бирга Катта адрон коллайдерида параллель коинотни излаш таклифлари ҳам мавжуд, яъни мини қора ўра ҳосил қилиш орқали. Модернизация қилингандан кейин Катта адрон коллайдери энергияси 14 ТэВ га етиши режалаштирилган.

Бундан ташқари Стандарт модель баён қила олмайдиган жараёнларни топиш, W- ва Z-бозонлар хоссаларини тадқиқ қилиш, ўта юқори энергияларда ядро ўзаро таъсирларини ҳамда b- ва t- кваркларнинг туғилиш ва парчаланиш жараёнларини ўргаиш каби муаммолар ҳам Катта адрон коллайдери вазифалари қаторига киради.

Катта адрон коллайдерининг техник характеристикалари



ATLAS детектори жойлашган ер ости иншооти (октябрь 2004 йил)



ATLAS детекторини йиғиш жараёни (февраль 2006 йил)

Тезлаткичда тўқнашувчи протонларнинг умумий энергияси масса маркази системасида 14 ТэВ (яъни 14 тераэлектронвольт ёки 14×10^{12} электронвольт) ни, кўрғошин ядроси энергияси эса ҳар бир тўқнашувчи нуклонлар жуфти учун 5 ГэВ (5×10^9 электронвольт) ни ташкил қилади. 2010 йил бошида КАК тезлатилган протонлар энергияси жиҳатдан олдинги рекордчи тезлатгич – Теватронни, яъни Энрико Ферми номидаги Миллий тезлатгич лабораторияси (АҚШ) да жойлашган протон-антипротон коллайдерини ортда

қолдирди. Ҳозирда Катта адрон коллайдери дунёда энг қувватли тезлатгич ҳисобланади. Унинг энергияси Брукхейвен лабораторияси (АҚШ) да жойлашган оғир ионлар релятивистик коллайдери – RHIC энергиясидан бир тартиб юқори. Дастлабки вақтда тезлатгичнинг равшанлиги 10^{29} зарра/см²·с бўлиб бу кўрсаткич доимо яхшиланиб борилмоқда ва бу кўрсаткични $1,7 \cdot 10^{34}$ зарра/см²·с етказиш режаси бор. Бу борада КАК ВаВар (SLAC, АҚШ) ва Belle (КЕК, Япония) тезлатгичларига тенглашади.

Тезлатгич жойлашган туннель узунлиги 26,7 км бўлиб 50 дан 175 метргача бўлган чуқурликда Швейцария ва Франция ҳудудларида жойлашган. Протонлар дастасини ушлаб туриш, тўғирлаш ва фокуслаш учун ишлатиладиган 1624 та ўта ўтказувчан магнитларнинг умумий узунлиги 22 км ни ташкил қилади. Бу магнитлар 1,9 К (–271 °С) температурада, яъни гелийнинг ўта оқувчанлик температурасидан паст температурада ушлаб турилади [14].

Детекторлар

КАК да 4 та асосий ва 3 та ёрдамчи детекторлар ишлатилади:

- ALICE (A Large Ion Collider Experiment)
- ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS)
- CMS (Compact Muon Solenoid)
- LHCb (The Large Hadron Collider beauty experiment)
- TOTEM (TOTAl Elastic and diffractive cross section Measurement)
- LHCf (The Large Hadron Collider forward)
- MoEDAL (Monopole and Exotics Detector At the LHC).

ATLAS, CMS, ALICE, LHCb — катта детекторлар бўлиб улар дасталар учрашадиган нуқталар атрофида жойлашган.

TOTEM, LHCf ва MoEDAL — ёрдамчи детекторлар бўлиб улар дасталар учрашадиган нуқталардан бир неча ўн метр масофада жойлашган.



СМС детектори

ATLAS ва CMS — детекторлари Хиггс бозонини излаш ва “ностандарт физика”ни ҳамда қора материяни излашга мўлжалланган. ALICE — детектори кўрғошин ионлари тўқнашувларида кварк-глюон плазмани ўрганишга, LHCb — материя ва антиматерия орасидаги фарқни янада яхшироқ тушунишга ёрдам берувчи b-кварклар физикасини ўрганишга, TOTEM — детектори зарраларнинг кичик бурчакларга сочилишини ўрганишга (бунда зарралар тўқнашмасдан яқин масофалардан учиб ўтишади, яъни тўқнашмайдиган зарралар, forward particles, ва натижада протонлар ўлчамини юқори аниқликда топиш мумкин, коллайдер равшанлигини назорат қилиш мумкин), ва LHCf — ўша тўқнашмайдиган зарралар ёрдамида моделлаштириладиган коинот нурларини тадқиқ қилишга мўлжалланган. MoEDAL детектори эса секин ҳаракатланувчи оғир зарраларни излашга мўлжалланган. Коллайдернинг ишлаш жараёнида дасталар тўқнашадиган 4 та нуқтанинг барчасида бирданига протонлар ёки ядроларнинг тўқнашувлари содир қилинади ва барча детекторлар бир вақтнинг ўзида статистика йиғиб олади.

Коллайдерда зарраларни тезлатиш жараёни

Коллайдердаги зарралар тезлиги вакуумдаги ёруғлик тезлигига яқин. Тезлатиш жараёни бир неча босқичда амалга оширилади. Биринчи босқичда Linac 2 ва Linac 3 паст энергияли чизиқли тезлатгичларда протон ва кўрғошин ионлари инъекцияси содир қилинади. Кейин зарралар янада тезлатиш учун протон синхротрон (PS) бустерига (унда 28 ГэВ энергияга эришгач), сўнг эса протон синхротрон (PS) нинг ўзига ўтказилади. Бу босқичда зарралар ёруғлик тезлигига яқин тезликда ҳаракатланади. Кейин эса зарралар тезлатилиши протон суперсинхротрон (SPS) да давом этади ва улар энергияси 450 ГэВ га етади. Бундан кейин зарралар тўдаси 26,7-километрлик ҳалқага йўналтирилади ва унда протонлар энергияси максималъ 7 ТэВ га етказилади, кейин кесишиш нуқталарида детекторлар содир бўлган жараёнларни қайд қилади. Иккита қарама-қарши зарралар дастасининг ҳар бири 2808 та “тўда”га эга бўлиши мумкин. Бу “тўда”лар бир биридан ўрнатилган маълум масофаларда жойлашади. Зарралар “тўда”си узундлиги бир неча сантиметрга тенг ва ҳалқа бўйлаб синхрон ҳаракатланади. Жараён бошланишида фақат битта “тўда” тезлатилади ва кейин “тўда”лар сони ошириб борилади. “Тўда”лар маълум кетма-кетликда ҳалқанинг детекторлар жойлашган 4 та нуқтасида тўқнашадилар. КАК даги барча “тўда”лар кинетик энергияси, уларнинг массаси нанограммдан юқори эмас ва оддий кўзга кўринмаса ҳам, реактив самолёт кинетик энергиясига тенг. Бу энергияга зарраларнинг ёруғлик тезлигига яқин бўлган тезлиги орқали эришилади. 7 ТэВ энергияли протонлар тезлиги ёруғлик тезлигидан 3 м/с га кам холос. “Тўда”лар тезлатгич бир айланасини 0,0001 секунддан камроқ вақтда босиб ўтади. Улар секундига 10 минг айланишни амалга оширади¹⁹.

Энергия истеъмоли

Тезлатгич ишлаб турганида электр энергия сарфи 180 МВт ни ташкил қилади. Бу энергияни қиёслаш учун қуйидаги фактларни келтириш мумкин: 2009 йилда бутун ЦЕРН нинг электр таъминоти — 1000 ГВт·с бўлган бўлса, бу

¹⁹ The Future Circular Collider study, CERN Courier, Mar 28, 2014.p.-74

миқдорнинг 700 ГВт·с қисми тезлатгичга сарф қилинган. Бу миқдор бутун Женева шаҳри йиллик энергия сарфининг 10% ини ташкил қилади.

Катта адрон коллайдерининг қурилиши тарихи



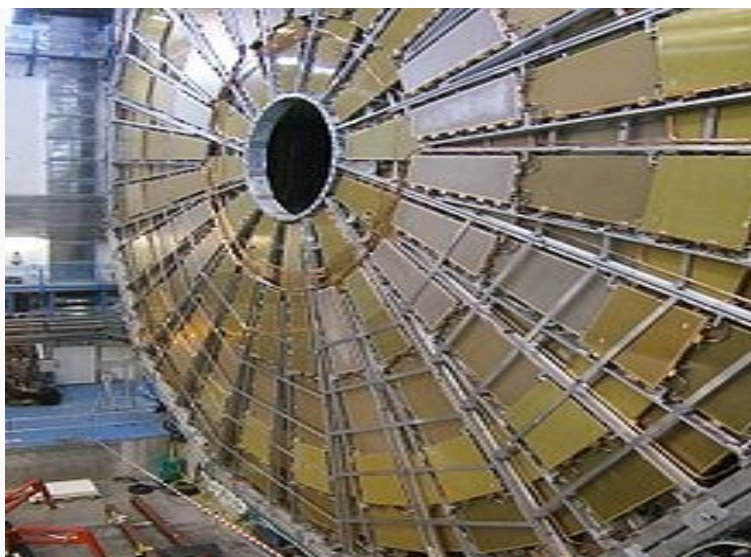
Катта адрон коллайдери жойлашган 27-километрлик ер ости туннели

Катта адрон коллайдерини қуриш ғояси 1984 йилда туғилган. Бу ғоя 10 йилдан кейин расмий равишда тасдиқдан ўтган ва қурилиш ишлари 2001 йилда, бундан олдинги коллайдер – Катта электрон – позитрон коллайдери қурилиши тугаши билан бошланган. Лойиҳа раҳбари – Линдон Эванс. 2006 йил 19 ноябрда магнитларни совутиб туриш учун махсус криоген линияси қурилиши тугалланди. Шу йили 27 ноябрда туннелда охирги ўта ўтказувчан магнит ўрнатилди.

Синов ва эксплуатация ишлари

2008 йил:

- 11 августда дастлабки синов ишларининг биринчи қисми муваффақиятли тугалланди. Синов даврида зарядли зарралар дастаси КАК нинг битта ҳалқаси бўйлаб тахминан 3 км масофани босиб ўтди.
- 10 сентябрда коллайдернинг расмий ишга тушурилиши бўлиб ўтди. Протонлар дастаси коллайдернинг бутун периметрини карама-қарши йўналишларда босиб ўтишди.



ATLAS детектори, ноябрь 2006 йил

- 12 сентябрда циркуляцияланувчи зарралар дастасини ҳосил қилиш ва узоқ вақт давомида уни ушлаб туришга муваффақ бўлинди.
- 19 сентябрда магнит системасини текшириш вақтида авария содир бўлди ва тезлатгич ишдан чиқди. Бунга сабаб –ток ошиши натижасида электр ёйи ҳосил бўлиши оқибатида ўта ўтказувчан магнитлар орасидаги контактнинг эриб кетиши бўлди. Бир йил вақт мобайнида коллайдер таъмирланди.

2009 йил:

- 20 ноябрда таъмирдан кейин протонлар дастаси коллайдернинг бутун ҳалқаси бўйлаб муваффақиятли ўтди.
- 29-30 ноябрда ҳар бир протонлар дастаси энергияси 1180 ГэВ гача етказилди ва натижада КАК дунёдаги протонларнинг энг қувватли тезлатгичига айланди.
- 9 декабрда рекорд энергияли протонлар дасталари тўқнашув жараёни содир қилинди: — 2,36 ТэВ ($= 2 \times 1180$ ГэВ).

2010 йил:

- 30 мартда протонлар дастаси энергияси 3,5 ТэВ га етказилди ва натижавий энергияси 7ТэВ бўлган протонларнинг тўқнашуви содир этилди. КАК да дастлабки узоқ муддатли илмий тадқиқот сеанси ўз ишини бошлади.

- 4 ноябрда Коллайдер оғир ионлар режимига ўтказилди ва оғир ионлар (кўрғошин ионлари) “тўда”ларини ишга тушириш бўйича тест ишлари бошланди.

- 7 ноябрда 5,74 ТэВ энергияга эга оғир ионларнинг тўқнашувлари содир қилинди ва бу жараён бир ой давомида ўрганилди.

2011 йил:

- 22 апрелда адрон коллайдерлар учун рекорд кўрсаткич – максималь равшанлик ўрнатилди: $4,67 \cdot 10^{32} \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$. Олдинги рекорд кўрсаткич Тэватронда 2010 йилда ўрнатилган бўлиб у $4,02 \cdot 10^{32} \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$ га тенг эди.

- 15 ноябрда кўрғошин ионларини тўқнаштириш бўйича 3 ҳафталик дастур ўз ишини бошлади.

2012 йил:

- 16 мартда протонлар биринчи марта 4 ТэВ энергиягача тезлатилди.

- Сентябрьда дастлабки протон-ион тўқнашувлари бўйича синов ишлари амалга оширилди.

- 17 декабрда протон тўқнашувларининг биринчи босқичи муваффақиятли якунланди.

2013 йил:

2013 йил бошида протон-ион тўқнашувлари сериялари амалга оширилди. 14 февралдан эса коллайдерда бажариладиган ишлар модернизация қилиниши муносабати билан 2014 йил охиригача бўлган муддатга тухтатилди.

2015 йил:

- 5 апрелда Катта адрон коллайдери икки йиллик танаффусдан кейин ишга туширилди.

- 11 апрелда протонлар 6,5 ТэВ энергиягача тезлатилди.

- 21 майда 6,5 ТэВ энергияли протонлар қарама-қарши дасталарининг тўқнашуви содир этилди.

- 3 июнда тўлиқ 13 ТэВ энергияли тўқнашувлар натижаларини йиғиш ва таҳлил қилиш ишлари бошланди.

- 14 июлда LHCb коллаборацияси пентокварклар деб номланувчи зарралар синфи тажрибада топилганини эълон қилди²⁰.

5.4 Катта адрон коллайдерда олинган энг муҳим натижалар:

- Хиггс бозонининг мавжудлиги тажрибада тасдиқланди, унинг массаси $125,09 \pm 0,21$ ГэВ га тенглиги аниқланди.

- 8 ТэВ гача бўлган энергияларда протон тўқнашувларининг асосий параметрлари аниқланди.

- Тэватронда илк кузатилган t-кваркнинг мавжудлиги тасдиқланди.

- B_s -мезонларнинг иккита янги парчаланиш канали аниқланди.

- Назарий йўл билан башорат қилинган янги $\chi_b(3P)$, Ξ_b^{*0} , $\Lambda_b^{0*}(5912)$ ва $\Lambda_b^{0*}(5920)$ зарралар кашф қилинди.

- Тэватронда 2009 йилда кузатилган $Y(4140)$ зарранинг кузатилгани эълон қилинди²¹.

5.5. Истикболдаги режалар. Кейинги авлод коллайдерлари

2018 йилгача коллайдерда 13-14 ТэВ энергиялардаги натижалар статистикаси йиғилади. Кейин 2 йилга коллайдер фаолияти тўхтатилади. Бу даврда бирламчи тезлатгичлар дасталар интенсивлигини ошириш мақсадида модернизация қилинади. Шу билан бирга детекторлар сезгирлиги оширилади ва бу ҳолат коллайдер равшанлигини икки марта оширишга олиб келади. 2021 йил бошидан 2023 йил охиригача 14 ТэВ энергияли тўқнашувлар натижалари олинади ва ўрганилади. Шундан сўнг коллайдер яна 2,5 йилга тўхтатилади. Бу вақт мобайнида тезлатгичнинг ўзи ҳам детекторлар ҳам модернизация қилинади. Натижада равшанликнинг 5-7 марта оширилиши кўзда тутилган. Бунга дасталар интенсивлигини ошириш ва дасталар тўқнашадиган нуқтада фокусни кучайтириш орқали эришиш кўзда тутилган.

Бундан ташқари протон ва электронлар тўқнашувини амалга ошириш (LHeC лойиҳаси) имконияти ҳам муҳокама қилинмоқда. Бунинг учун

²⁰ LHCb Collaboration. First observation of $B_0 \rightarrow J/\psi f_0(980)$ decays // Physics Letters B. — 2011. — Т. 698, № 2. — С. 115—122. — DOI:10.1016/j.physletb.2011.03.006. — arXiv:1102.0206.

²¹ LHCb Collaboration. First observation of $B_s \rightarrow D_{s2}^{*+} X \mu \nu$ decays // Physics Letters B. — 2011. — Т. 698, № 1. — С. 14-20.

электронларни тезлатиш линияси қурилиши талаб қилинади. LHeC лойиҳасига энг яқин лойиҳа немисларнинг электрон-протон коллайдери - HERA ҳисобланади. Чунки протон-протон тўқнашувларига қараганда электроннинг протонда сочилиши протоннинг кварк структурасини ўрганиш учун “тоза” инструмент вазифасини бажаради. Барча модернизацияларни эътиборга олганда катта адрон коллайдери 2034 йилгача фаолият юритади. Лекин 2014 йилда ЦЕРН да юқори энергиялар физикасини янада ривожлантириш бўйича таклифлар ишлаб чиқиш бўйича қарор қабул қилинган. Периметри 100 км гача бўлган коллайдер қуриш имкониятларини ўрганиш бўйича ишлар бошлаб юборилган. Бу лойиҳа FCC (Future Circular Collider) номини олган. Лойиҳа Z-, W-, Хиггс бозонлари ва t-кваркни ўрганишга мўлжалланган даста энергияси 45-175 ГэВ ли электрон-позитрон (FCC-ee) машинасини ва 100 ТэВ энергияли адрон коллайдери (FCC-hh) ни яратишни ўз ичига олади.

Лойиҳанинг маблағ билан таъминланиши

Лойиҳа бюджети 2009 йил ноябрь оyi ҳолатига 6 млрд. долларни ташкил қилади. Хусусий ва давлат инвестициялари 10 млрд.дан 18 млрд.гача деб баҳоланаётганини эътиборга олсак, бутун лойиҳа тахминан 20 млрд. долларга баҳоланиши келиб чиқади.

Назорат саволлари:

1. Тезлаткичлар ва уларнинг вазифасини тушунтиринг?
2. Катта адрон коллайдери мақсад-вазифаларини тушунтиринг?
3. Катта адрон коллайдери тузулиши ва ишлаш принципини тушунтиринг?
4. Катта адрон коллайдери лойиҳаси ва қурилиш тарихини изоҳланг?
5. Катта адрон коллайдери фаолиятига жамоатчиликнинг муносабати қандай?
6. Катта адрон коллайдерида эришилган натижаларни тушунтиринг?
7. Истикболдаги тадқиқот ишларини тушунтиринг?
8. Катта адрон коллайдери истикболини тушунтиринг?

Фойдаланган адабиётлар:

1. A luminous future for the LHC, CERN Courier, Feb 23, 2015.
2. The Future Circular Collider study, CERN Courier, Mar 28, 2014.
3. *LHCb Collaboration*. First observation of $B_s^0 \rightarrow J/\psi f_0(980)$ decays // *Physics Letters B*. - 2011. - Т. 698, № 2.-С. 115-122. -DOI:10.1016/j.physletb.2011.03.006. - arXiv:1102.0206.
4. *LHCb Collaboration*. First observation of $B_s \rightarrow D_{s2}^{*+} X \mu \nu$ decays // *Physics Letters B*. — 2011. —Т. 698, № 1. — С. 14-20. —

6- мавзу: Катта портлаш назарияси.

Режа:

1. Олам тўғрисидаги тасаввурлар
2. Олам тўғрисидаги назариялар
3. Катта портлаш назарияси. Унинг пайдо бўлишига асос бўлган далиллар
4. Олам пайдо бўлишининг босқичлари
5. Олам истиқбол эволюцияси

Таянч тушунчалар: *катта портлаш назарияси, Олам эралари, фазо ўтишлари, кварк-глюон плазма, реликт нурланиши.*

6.1. Олам тўғрисидаги тасаввурлар

Олам тўғрисидаги тасаввурлар қадимги грек файласуфлари, Ўрта Осиё мутафаккирлари асарларида ёритилиб, йиллар ўтиши билан авлоддан-авлодга ўтиб, бойиб келаётганлиги бизга маълум. Бу жараёни кузатадиган бўлсак ривожланиш жараёнида Геоцентрик, кейин эса Гелиоцентрик назарияларни эслашимиз табиий.

6.2. Олам тўғрисидаги назариялар

Бу назариялар албатта кўп йиллик астрономик кузатувлар асосида юзага келгани маълум ва шу сабабли ҳам улар маълум маънода ҳаётий бўлган. Фақат йиллар ўтиши билан бу назариялар вақт синовидан ўтиб мукамаллашиб борганлиги кўринади.

Космология ва зарралар физикаси ўртасидаги бир неча ўн йил давомидаги ҳамкорлик иккала соҳа учун ҳам ҳайратлиқ натижаларга олиб келди. Шу ўринда Коинот эволюцияси тўғрисидаги ҳозирги мавжуд ғояларни изоҳлаймиз ва бу эволюция замонавий зарралар физикаси манзарасига қандай натижалар берганлигини кўрсатамиз. Бу Стандарт космологик модел, яъни Катта портлаш назариясига кўра, Коинот чексиз иссиқ ва зич ҳолатдан бошланган. Бу олов шар портлаш натижасида кенгая борган ва унинг температураси ва зичлиги бизнинг кунларимизгача камайиб борган. Бу дастлабки элементар зарраларнинг иссиқ плазмаси кенгайиши бугунги барча маълум материянинг макроскопик ва

микроскопик шакллари – юлдузлар ва галактикаларнинг; лептонлар, кварклар, нуклонлар ва ядроларнинг келиб чиқишига олиб келган. Бу модел Коинотнинг ривожланиш вақти бўйича асосланган ва иккита муҳим эксперимент кузатувлари - Коинотнинг давомли кенгайиши ва космик фон нурланиши - реликт нурланиши билан тасдиқланган.

Коинотнинг кенгайиши. Коинот массасининг энг катта қисми галактикаларда тўпланган. Бу спиралсимон концентрацияланган юлдузлар системаси гравитация кучлари остида ушлаб турилади ва уларнинг ўлчамига боғлиқ ҳолда 10^7 дан 10^{13} Қуёш массасига тенг массаларга эга бўлади. Коинотда 10^{23} та галактика мавжуд деб тахмин қилинади, бу бир молдаги молекулалар сонига тенг.

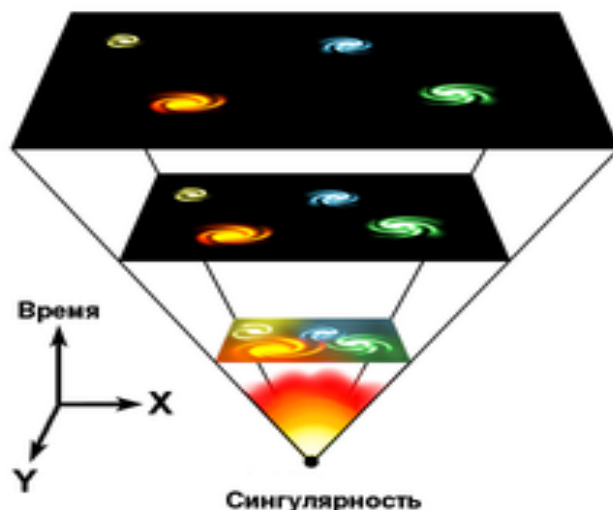
Катта телескоплар ёрдамида Ердан жуда узоқ бўлган галактикаларгача бўлган масофаларни ва уларнинг тезликларини ўлчаш мумкин. Галактиканинг Ерга нисбатан тезлиги лаборатория ўлчашларидан яхши маълум бўлган атом спектрал чизиқларининг Допплер силжиши орқали аниқланиши мумкин. Кузатилаётган чизиқларнинг қизил томонга, узун тўлқин узунлик соҳага силжишини кузатиш мумкин. Бу галактикаларнинг биздан узоқлашаётган ҳаракатига мос келади. Бу кузатув осмон сферасида кузатилаётган қайси йўналишда ҳаракатланаётганига боғлиқ эмас²².

6.3. Катта портлаш назариясининг замонавий талқини

Замонавий тасаввурларга кўра ҳозирда биз кузатаётган Коинот бундан $3,73 \pm 0,12$ млрд йил илгари қандайдир “сингуляр” ҳолатдан пайдо бўлган. Бу “сингуляр” ҳолат температураси $10^{32} K$ (Планк температураси), зичлиги $10^{93} g/cm^3$ (Планк зичлиги) бўлган. Портлаш содир бўлгандан кейин Коинот тўхтовсиз кенгайиб ва совиб бормоқда. Портлашдан олдин Коинот бир жинсли ва изотроп муҳит бўлиб у ниҳоятда юқори энергия зичлиги, температура ва босимга эга бўлган. Коинотнинг кенгайиши ва совуши билан газнинг конденсацияланиб суюқликка айланишига ўхшаш элементар зарралар учун

²² B.Povh, K.Rith, Ch. Sholz, F. Zetsche. Particles and Nuclei. An introduction to the physical concepts. 2008. Springer, Berlin-Heidelberg. P. 322-324

фазо ўтишлари содир бўлган. Тахминан Планк эраси бошланганидан 10^{-35} с вақт ўтганидан кейин фазо ўтиши содир бўлган ва у Коинотнинг экспоненциал кенгайишини таъминлаган (Планк вақти-Катта портлашдан кейинги 10^{-43} с вақт оралиғи бўлиб бу вақт ичида гравитацион ўзаро таъсир қолган 3 та ўзаро таъсирдан ажралиб чиққан). Бу даврда кучли ўзаро таъсир электрозаиф таъсирдан ажралиб чиққан ва кучли ўзаро таъсирлашувчи кварклар лептонлар билан ўта кучсиз таъсирлашади. Бу давр Космик инфляция номини олган. Бу давр тугагандан кейин Коинотнинг “қурилиш материали” вазифасини кварк-глюон плазма бажарган. Вақт ўтиши билан, тахминан 10^{-11} секунддан кейин, температура яна маълум қийматгача пасайган ва натижада яна бир фазо ўтиши содир бўлган. Бу фазо ўтиши бариогенезис деб номланади ва бу босқичда кварк ва глюонлар протон ҳамда нейтрон каби барионларга бирлашади. Бу босқичда бир вақтнинг ўзида материя ва антиматериянинг асимметрик ҳосил бўлиши (материя антиматерияга нисбатан кўпроқ ҳосил бўлган) билан бирга антиматерия тўлиқ материя билан аннигиляцияланиши натижасида нурланишга айланган. Температуранинг кейинги пасайиши, тахминан 10^{-6} с дан кейин, кейинги фазо ўтишига - ҳозирги кўринишдаги элементар зарралар ва фундаментал кучлар юзага келишига олиб келган. Шундан кейин нуклосинтез эраси бошланган ва бу эрада протонлар нейтронлар билан бирикиб дейтерий, гелий-4 ва яна бир неча енгил изотоплар ядросининг ҳосил бўлишига олиб келган. Коинотнинг кейинги кенгайиши ва температуранинг пасайиши натижасида навбатдаги ўтиш даври содир бўлган ва бу даврда гравитация асосий кучга айланган. Катта портлашдан 380 минг йил ўтгач температура шу даражада пасайиши натижасида водород атомларининг пайдо бўлиши мумкин бўлган (бунгача протонларнинг ионизацияси ва электронлар билан рекомбинацияси мувозанатда бўлган). Рекомбинация эрасидан кейин нурланиш учун материя шаффоф кўринишга келган ва нурланиш фазода эркин тарқала олган ҳамда бизнинг кунларгача реликт нурланиш кўринишида етиб келган.



Катта портлаш назарияси (инглизча Big Bang Theory) га кўра Коинот пайдо бўлиши арафасида ўта зич ва қайноқ ҳолатда бўлган ва бу ҳолат космологик сингулярлик деб аталади^{23 24}.

6.4 Олам пайдо бўлишининг босқичлари

Коинотнинг кузатилаётган кенгайишини вақтни орқага буриб ўтмишдаги дастлабки вақтга ва чексиз юқори зичлик ҳамда температура ҳолатига экстраполяция қилиш учун умумий нисбийлик назарияси ва бошқа гравитациянинг альтернатив назарияларидан фойдаланилади. Лекин бу дастлабки ҳолатга қандай қилиб келинган ёки коинот ушбу дастлабки ҳолатдан олдин қандай ҳолатда бўлган деган саволга жавоб йўқ. Назария катта портлашгача бўлган ҳолатгача қандайдир ҳолатнинг мавжуд бўлганини инкор қилмайди. Дастлабки даврда Коинот ўлчамлари 0 га тенг бўлган, у битта нуқтага сиқилган бўлган. Бу ҳолат космологик сингулярлик ҳолати дейилади ва классик Умумий нисбийлик назариясининг Коинотни етарлича баён қила олмаслигини билдиради. Бу сингулярликнинг қанчалик яқинигача биз билган физика қонунларини экстраполяция қилиш мумкинлиги аниқ эмас. Ва Планк эрасигача бўлган даврга маълум методларни қўллаш мумкин эмаслиги умум эътироф қилинган. Кўпчилик олимлар бу даврни Коинотнинг “туғилиши” (ёки

²³ Gustavo Yepes, Stefan Gottl, Yehuda Hoffman Dark Matter in the Local Universe (англ.) // New Astronomy Reviews. — 2014. — arXiv:1312.0105.

²⁴ A.Moni Bidin et al. Kinematical and chemical vertical structure of the Galactic thick disk. II. A lack of dark matter in the solar neighborhood (англ.) // The Astrophysical Journal. — 2012.

“яратилиши”) деб аташади. Умумий нисбийлик назариясининг космологик моделларида сингулярлик бўлмаслиги мумкин эмаслиги Р.Пенроуз ва С.Хокинг томонидан 1960 йилларнинг охирида исботланган. Унинг мавжудлиги гравитациянинг альтернатив назарияларини куриш учун асос ҳисобланади²⁵.

Коинотнинг кейинги эволюцияси

Катта портлаш назариясига кўра, унинг кейинги эволюцияси ўлчанадиган экспериментал параметр – Коинотдаги модданинг ўртача зичлигига боғлиқ. Агар зичлик қандайдир критик (назариядан маълум) қийматдан ошмаса Коинот абадий кенгайверади, агар зичлик критик қийматдан катта бўлса кенгайиш жараёни қачонлардир тўхтади ва сиқилиш фазаси бошланади. Бу фаза дастлабки сингуляр ҳолатга олиб келади. Ҳозирда модданинг ўлчанган ўртача зичлиги тўғрисидаги тажриба натижаларининг аниқлиги юқори эмас. Шу сабабли Коинотнинг кейинги эволюцияси тўғрисидаги бу иккала вариантнинг қайсиниси тўғрилиги тўғрисида хулоса чиқаришга ҳали эрта. Катта портлаш назарияси ҳозирча тушунтира олмайдиган саволлар ҳам мавжуд. Лекин бу назариянинг асосий ҳолатлари ишончли эксперимент натижалари билан тасдиқланган. Замонавий назарий физика Коинот эволюциясини вақт бўйича ишончли тушунтириб бера олади. Фақат энг бошланғич босқични, яъни “Олам бошланиши”нинг $\frac{1}{100}c$ гача бўлган даврини тушунтира олмайди. Бу давр унча ҳам аҳамиятга эга эмас. Бундан кейинги даврларни эса катта аниқликда тушунтириб бериш имконияти мавжуд.

Катта портлаш назариясининг пайдо бўлиш тарихи

- 13.73 ± 0.12 млрд йил олдин Катта портлаш содир бўлган.
- 1916 йил — А.Эйнштейннинг “Умумий нисбийлик назарияси асослари”

номли илмий иши нашр қилинди ва унда гравитациянинг релятивистик назариясининг яратилиши ўз ниҳоясига етди.

²⁵ P. A. R. Ade et al. (Planck Collaboration) (22 March 2013). «Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results – Table 9». *Astronomy and Astrophysics* 1303:5062. arXiv:1303.5062. Bibcode: 2013arXiv1303.5062P.

• 1917 йил —Эйнштейн ўзининг майдон тенгламалари асосида эгриликка эга ва вақт доимий бўлган фазо тўғрисидаги тасаввурларни кенгайтирди (Космологиянинг фан сифатида юзага келишини билдирувчи Эйнштейннинг Коинот модели) . Космологик параметр- Λ ни фанга киритди. Кейинчалик космологик параметрнинг киритилишини ўзининг хатоси эканлигини таъкидлади, лекин ҳозирда бу параметр - Λ Коинот эволюциясида энг муҳим роль ўйнаши маълум. В.де Ситтер Коинотнинг космологик моделини ўзининг “Гравитациянинг Эйнштейн назарияси ва унинг астрономик натижалари” номли мақоласида илгари сурди (де Ситтер модели).

• 1922 -математик ва геофизик А.А.Фридман Эйнштейн гравитация тенгламасининг ностационар ечимини топди ва Коинотнинг кенгаётганини хулоса сифатида келтирди (Ностационар космологик модель-Фридман ечими номи билан машҳур). Бу ҳолатни агар ўтмишга томон экстраполяция қилсак, дастлабки вақтда Коинотнинг барча моддаси компакт соҳада тўпланган ва шу ҳолатдан портлаш натижасида атрофга ёйилган деган хулоса чиқариш мумкин. Коинотда жуда тез портлашга ўхшаш жараёнлар содир бўлиб турганлиги сабабли Фридманда Коинотнинг бошланишида ҳам шундай портлаш жараёни, яъни Катта портлаш содир бўлган деган фикр пайдо бўлган.

• 1923 йил-немис математики Г.Вейль агар бўшлиқдан иборат де Ситтер моделига модда жойлаштирилса унинг кенгайишини таъкидлади. Де Ситтер моделининг турғунмаслиги тўғрисида А.Эддингтон томонидан шу йили нашр қилинган китобда ҳам айтиб ўтилган.

• 1924 йил -К.Вирц галактикалар бурчак диаметрлари ва узоқлашиш тезликлари орасида кучсиз корреляция мавжудлигини аниқлади. Бу корреляция унга объектлар узоқлашиш тезлигининг масофа ошиши билан ошишини кўрсатувчи де Ситтер космологик модели билан боғлиқ бўлиши керак деган хулоса чиқаришга олиб келди.

• 1925 йил -Вирц ишларини такрорлаган К. Э. Лундмарк ва Штрёмберг ишончли натижалар олишмади. Галактикалар диаметри ва ялтираши уларгача бўлган масофани аниқлаш учун кретенерий бўлмаслиги аниқ бўлди. Шу йили бўш

бўлмаган Коинотнинг кенгайиши тўғрисида бельгиялик назариётчи Ж.Леметрнинг мақоласи нашр қилинди.

• 1927 йил -Ж.Леметрнинг “Галактикадан ташқари туманликлар радиаль тезликларини тушунтирувчи доимий массали бир жинсли ва радиуси катталашаётган Коинот” номли мақоласи нашр қилинди. Бу мақолада келтирилган тезлик ва масофа орасидаги пропорционаллик коэффиценти Э.Хаббл томонидан 1929 йилда топилган қийматга яқин бўлиб чиқди. Леметр биринчи бўлиб кенгайётган Коинот объектлари тақсимоти, уларнинг ҳаракат тезликлари Космологиянинг предмети бўлиши кераклигини айтиб ўтди. Коинот объектларига эса юлдузлар эмас, балким гигант юлдуз тизимлари, галактикалар кириши айтилган. Леметр Хаббл натижаларига таянган, у билан эса 1926 йили АҚШда танишган ва унинг маърузасида қатнашган.

• 1929 йил -17 январда АҚШ Миллий академияси тўпламига Хьюмасоннинг NGC 7619 объектнинг нур тезлигига доир ва Хабблнинг “Галактикадан ташқари туманликлар масофаси ва нур тезликлари орасидаги боғлиқлик” мавзусидаги мақолалар қабул қилинди. Бу масофаларни нур тезликлари билан таққослаш тезликнинг масофа билан чизиқли боғлиқлигини кўрсатди. Ҳозирда бу боғлиқлик Хаббл қонуни дейилади.

• 1948 йил -Г.А.Гамовнинг Фридманнинг кенгайётган Коинот назарияси асосида қурилган “қайноқ Коинот” тўғрисидаги мақоласи нашр қилинди. Фридман фикрича олдин портлаш содир бўлган. Портлаш Коинотнинг ҳамма жойида ва бир вақтда содир бўлган. Бунда фазо жуда зич модда билан тўлган ва бу моддадан миллиардлар йил кейин Коинотнинг ҳозирда кузатиладиган жисмлари – Қуёш, юлдузлар, галактикалар, планеталар, шу жумладан Ер ва ундаги барча нарсалар пайдо бўлган. Гамов Оламнинг дастлабки моддаси на фақат ўта зичлигидан ташқари у ўта қайноқ бўлганини қўшиб қўйди. Гамов ғояси шундан иборат эдики, дастлабки Коинотнинг қайноқ ва зич моддасида ядро реакциялари содир бўлган. Бу ядро қозонида бир неча дақиқада енгил кимёвий элементлар синтези содир бўлган. Космик фон нурланишининг олдиндан башорат қилиниши бу назариянинг энг яхши натижаси ҳисобланади.

Термодинамика қонунларига кўра электромагнит нурланиш қайноқ модда билан биргаликда дастлабки Коинотнинг “қайноқ” даврида мавжуд бўлган. Оламнинг кенгайиши натижасида бу нурланиш йўқолмайди ва кучли совуган ҳолда ҳозирда ҳам мавжуд. Гамов ва унинг ходимлари бу қолдиқ нурланишнинг бугунги температурасини тахминан баҳолашга эришишди. Бу температура жуда паст, абсолют нолга яқин бўлиб чиқди. Астрономик катталиклардаги ноаниқликларни эътиборга олинса бу нурланиш температураси $1 \div 10K$ оралиқда ётиши кўрсатилди. 1950 йилда Гамов ўзининг илмий-оммабоп мақоласида (Physics Today, №8, P.76) бу температура тахминан $3K$ га тенглигини эълон қилди.

- 1955 йил -радиоастроном Тигран Шмаонов тажрибада ЎЮЧ да тахминан $3K$ температурада шовқин нурланиши мавжудлигини топди.

- 1964 йил -америкалик радиоастрономлар А.Пензиас ва Р.Вилсон космик фон нурланиши мавжудлигини кашф қилишди ва унинг температурасини аниқлашди. Бу температура тахминан $3K$ эканлигини аниқлашди. Бу Космологиядаги 1929 йили Хаббл томонидан Коинотнинг умумий кенгайиши аниқлангандан буён топилган энг йирик кашфиёт бўлди. Гамов назарияси шу билан тўлиқ тасдиқланди. Ҳозирда Коинотдаги мавжуд бу нурланиш реликт нурланиши деб аталади. Бу терминни астрофизик И.С.Шкловский фанга киритган.

- 2003 йил -Хаббл космик телескопи ва бошқа манбалар томонидан олинган маълумотлар Ламбда - CDM космологик модель ва инфляциян назария тўғрилигини тасдиқлади. Коинот ёши ва материя турларининг масса бўйича тақсимоти (барион материя - 4%, қора материя – 23%, қора энергия – 73%) катта аниқликда ўрнатилди.

- 2009 йил - реликт нурланиш анизотропиясини янада юқори аниқликда ўлчашга мўлжалланган Планк сунъий йўлдоши учирилди²⁶.

²⁶ Francis, Matthew. First Planck results: the Universe is still weird and interesting. Arstechnica (22 March 2013).

“Катта портлаш” термини тарихи

Дастлаб бу назария “Динамик эволюцияланувчи модель” деб номланган. “Катта портлаш” термини биринчи марта Фред Хойл томонидан 1949 йилдаги маърузасида ишлатилган.

6.5 Олам истиқбол эволюцияси

Катта портлаш назариясига қарши бўлганларнинг айримлари Коинот стационар, у эволюцияланмайди, коинотнинг боши ва ниҳояси мавжуд эмас деб ҳисоблашади. Улар Коинотнинг кенгайишини инкор қилишади ва “қизил силжиш”ни ёруғликнинг “кексайиши” гипотезаси орқали тушунтиришади. Лекин бу гипотеза ҳам кузатиш натижаларига тўғри келмади. Масалан, ўта янги юлдуз нур сочиш давомийлигининг унгача бўлган масофага боғлиқлиги орасидаги кузатиладиган боғланишни мисол тариқасида келтиришимиз мумкин. .

Катта портлаш назарияси қонунлари Коинотнинг биз кузатадиган қисмидагина (Метагалактикада) ўринли деган қараш ҳам мавжуд.

Бундан ташқари КПН ўзи ҳам сингулярликнинг пайдо бўлишини тушунтириб бера олмайди²⁷.

Назорат саволлари:

1. Олам тўғрисидаги тасаввурлар ривожланишини тушунтиринг?
2. Олам тўғрисидаги назарияларни тушунтиринг?
3. Катта портлаш назариясини тушунтиринг?
4. Олам пайдо бўлишининг босқичларини тушунтиринг?
5. Олам истиқбол эволюциясини тушунтиринг?

Фойдаланган адабиётлар:

1. *Gustavo Yepes, Stefan Gottl, Yehuda Hoffman* Dark Matter in the Local Universe (англ.) // *New Astronomy Reviews*. — 2014. — arXiv:1312.0105.

²⁷ Planck captures portrait of the young Universe, revealing earliest light. University of Cambridge (21 March 2013).

2. *A.Moni Bidin et al.* Kinematical and chemical vertical structure of the Galactic thick disk. II. A lack of dark matter in the solar neighborhood (англ.) // *The Astrophysical Journal*. — 2012.

3. P. A. R. Ade *et al.* (Planck Collaboration) (22 March 2013). «Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results – Table 9». *Astronomy and Astrophysics* 1303:5062. arXiv:1303.5062. Bibcode: 2013arXiv1303.5062P.

4. *Francis, Matthew.* First Planck results: the Universe is still weird and interesting. *Arstechnica* (22 March 2013).

5. Planck captures portrait of the young Universe, revealing earliest light. University of Cambridge (21 March 2013).

7- мавзу: Материя тўғрисидаги замонавий қарашлар: қора материя, қора энергия, гравитацион тўлқинлар

Режа:

1. Материя тўғрисидаги тасаввурларнинг ривожланиши

2. Материянинг янги турлари – қора материя, қора энергия, гравитацион тўлқинлар

3. Гравитацион тўлқинларни қайд қилиш

Таянч тушунчалар: материя, қора материя, қора энергия, гравитацион тўлқинлар, гравитацион линза, иссиқ, совуқ ва илиқ қора материя, вимплар

7.1. Материя тўғрисидаги тасаввурларнинг ривожланиши

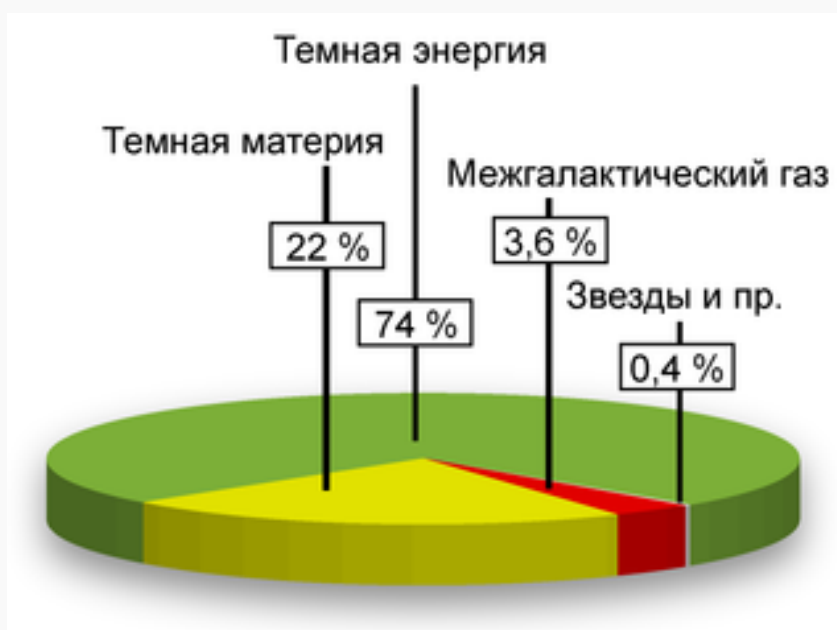
Материя тўғрисидаги тасаввурларнинг ривожланишини қадимги грек файласуфлари қарашлари орқали яхши биламиз. Бунда Оламнинг тўртта унсурдан ташкил топганлиги ёки “атомистик” таълимотни эслаш етарли деб ўйлаймиз. Бу қарашларни мушоҳада қилиш орқали ривожланиш тарихини қараб чиқиш мумкин бўлади.

7.2 Материянинг янги турлари – қора материя, қора энергия, гравитацион тўлқинлар

Ҳозирда эса материя деганда биз билган материя Оламнинг 4-5% ини ташкил қилиши айтилмоқда. Қолган 95% Қора материя ва Қора энергияга тўғри келиши башорат қилинмоқда.

Қора материя турлари

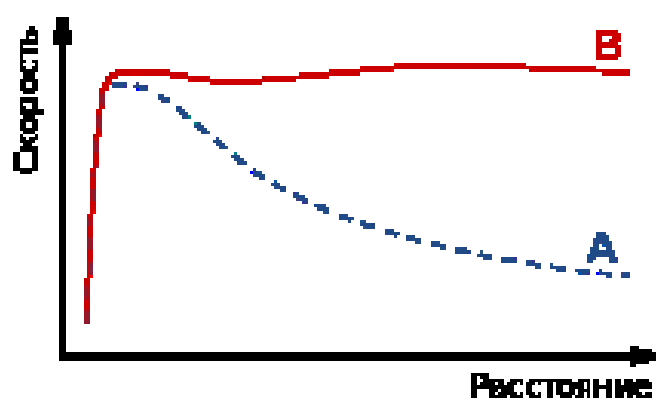
Қора материя - материянинг янги гипотетик шакли, астрономия, космология ва назарий физикада унинг мавжудлиги башорат қилинмоқда. Қора материя электромагнит нур чиқармайди ва электромагнит нурланиш унга таъсир қилмайди. Унинг бу хусусияти қора материяни тўғридан-тўғри кузатишга имкон бермайди.



Коинот таркиби

Қора материянинг мавжудлиги тўғрисидаги хулосага астрофизик объектларнинг ҳаракатларини кузатишга бағишланган кўплаб тажрибалар асосида келинган. Қора материянинг мавжудлиги коинотдаги “яширин масса” муаммосини ҳал қилишга ёрдам беради. Унинг таъсирида галактикалар ташқи областларининг аномал юқори тезликларда айланишини тушунтириш мумкин бўлади.

Фан тарихида осмон жисмлари ҳаракатининг Осмон механикаси қонунларига бўйсинмаган ҳолатлари кўп бўлган. Натижада номаълум осмон жисми ёки жисмларининг мавжудлиги аниқланган. Шу тахлит Нептун планетаси ва В Сириус юлдузи мавжудлиги аниқланган. Астрономлар Джеймс Джинс ва Якобус Каптейн 1922 йилда Галактикамиздаги юлдузлар ҳаракатини ўрганиш натижасида модданинг катта қисми кўринмас деган хулосага келишди. Ва шу ишлар натижасида биринчи марта “қора материя” термини пайдо бўлганлиги тахмин қилинмоқда (инглизчада dark matter). 1932 йили шу терминни Ян Оорт ўз мақоласида ишлатган.



Галактика айланиши: (А) кутилгани; (Б) кузатилгани

“Қора материя” Фриц Цвиккининг 1933 йилги мақолалари орқали кенг тарқалди. Цвикки Кома галактикалар гуруҳидаги 8 та галактиканинг радиал тезликларини ўлчади ва бу галактикалар гуруҳининг турғунлигини таъминлаш учун унинг тўла массаси унга кирган юлдузлар массасидан ўнлаб баробар катта бўлиши кераклигини аниқлади. Тез орада бошқа астрономлар ҳам кўплаб галактикалар учун худду шундай хулосага келишди. Бу ўринда Андромеда туманлиги (Хорес Бебкок, 1939) алоҳида аҳамият касб этди. Чунки юлдузларнинг туманлик марказига нисбатан тезлиги Осмон механикасига биноан камайиши керак эди (\sqrt{R} га тесқари пропорционал равишда, бу ерда R марказгача бўлган масофа), лекин тезликлар деярли ўзгармасдан қолди (расмга қаранг). Бу ҳолат галактиканинг бутун ҳажмида кўринмайдиган модда массаси асосий массалигини англатади (“галактика ядроси” – “галактическое гало”).

Астрономик кузатув техникасининг тараққий қилиши натижасида 1960 йиллардан бошлаб қора материянинг мавжудлигини тасдиқловчи далиллар янада кўпайди. Турли манба ва усуллар ёрдамида олинган натижалар бир-бири билан мос кела бошлади:

1. Юқорида келтирилган юлдузлар айланиш тезликларининг камаймаслиги аномал ҳолат эмас, балким галактикалар учун типик ҳолатлиги аниқланди.

2. Галактикалар йўлдошлари ва уларга яқин жойлашган шар шакл тузилмалар ҳаракатларини ўрганиш натижасида ҳар бир галактиканинг умумий массаси унга кирган юлдузлар массалари йиғиндисидан бир неча марта катталиги аниқланди.

3. Қўшалок галактика ва галактика тўдалари ҳаракатларини ўрганиш амалга оширилди. Ва бу масштабларда қора материя улуши галактика ичидагига қараганда янада юқори эканлиги аниқланди.

4. Эллиптик галактикалар юлдузлар массаси галактикалар таркибига кирувчи газларни ушлаб қолиши учун етарли эмас, агар қора материяни инобатга олмасак.

5. Гравитацион линза вазифасини бажарувчи галактикалар тўдаси массасини баҳолаш қора материя массаси улуши тўғрисидаги натижани беради ва бу натижа бошқа усуллар ёрдамида олинган натижаларга яқин.

Ўтган асрнинг 60-йиллари охири ва 70-йиллари бошида астрономлар Вера Рубин ва Кент Фордлар аниқ ҳисоблашлар орқали қора материя мавжудлигини асослаб беришди. Улар спирал галактикалар дискининг айланиш тезлигини аниқ ўлчашга имкон берувчи янги ва сезгир спектрографдан фойдаланишди. В.Рубин ва К.Форд Америка Астрономия Жамиятининг 1975 йилда ўтказилган анжуманида янги кашфиёт тўғрисида хабар беришди: спирал галактикалардаги юлдузларнинг асосий қисми тахминан бир хил бурчак тезлик билан ҳаракатланади ва бу ҳолат галактикаларда масса зичлиги бир хиллигини билдиради, яъни масса зичлиги юлдузлар зич ёки сийрак жойлашганига боғлиқ эмас. Шундай хулосага 1978 йили мустақил равишда бошқа тадқиқотчилар

томонидан ҳам келинди. В.Рубин ишлари 1980 йилда астрономия жамияти томонидан узул-кесил таън олинди.

Маълумки, қора модда ўртача космологик зичликка эга бўлган муҳитдан иборат бўлиб унинг зичлиги барионлар зичлигидан бир неча баробар юқоридир. Шу сабабли барионлар қора материя томонидан гравитацион ямаларда ушлаб қолинади деб ҳисобланади. Натижада қора материя электромагнит майдон билан таъсирлашмаса ҳам қора материя бор жойда барионларнинг ямага тушуши натижасида ёруғлик чиқиши содир бўлади. Бу ажойиб хусусият қора материяни радиодиапазондан рентген нурланишгача бўлган диапазонда излаш имконини беради.

Қуёшдан 13000 ёруғлик йилигача бўлган масофада жойлашган 400 дан ортиқ юлдузлар ҳаракатини ўрганиш ушбу масштабларда қора материя мавжудлигини тасдиқламади ва бу тўғрида 2012 йили натижалар эълон қилинди. Назарияларга кўра қора материянинг ўртача миқдори Ер шари ҳажмига тахминан 0,5 кг тўғри келиши керак эди. Лекин ўлчашлар шундай ҳажмга $0,00 \pm 0,06$ кг қора материя тўғри келишини кўрсатди. Бу Ерда қора материяни регистрация қилиш, унинг “оддий” модда билан жуда кам ўзаро таъсири сабабли, натижа бермаслигини билдиради.

“Планк” космик обсерваториясининг 2013 йил март ойидаги эълон қилинган, Ламбда – CDM стандарт космологик модели асосидаги, кузатув натижаларига кўра Коинотнинг умумий кузатиладиган массасининг 4,9% и одатдаги (барион) материядан, 26,8% и қора материядан ва 68,3% и қора энергиядан иборат. Шундай қилиб, Оламнинг 95,1 % ини қора материя ва қора энергия ташкил қилади.

Қора материяни одатий барионлардан ташкил топган модда деб ҳисоблаш табиий. Лекин унинг кўринмаслигини қандайдир бизга номаълум сабабли электромагнит таъсирда қатнаша олмаслиги билан тушунтиришга тўғри келади. Мисол учун нурланиш ва ютилиш чизиқларини қайд қилиб билмаслик натижасида. Қора модда таркибига у ҳолда мавжудлиги кузатилган объектлар – қора галактик гало, қорамтир карликлар, оғир планеталар, компакт

объектлар ҳисобланадиган оқ ва қора карликлар, нейтрон юлдузлар, қора ўралар ҳамда кварк юлдузлар, Қ-юлдузлар ва преон юлдузлар каби гипотетик объектлар ҳам киради.

Лекин Катта портлаш назариясига кўра: агар барча қора материя барионлардан иборат бўлса, энгил элементлар концентрацияси ҳозирда кузатилаётганидан бошқачароқ бўлиши керак эди. Бундан ташқари, планеталар ва қора ўралар кузатилаётган галактика галоси массасини таъминлаш учун етарли эмас. Етарли даражадаги кичик объектлар юлдузлар ёруғлигини кучли даражада ютиб қолган бўларди²⁸.

Нобарион кўринмас материяга мисол сифатида қуйидагиларни киритиш мумкин:

Энгил нейтринолар

Нобарион қора материяга номзодлар ичида нейтринонинг афзаллиги унинг экспериментда мавжудлиги исботланганлигидир. Оламда нейтринолар миқдори фотонлар миқдорига тенглиги сабабли, агар нейтрино жуда кичик массага эга бўлса ҳам, Коинотнинг кузатилаётган динамикасини тушунтириб бера олади. Лекин бунга эришиш учун

$\Omega = \rho/\rho_c = 1$ ифодага кўра, бу ерда ρ_c — критик зичлик, нейтрино массаси

$(15 \div 65)/N_\nu$ эВ, бу ерда N_ν энгил нейтрино турлари сони, ораликда ётиши керак. Аммо ҳозирги экспериментлар натижаси нейтрино массасини $10^{-2} - 10^{-3}$ эВ оралиғида эканлигини кўрсатмоқда. Шу сабабли энгил нейтрино қора материя таркибига кирувчи зарра сифатида қаралмаслиги келиб чиқади.

Оғир нейтринолар

Z-бозон парчаланиш кенглигини ҳисоблаш лептонлар авлодлари (оилалари) (электрон, мюон, таон ва уларнинг нейтринолари) сони 3 га тенглигини кўрсатди. Бу натижалар лептонлар массаси 45 ГэВ дан кичик

²⁸ Governato, F.; Brook, C.; Mayer, L.; Brooks, A., Rhee, G.; Jonsson, P.; Willman, B.; Stinson, G.; Quinn, T.; Madau, P. (Jan 20, 2010). «Bulgeless dwarf galaxies and dark matter cores from supernova-driven outflows». Nature 463: 203–206. arXiv:0911.2237. DOI:10.1038/nature08640. Bibcode: 2010Natur.463..203G.

бўлган лептонлар авлодлари учун ўринли. Бу оғир нейтринолар ν_s стерил нейтринолар дейилади ва улар оддий шароитларда кучсиз ўзаро таъсирларда ўзини намоён қилмайди. Назарий моделлар ν_s -стерил нейтрино массаси қиймати кенг диапазонда ётишини, яъни $10^{-1} - 10^4$ эВ оралиқда бўлишини башорат қилмоқда. Шу сабабли стерил нейтрино қора материянинг сезиларли қисмини ташкил қилиши илгари сурилмоқда.

Аксионлар

Аксионлар гипотетик нейтрал псевдоскаляр зарралар бўлиб Квант хромодинамикасида кучли ўзаро таъсирда CP-бузилишни тушунтириш мақсадида киритилган. Аксионлар жуда енгил зарралар ҳисоблансада улар совуқ қора материянинг сезиларли қисмини ташкил қилиши мумкин. Аксион массаси 10^{-5} эВ даражасида бўлиши тахмин қилинмоқда.

Суперсимметрик зарралар

Суперсимметрик (SUSY) назариялар доирасида қора материяга номзод сифатида камида битта стабил зарра (LSP -зарра) мавжуд. Бу зарра кучли ва электромагнит ўзаро таъсирларда қатнашмайди деб тахмин қилинади. Бу зарра сифатида фотино, гравитино, хиггсино (фотон, гравитон ва Хиггс бозонларининг суперпартнёрлари) ва снейтрино, вино, изинолар тахмин қилинмоқда. Бошқа назарияларда эса бу LSP - зарра юқорида айтиб ўтилган зарраларнинг комбинациясидан иборат бўлиб, унинг массаси тахминан 10 ГэВ га тенг бўлиши айтилмоқда.

Космионлар

Космионлар Куёш нейтриноси муаммосини ҳал қилиш мақсадида киритилган. Бу муаммо Ерда қайд қилинган нейтрино оқимининг Куёш стандарт модели берган қийматидан анча фарқ қилиши муаммосидир. Лекин бу муаммо ечими нейтрино осциляцияси ҳамда Михеев-Смирнов-Вольфенштейн эффекти орқали топилди. Шу сабабли космионлар қора материя таркибига кирувчи номзодлар сифатида ҳозирда қаралмайди.

Фазо-вақтнинг топологик дефектлари

Замонавий космологик тасаввурларга кўра вакуум энергияси локал бир жинсли ва изотроп скаляр майдон билан аниқланади. Бу майдон Коинотнинг кенгайишида вакуумнинг фазовий ўтишларини тушунтириш учун зарур. Бундай фазовий ўтишларда симметриянинг босқичма-босқич бузилиши содир бўлади ва натижада ягона фундаментал ўзаро таъсир 4 та фундаментал ўзаро таъсирларга ажралади. Фазовий ўтиш — вакуум майдони энергиясининг ўзгариши бўлиб, бунда энергия ўзининг асосий қийматига (берилган температурадаги минимал энергияли ҳолатига) интилади. Фазонинг турли соҳаларида шундай фазовий ўтишлар мустақил равишда содир бўлади, натижада ўша скаляр майдон турлича “тартиблашади”, фазо кенгайиши натижасида бу соҳалар бир-бири билан туташishi мумкин. Турлича ориентацияланган фазоларнинг учраishi нукталарида турлича тузилишга эга топологик дефектлар ҳосил бўлиши мумкин (нуктасимон зарралар, масалан, магнит монополлари; чизиқли чўзилган объектлар, масалан, космик торлар; икки ўлчамли мембраналар, масалан, домен деворлари; уч ўлчамли дефектлар, масалан, текстурлар. Бу объектлар жуда катта массага эга бўлиб қора материя массасининг асосини ташкил қилиши мумкин. Бундай объектларнинг Коинотда мавжудлиги 2012 йилгача тажрибада кузатилмади. Шу сабабли фазо-вақтнинг топологик дефектлари материя ҳисобланмайди ва бу тахмин алтернатив назариялар учун ғоя бўлиб хизмат қилиши мумкин.

Қора материя классификацияси

Қора материяни классификациялаш қуйидаги тасаввурга асосланади: коинот эволюциясининг дастлабки босқичларида қора материя зарралари космик плазма зарралари билан термодинамик мувозанатда бўлган. Маълум вақтда температуранинг пасайиши шу даражада бўлганки, бунда қора материя ва барион материя ўртасида ажралиш содир бўлган. Қандай температурада бу ҳодисанинг содир бўлганига қараб қора материя “иссиқ”, “совуқ” ва “илиқ” қора материяга бўлинади.

Иссиқ қора материя

Агар мувозанат ҳолатидан чиқиш вақтида қора материя зарраларининг энергияси улар массасидан кўп марта катта бўлса бундай қора материя иссиқ қора материя дейилади. Бундай зарралар энгил зарралар, масалан, нейтрино каби бўлиши мумкин. Лекин энгил нейтрино қора материяни ташкил қила олмаслигини юқорида кўриб ўтгандик.

Совуқ қора материя

Агар қора материя зарралари космик плазмадан ажралганда норелятивистик характерда бўлса, бундай қора материя зарралари совуқ қора материяни (CDM-Cold Dark Matter) ташкил қилади. Космология нуқтаи-назаридан совуқ қора материя кўпроқ мақсадга мувофиқ келади. Чунки, иссиқ ҚМ зарралари релятивистик тезликларда ҳаракатланиши натижасида материя зичлиги бир жинслилигини таъминлаган бўларди. Натижада тажрибада кузатилаётган катта масштабни тузилмалар пайдо бўлмаган бўлар эди. Массаси ≥ 30 КэВ бўлган зарраларни совуқ ҚМ га киритиш мумкин. Совуқ ҚМ га номзодлардан бири вимплардир (WIMP-weakly interactive massive particles). Унинг массаси бир неча ўн ГэВдан бир неча ТэВ гача бўлиши мумкин. Унинг аннигиляция ва барион моддаси зарраларида сочилиш кесимлари кучсиз жараёнлар кесимларига яқин. Вимпларнинг устунлиги шундан иборатки улар концентрацияси Коинот энергия балансига зарур улуш қўша олади ҳамда барион модда зарралари билан ўзаро таъсирлаша олиши уларни эксперимент йўли билан тўғридан тўғри қайд қилиш имконини беради. Кўпроқ вимп зарра сифатида Стандарт моделни суперсимметрик кенгайтириш учун қўлланиладиган энг энгил стабил зарра таклиф қилинапти. Бу стабил зарра калибровка ва хиггс бозонлари суперпартнёрлари суперпозициясидан иборат деб ҳисобланмоқда.

Оддий космологик симуляция (рақамли моделлаштириш)дан “сингуляр гало муаммоси, инглизчада cusp halo problem келиб чиқади. Унга кўра ҳисоблашлар совуқ қора материя (CDM) галактика марказида ёки коинотнинг кўпроқ зич соҳаларида касп ёки сингулярлик (тақсимотда ўткир пик) ҳосил қилиши кўрсатиб ўтилади. Яъни, Самон Йўли Галактикамизнинг марказида

қора материя улуши кўпроқ, Галактика чеккаларида камроқ тақсимланганлиги келиб чиқади. Лекин барча тўғридан-тўғри астрономик кузатувлар бунинг тескарисини кўрсатмоқда: қора материя галактика атрофида гало ҳосил қилади (галактикалар тўдалари орасидаги бўшлиқларни тўлдиреди) ва ҳеч қандай касп (сингулярлик) ҳосил қилмайди.

Бу муаммо ҳали ўз ечимига эга эмас. Фақат асосланмаган тахмин мавжуд, яъни барион материя совуқ қора материяни сиқиб чиқаради ва спирал галактикалар ядроларидаги қора материя ўрнини эгаллайди. Лекин бу жараён механизми ҳалигача тушунтирилмайди.

Галодаги материя концентрацияси чегараларини тадқиқот натижаларига кўра 3 хил тушунтириш мумкин:

1. «СҚМ дан иборат гало касп (сингулярлик)га эга ва бу касп (сингулярлик) нинг бир қисми сақланади ҳамда космологик параметрлар шу сабабли чегараланади». «CDM halos must have cusps, so the stated limits hold and provide new constraints on cosmological parameters.»

2. «Нимадир (балким қандайдир тескари алоқа, ёки қора материя табиатидаги ўзига хос модификация) касп (сингулярлик)ларни йўқотади ва натижада космологик чекланишлар юзага келади.» «Something (e.g. feedback, modifications of the nature of dark matter) eliminates cusps and thus the constraints on cosmology.»

3. «СҚМ моделлаштириш ёрдамида олинган гало ҳосил бўлиш механизми нотўғри.» « The picture of halo formation suggested by CDM simulations is wrong .»

Бу муаммони ҳал қилишнинг яна бошқа йўли: қора материя табиати ва хусусиятларини бошқача кўринишда тасаввур қилишдир. Шу сабабли қора материянинг бошқача кўринишлари-бошқача табиати ва хусусиятли турлари илгари сурилмоқда: булар- илиқ қора материя, узлуксиз (fuzzy) совуқ қора материя, ўзаро таъсирлашувчи қора материя, мета-совуқ қора материя.

Ушбу муаммо билан карлик галактикалар камлиги муаммоси ҳам боғланган бўлиши мумкин. Бунинг маъноси шундан иборатки, карлик

галактикалар оддий галактикаларга қараганда бир тартиб қадар камдир. Бу муаммонинг 2 та ечими бўлиши мумкин:

1. Карлик галактикалар гигант галактикалар тортишиш кучлари томонидан бузилиб кетадилар.

2. Карлик галактикалар шунчаки кўринмайдилар, чунки уларнинг қора материяси етарли даражада барион материяни ўзига жалб қила олмайди ва натижада улар кўриниши учун етарли даражада нур соча олмайдилар.

Иккинчи хулоса 2007 йилда Кек обсерваторияси томонидан Галактикамиз йўлдошлари бўлган 8 та ультра-кучсиз карлик галактикаларнинг кашф қилиниши билан қисман тасдиқланди. Бу карлик галактикаларнинг 6 тасининг 99,9 % и қора материядан ташкил топган.

Илиқ қора материя

Массаси 1 эВ тартибда ёки катта бўлган зарралардан ташкил топган қора материя илиқ қора материя дейилади. Улар мувозанат ҳолатидан чиқишган вақтда релятивистик зарралар бўлгани шубҳасиз. Коинотнинг нурланиш устунлик қилган ҳолатидан чангсимон тузилмалар ҳосил бўладиган ҳолатига ўтишидаги (тахминан 1 эВ температурада) кенгайишида иссиқ ҚМ релятивистик бўлади. Лекин илиқ ҚМ релятивистик ҳисобланмайди. Илиқ ҚМ га номзод стерил нейтрино ҳисобланади. Бу нейтрино ўнг винт ҳолатда бўлади. Иккинчи номзод –Стандарт Моделнинг суперсимметрик кенгайишидаги LSP - гравитино ҳисобланади.

Астрономик кузатувлар

Қора материяни кузатишнинг бир-бирига боғлиқ бўлмаган 4 та усули мавжуд:

- Динамик усул - галактика тўдаларидаги галактикаларнинг радиал тезликлари тақсимотини (ёки, галактикалардаги шарсимон тўдадаги юлдузларнинг) Цвикки усули бўйича юқори аниқликдаги замонавий асбоблар ёрдамида ўлчаш.

- Газодинамик усул - тўдалардаги иссиқ газ рентген нурланиши ёрдамида ўлчаш. Газ температураси ва зичлиги рентген нурлари энергияси ва

оқими орқали аниқланиши мумкин. Кўп натижалар Чандра орбитал рентген обсерваторияси кузатувлари орқали олинган. Бу кузатувларда барион массанинг умумий массага нисбати 12—15 % ни ташкил қилган ва бу натижа Планк обсерваторияси натижалари -15,5—16 % га яқин.

- Гравитацион линзалар усули — бу усулда жуда узоқ масофадаги катта тузилмалар (галактик тўдалар) мавжудлиги талаб қилинади.



Абелл 1689. HST галактикалар тўдаси.

Галактикалар тўдаси сариқ ранг билан белгиланган. Орқадаги галактикалар (кўк ва қизил) узун ёйлар бўйлаб жойлашган (расм катталаштирилганда кўринади).

Қора материянинг галактика тўдаларидаги тақсимотини бевосита ўрганиш 1990 йилларда уларнинг аниқ тасвирларини олиш имконияти пайдо бўлишидан кейин бошланди. Бунда кўпроқ узоқлашган галактикалар тасвири гравитацион линза эффекти туфайли бузилган (кучсиз гравитацион линзалаш) бўлади ёки бир неча “нусха”га бўлинган (кучли гравитацион линзалаш) бўлади. Бу бузилишлар характериға қараб тўда ичидаги масса тақсимоти ва қийматини аниқлаш мумкин бўлади (улар тезликларини аниқламасдан туриб).

Шундай ҳисоблашлар галактикаларнинг гигант тўдаси Абелл 1689 учун бажарилди. Бу тўда 160000 шарсимон тўдадан иборат бўлиб кучли ва кучсиз гравитацион линзалаш хусусиятларига эга (расмда). Бузулишлар геометриясини аниқ ўлчаш тўданинг тўлиқ массасини ва тўдадаги ҚМ массасини ҳисоблаш имконини беради. Шундан кейин олинган натижа мустақил равишда динамик усул ёрдамида аниқланган (тўдадан узоқда жойлашган галактикалар ҳаракат

тезликлари бўйича) масса қиймати билан таққосланади. Шундай ҳисоблашлар 10 дан ортиқ тўдалар учун бажарилди ва ҚМ массаси қиймати динамик усул билан аниқланган ҚМ массаси қийматига мос келиши аниқланди.

- Кучсиз гравитацион линзалаш усули — расмларда узоқ жойлашган галактикалар тасвирининг кучсиз бузилиши кузатилади. Бу эса массив объект (объектлар) нинг ўртада жойлашганини билдиради. Бу усул катта статистикани ва натижаларни аниқ таҳлил қилишни талаб қилади. Шундагина натижа бошқа усуллар билан олинган натижаларга мос келади ҳамда қора материянинг реаллигига олиб келади.



Ўқ тўдаси (Bullet Cluster) HST + Чандра (телескоп) даги масса тақсимоти берилган. Яшил ранг кучли ва кучсиз линзалаш ёрдамида олинган. Қизил ранг иссиқ газнинг рентген нурланиши.

Қора материяни излашдаги асосий қийинчилик уларнинг электр нейтраллигидир.

Қора энергия турлари

Қора энергия (ингл. dark energy) – коинотнинг тезланиш билан кенгаётганини тушунтириш учун киритилган энергия тури. Қора энергияни 2 хил тушунтириш мумкин:

- Қора энергия космологик доимий - Коинотни тўлдириб турувчи ўзгармас энергия зичлиги, яъни вакуумнинг нолдан фарқли энергияси ва босими мавжудлиги постулат сифатида киритилади;
- Қора энергия қандайдир квинтесценция- динамик майдон, унинг энергетик зичлиги фазо ва вақтда ўзгаради.

Биринчи гипотеза космологияда стандарт гипотеза деб қабул қилинган ва 2016 йилгача бўлган кузатувлар бу гипотезани инкор қилмайди. Бу

гипотезаларнинг қай бири тўғрилигини аниқлаш учун юқори аниқликдаги Коинот кенгайиш тезлигини ўлчаш талаб қилинади ва бу тезликнинг қандай ўзгаришини тушуниш талаб қилинади. Коинотнинг кенгайиш даражаси космологик ҳолат тенгламаси ёрдамида топилади. Бу тенгламани қора энергия учун ечиш замонавий космологиянинг асосий вазифасидир. Планк космик обсерваториясининг 2013 йил март ойидаги эълон қилинган натижасига кўра Оламнинг 68,3% и қора энергия, 26,8% и қора материядан иборат²⁹.

Қора энергиянинг кашф этилиши

Қора энергиянинг мавжудлиги 1990 йил охирларида Ia турдаги ўта янги юлдузларни кузатиш натижасида пайқалган. Бунда коинотнинг кенгайиши вақт ўтиши билан тезлашаётганлиги аниқланди. Бу натижа бошқа кузатувлар: реликт нурланишни ўлчаш, гравитацион линзалаш ўлчашларида ва Катта Портлаш нуклосинтези ўлчашларида яна ҳам тасдиқланди. Бу натижалар Ламбда - СДМ моделга мос келади.

Галактикаларгача бўлган масофа уларнинг қизил силжишини ўлчаш ёрдамида аниқланади. Хаббл қонунига кўра галактика нурунинг қизил силжиши катталиги бу галактикагача бўлган масофага тўғри пропорционал. Бу масофанинг қизил силжиш катталигига нисбати Хаббл параметри (доимийси) дейилади. Олдин Хаббл параметри қийматини қандайдир йўл билан аниқлаш керак. Бунинг учун галактикалар учун қизил силжиш қийматини ўлчаш ва уларгача бўлган масофани бошқа усул билан аниқлаш керак. Шу мақсадда астрономияда “стандарт шамлар”, яъни ёрқинлиги аниқ объект усули қўлланилади. Шундай “стандарт шам” ролини Ia турдаги ўта янги юлдузлар бажаради.

Улар ўта юқори ёрқинликка эга бўлиб кекса юлдузнинг массаси Чандрасекар қийматига эришганда ўта янги юлдуз туғилади. Бир хил масофада жойлашган Ia типдаги ўта янги юлдузлар бир хил ёрқинликка эга бўлади. Турли галактикадаги ўта янги юлдузлар ёрқинлигини қиёслаш орқали бу галактикаларгача бўлган масофани аниқлаш мумкин. 1990 йилларнинг охирида

²⁹ Extra dimensions, gravitons, and tiny black holes. CERN. 17 November 2014.

узоқлик масофаси Хаббл қонунига кўра аниқланган галактикалардаги Ia типдаги ўта янги юлдузлар ёрқинлиги кутилганидан паст эканлиги маълум бўлди. Бошқача айтганда, бу галактикаларгача бўлган масофа, “стандарт шамлар” усулида ўлчанган, Хаббл параметри қиймати асосида аниқланган, масофадан катталиги маълум бўлди. Шу сабабли Коинотнинг нафақат кенгаётганлиги, балким тезланиш билан кенгаётганлиги тўғрисида хулоса қилинди. Олдинги мавжуд космологик моделлар Коинот кенгайиши секинлашаётганини тахмин қилишганди. Бу моделларда Коинот массасини кўринувчи материя ва қора материя ташкил қилар эди. Янги кузатувлар натижасида, яъни кенгайишнинг тезлашиши асосида манфий босимга эга номаълум энергия тури мавжудлиги башорат қилинди. Бу энергия қора энергия деб номланди³⁰.

Қора энергия ва яширин масса

Қора энергия мавжудлиги тўғрисидаги гипотеза “кўринмас масса муаммоси”ни ечишга олиб келади. Катта Портлаш нуклосинтез назарияси Коинотнинг илк даврида енгил элементлар - гелий, дейтерий ва литий ҳосил бўлишини тушунтириб беради. Коинотнинг катта масштабда тузилиши назарияси Коинот тузилишининг шаклланишини - юлдузлар, квазарлар, галактикалар ва галактикалар тўдалари шаклланишини тушунтириб беради. Бу иккала назария ҳам барион ва қора материя зичлиги “ёпиқ” Коинот ҳосил бўлиши учун зарур бўлган зичликнинг 30% ини ташкил қилишини кўрсатади. “Ёпиқ” коинот шакли яссидир. WMAP йўлдош томонидан Коинотнинг релект нурланишини ўлчаш бўйича олинган натижалар Коинот шакли яссига яқинлигини кўрсатди. Шу сабабли кўринмас қора энергия коинот зичлигининг қолган 70% ини бериши керак³¹.

Қора энергия табиати

Қора энергия табиати тўғрисида турли баҳслар мавжуд. Унинг бир текис тақсимланганлиги ва паст зичликка эгаллиги маълум. Оддий материя билан

³⁰ Looking for a different sort of dark matter with GPS satellites (19 November 2014).

³¹ (22 March 2013) «Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results –Table 9.». Astronomy and Astrophysics (submitted). arXiv:1303.5062. Bibcode: 2013arXiv1303.5062P.

сезиларли даражада таъсирлашмайди. Маълум 4 та фундаментал ўзаро таъсирдан фақат гравитацион таъсирда қатнашади. Қора энергия зичлиги унча катта эмас, тахминан 10^{-29} г/см³ ни ташкил қилади. Қора энергиянинг Коинотга катта таъсир кўрсатиши унинг бўшлиқни бир хил даражада тўлдириши билан изоҳланади.

Элементар зарраларнинг кўплаб физик назариялари вакуум флуктациялари мавжудлигини кўрсатади, яъни вакуум энергияга эгаллигига ишора қилади. Космологик доимийнинг қиймати 10^{-29} г/см³ даражасида баҳоланмоқда. Бу космологик доимий манфий босимга эга ва бу босим энергия зичлигига тенг. Космологик доимийнинг манфий босимга эгаллиги классик термодинамикадан келиб чиқади. V ҳажмдаги “вакуум қутиси” энергияси pV га тенг бўлади, бу ерда p -космологик доимийнинг энергия зичлиги. “Қути” ҳажмининг ошиши (бу ерда dV мусбат) бу ҳажм энергиясининг ошишига олиб келади. Бу ҳажм ошишида манфий иш бажарилишини англатади. Чунки иш $p dV$ га тенг бўлиб, бу ерда p -манфийдир, яъни $p = - p$.

Умумий нисбийлик назариясига кўра, гравитация на фақат масса(зичлик)дан ташқари босимга ҳам боғлиқ, лекин босим зичликка қараганда катта коэффициентга эга. Шу сабабли манфий босим ўзаро итарилишни, антигравитацияни юзага келтиради ва шу сабабли Коинотнинг тезланиш билан кенгайишини юзага келтиради³².

Квинтесценция

Қора энергияни тушунтирувчи альтернатив ёндашув 1987 йилда немис назариётчи физиги Кристоф Веттерих томонидан таклиф қилинди. Веттерих қора энергияни қандайдир динамик скаляр майдоннинг заррасифат уйғонган ҳолати деб қарашни таклиф қилди. Космологик доимийдан фарқли қвинтесценция зичлиги фазо ва вақтда ўзгариб туриши мумкин. Қвинтесценция

³² Francis, Matthew. First Planck results: the Universe is still weird and interesting. Arstechnica (22 March 2013).

“бир жойга йиғилиб” катта масштабни тузила ҳосил қилмаслиги учун унинг массаси жуда енгил бўлиши керак.

Ҳозирга қадар квинтесценциянинг мавжудлиги тўғрисида ҳеч қандай тасдиқ йўқ, лекин унинг мавжудлигини инкор қилиб бўлмайди.

Ҳозирга қадар Коинот тақдири тўғрисида 2 хил қараш мавжуд:

1. Коинот чексиз кенгайверади.

2. Қора энергия маълум вақтдан кейин яна сиқилишга олиб келади, яъни Коинотнинг “циклик модели” ўринли бўлиши мумкин.

Коинотнинг тезланишли кенгайиши 1998 йилда Ia типдаги ўта янги юлдузларни кузатиш натижасида очилган эди. Бу кашфиёт учун Сол Перлмуттер, Брайн Шмидт ва Адам Рисслар 2006 йили астрономия бўйича Шао мукофоти, 2011 йилда эса Нобел мукофоти сазовор бўлишди³³.

Гравитацион тўлқинлар

Гравитацион тўлқинлар- фазо-вақт метрикасининг ғалаёнланишининг манбадан ажралгандан кейин тўлқинга ўхшаб тарқалишидир.

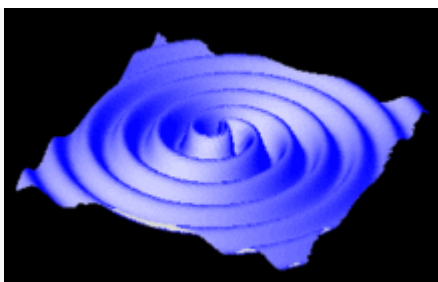
Умумий нисбийлик назарияси ҳамда кўплаб замонавий гравитация назарияларида гравитацион тўлқинлар массив жисмларнинг ўзгарувчан тезланиш билан ҳаракатланиши натижасида ҳосил бўлади. Гравитацион тўлқинлар фазода ёруғлик тезлигида эркин тарқалади. Гравитацион кучларнинг бошқа кучларга қараганда жуда ҳам сустигидан уларни қайд қилиш жуда ҳам қийин.

Илк бора гравитацион тўлқинлар 2015 йил сентябр ойида LIGO обсерваториясининг иккита қўшалок детектори ёрдамида қайд қилинди. Бу тўлқин иккита қора туйникнинг ўзаро бирлашиб битта массив ўз ўқи атрофида айланувчи қора туйник ҳосил бўлишидан пайдо бўлгани тахмин қилинди. Уларнинг мавжудлиги тўғрисидаги билвосита далиллар 1970 йиллардан буён мавжуд эди. Гравитацион тўлқинларнинг тўғридан-тўғри қайд қилиниши ва уларнинг астрофизик жараёнлар параметрларини аниқлашда қўлланилиши замонавий физика ва астрономиянинг муҳим масаласи ҳисобланади. Умумий

³³ Planck captures portrait of the young Universe, revealing earliest light. University of Cambridge (21 March 2013).

нисбийлик назариясида гравитацион тўлқинлар тўлқин кўринишидаги Эйнштейн тенгламалари ечими билан баён қилинади ва фазо-вақт метрикаси ғалаёнланишининг ёруғлик тезлигида тарқалишини англатади. Бу ғалаёнланишнинг таъсири ҳеч қандай таъсир остида бўлмаган 2 та эркин тушаётган синов масса орасидаги масофанинг даврий ўзгариши сифатида намоён бўлиши керак. Гравитацион тўлқиннинг амплитудаси ўлчамсиз катталиқ бўлиб у масофанинг нисбий ўзгаришини билдиради. Гравитацион тўлқиннинг астрофизик объектлар (икки жисмдан иборат компакт система) ва ҳодисалар (ўта янги юлдузлар пайдо бўлиши, нейтрон юлдузлар бирлашиши, юлдузларнинг қора туйниклар томонидан ютилиши...) таъсирида ҳосил бўлишини Куёш системасида ўлчашнинг максимал амплитудаси жуда кичик ($h = 10^{-18} \text{—} 10^{-23}$). Умумий нисбийлик назариясига кўра кучсиз (чизиқли) гравитацион тўлқин энергия ва импульсга эга, ёруғлик тезлигида ҳаракатланади, кўндаланг, иккита ўзаро боғлиқ бўлмаган компонентга эга ва бу компоненталар ўзаро 45° бурчак остида жойлашган (иккита кутбланиш йўналишига эга)³⁴.

Турли назарияларда гравитацион тўлқин тезлиги турлича башорат қилинмоқда. Умумий нисбийлик назариясида унинг тезлиги ёруғлик тезлигига тенг.

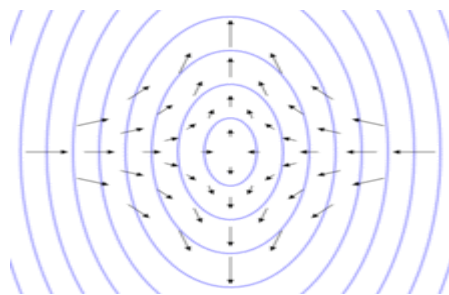


Гравитацион тўлқинларнинг кучли манбаларига қуйидагилар киради:

- Галактикалар тўқнашуви (жуда катта масса, катта бўлмаган тезланишлар),
- Икки жисмдан иборат системанинг гравитацион бирикиши (катта массанинг катта тезланиши). Хусусий ҳолда нейтрон юлдузлар бирикиши.

³⁴ LIGO: A Quest for Gravity Waves. Astro Guyz March 12, 2010.

7.3. Гравитацион тўлқинларни қайд қилиш

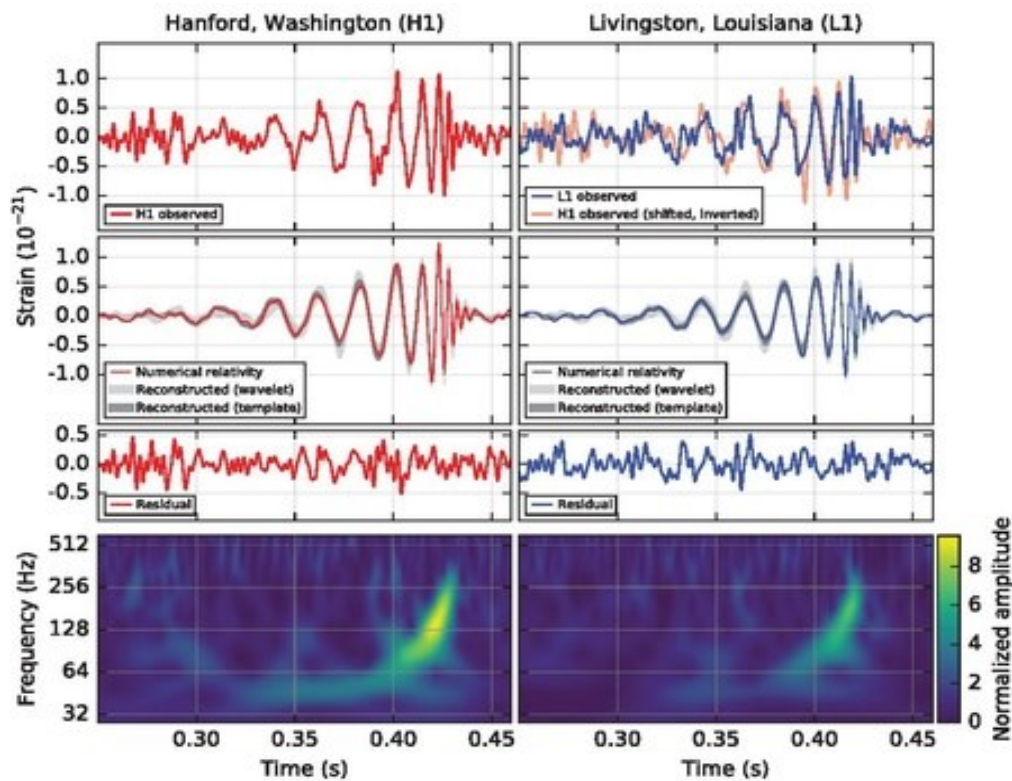


Гравитацион тўлқинларни қайд қилиш уларнинг жуда ҳам сустиги сабабли жуда қийин масала ҳисобланади. Уларни қайд қилувчи асбоблар гравитацион тўлқинлар детекторлари дейилади. Гравитацион тўлқинларни қайд қилиш 1960 йилларнинг охирларидан бошланган. Иккинчи томондан умумий нисбийлик назарияси гравитацион тўлқин нурлатишда энергия йўқотиши сабабли қўшалок юлдузнинг ўзаро айланиши тезлашишини кўрсатмоқда. Бу ҳодиса юқори эҳтимоллик билан бир неча қўшалок системаларда кузатилди. 1993 йилда «гравитацияни ўрганишда янги имкониятлар берувчи янги типдаги пульсарларни кашф қилгани учун» Рассел Халс ва Жозеф Тейлор (кич.) ларга Нобел мукофоти берилди (PSR B1913+16 пульсар). Бу системадаги кузатиладиган айланиш тезланиши умумий нисбийлик назарияси натижаси билан тўла мос келади. Шундай ҳодиса яна бир неча марта PSR J0737-3039, PSR J0437-4715, SDSS J065133.338+284423.37 пульсарлар ва RX J0806 қўшалок оқ карликлар системасида кузатилди. Яқин галактикалардаги қўшалок системаларда содир бўладиган катастрофалар гравитацион телескоп ва антенналар учун кучли гравитацион тўлқин манбалари бўлиб хизмат қилади. Яқин келажакда такомиллашган гравитацион детекторларда ҳар йили Ер атрофидаги метрикани 10^{-21} — 10^{-23} даражада бузувчи бир неча ҳодисани қайд қилиш имконияти бўлади.

Коинотни тўлдириб турувчи гравитацион тўлқинни қайд қилишнинг яна бир имконияти узок пульсарларни юқори аниқликда тайминг қилишдир. Пульсарлардан келатган импульслар келиш вақтини таҳлил қилиш орқали, Ер

ва пульсар орасидаги фазода гравитацион тўлқиннинг ўтиши натижасида, бу вақтнинг ўзгаришини таҳлил қилиш орқали гравитацион тўлқин тўғрисида ҳулоса қилинади. 2013 йил натижаларига кўра, гравитацион тўлқинни қайд қилиш учун тайминг аниқлигини бир тартибга ошириш кераклиги аниқ бўлди. Бу масала яқин 10 йил ичида ҳал бўлиши кутилмоқда.

Замонавий тасаввурларга кўра Коинотни реликт гравитацион тўлқинлар тўлдириб турибди. Реликт гравитацион тўлқинлар Катта Портлашнинг дастлабки моментларида ҳосил бўлган ва уларнинг қайд қилиниши Коинотнинг ҳосил бўлишининг дастлабки жараёнлари тўғрисида маълумот беради³⁵.



Биринчи қайд қилинган гравитацион тўлқин

LIGO ва VIRGO коллаборациялари томонидан 2016 йил 11 февралда гравитацион тўлқинларнинг тажрибада кузатилганлиги эълон қилинди. Бу

³⁵ Emanuele Berti. Viewpoint: The First Sounds of Merging Black Holes (англ.). Physical Review Letters (11 February 2016).

гравитацион тўлқин 29 ва 36 Қуёш массасига тенг иккита қора туйникнинг бирлашиши натижасида содир бўлгани ва манбагача бўлган масофа 1,3 млрд ёруғлик йилига тенглиги хабар қилинди.

Гравитацион тўлқин тарихи

- 1900 - Лоренц гравитация ҳам ёруғлик тезлигидан катта бўлмаган тезликда тарқалиши мумкин деган фикрни илгари сурди.
- 1905 - Пуанкаре биринчи бўлиб “гравитацион тўлқин” терминини фанга киритди.
- 1916 - УНН доирасида Эйнштейн механик система энергиясини гравитацион тўлқинларга бериши мумкинлигини кўрсатди.
- 1918 - Эйнштейн гравитацион тўлқинлар нурланиши $1/c^5$ тартибдаги жараён эканлигини кўрсатувчи квадрупол формулани келтириб чиқарди.
- 1923 - Эддингтон гравитацион тўлқинлар мавжудлигини шубҳа остига олди.
- 1937 - Эйнштейн ва Розен гравитацион майдон тенгламаларининг цилиндрик тўлқин ечимларини тадқиқ қилишди ва улар ҳам гравитацион тўлқин мавжудлигига шубҳа қилишди. Кейинчалик Эйнштейн ўз хатосини топди.
- 1957 - Герман Бонди ва Ричард Фейнман гравитацион тўлқинлар мавжудлигини асослашди.
- 1962 - В.И.Пустовойт ва М.Е.Герценштейн узун тўлқинли гравитацион тўлқинларни қайд қилиш учун интерферрометрларни қўллаш принципларини аниқлашди.
- 1964 - Филип Петерс ва Жон Метью қўшалок системалар томонидан нурланадиган гравитацион тўлқинларни назарий баён қилишди.
- 1969 – гравитацион - тўлқин астрономияси асосчиси Жозеф Вебер механик гравитацион антенна - резонанс детектор ёрдамида гравитацион

тўлқиннинг қайд қилинганини хабар қилди. Бу натижа шу йўналишда олиб борилаётган ишларнинг янада жадаллашишига олиб келди.

- 1978 - Жозеф Тейлор PSR B1913+16 пульсарнинг қўшалок системасида гравитацион нурланишнинг қайд қилинганлиги тўғрисида маълумот берди, Жозеф Тейлор ва Рассел Халс ишлари 1993 йилда Нобел мукофотига сазовор бўлди.

- 2002 - С.М. Копейкин ва Э. Фомалонт радиотўлқинли интерферрометр ёрдамида ёруғликнинг Юпитер гравитацион майдонида оғишини ўрганишди ва гравитация тезлигини аниқлашга ҳаракат қилишди.

- 2006 - Паркс обсерваторияси (Австралия) Марта Бургей халқаро жамоаси УНН нинг янада аниқ тасдиғи ва иккита PSR J0737-3039A/B пульсарлар системасида гравитацион нурланиш қиймати УНН га мос келиши тўғрида маълумот беришди.

- 2014 - Гарвард - Смитсон астрофизика маркази астрономлари реликт нурланиш флуктациясини ўлчашда бирламчи гравитацион тўлқинлар қайд қилинганлиги тўғрисида маълум қилишди. Лекин ҳозирда бу флуктациялар реликт нурланишга алоқаси йўқ ва Коинотдаги чанглар нурланиши билан боғлиқ деб қаралмоқда.

- 2016 - халқаро LIGO жамоаси GW150914 гравитацион тўлқиннинг қайд қилинганлигини эълон қилди³⁶.

Назорат саволлари:

1. Материя тўғрисидаги тасавурларнинг ривожланишини тушунтиринг?
2. Коинотни ўрганиш усуллари ва кузатиш натижаларини тушунтиринг?
3. Материянинг янги турлари – қора материя, қора энергия, гравитацион тўлқинларни тушунтиринг?
4. Қора материя турларини тушунтиринг?
5. Қора энергия турларини тушунтиринг?
6. Гравитацион тўлқинларни тушунтиринг?

³⁶ R. N. Manchester Pulsars and gravity // International Journal of Modern Physics D. — 2015. V.24. — DOI:10.1142/S0218271815300189. —arXiv:arXiv:1502.05474

7. Материянинг янги турларини излаш усулларини тушунтириш?

Фойдаланган адабиётлар:

1. Governato, F.; Brook, C.; Mayer, L.; Brooks, A., Rhee, G.; Jonsson, P.; Willman, B.; Stinson, G.; Quinn, T.; Madau, P. (Jan 20, 2010). «Bulgeless dwarf galaxies and dark matter cores from supernova-driven outflows». *Nature* **463**: 203–206. arXiv:0911.2237. DOI:10.1038/nature08640. Bibcode: 2010Natur.463..203G.
2. Extra dimensions, gravitons, and tiny black holes. CERN. 17 November 2014.
3. Looking for a different sort of dark matter with GPS satellites (19 November 2014).
4. (22 March 2013) «Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results – Table 9». *Astronomy and Astrophysics* (submitted). arXiv:1303.5062. Bibcode: 2013arXiv1303.5062P.
5. Francis, Matthew. First Planck results: the Universe is still weird and interesting. *Arstechnica* (22 March 2013).
6. Planck captures portrait of the young Universe, revealing earliest light. University of Cambridge (21 March 2013).
7. LIGO: A Quest for Gravity Waves. *Astro Guyz* March 12, 2010.
8. Emanuele Berti. Viewpoint: The First Sounds of Merging Black Holes (англ.). *Physical Review Letters* (11 February 2016).
9. R. N. Manchester Pulsars and gravity // *International Journal of Modern Physics D*. — 2015. V.24. — DOI:10.1142/S0218271815300189. — arXiv:arXiv:1502.05474.

8- мавзу: Нанофизика ва нанотехнологиялар

Режа:

1. Фан тараққийининг ўзига хос хусусиятлари, янги фанларнинг шаклланиши ва уларнинг юзага келишидаги асослар
2. Нанофизиканинг шаклланиши, мақсад ва вазифалари

3. Нанотехнологияларнинг пайдо бўлиши, мақсад ва вазифалари
4. Нанофизика ва нанотехнологиялар эришган ютуқлар
5. Бу фанларнинг ривожланишига жамиятнинг муносабати

Таянч тушунчалар: *нанофизика, нанометр, нанотехнология, графен, нанотрубка, наноаккумулятор, нанообъект.*

8.1 Фан тараққиёнининг ўзига хос хусусиятлари, янги фанларнинг шаклланиши ва уларнинг юзага келишидаги асослар

Маълумки, фан билимларнинг системалашган тизими бўлиб, у оддийдан мураккабга қараб ривожланиш йўлига эга. Буни физика ва астрономия фанлари мисолида қарайдиган бўлсак, бу фанлар инсоният эришган ва эришаётган илмий-техник тараққиётнинг асосини ташкил қилади. Қадимдан то XVIII аср охиригача бу фанлар фалсафа фани таркибида ўз ривожланиш йўлини босиб ўтган бўлса, кейинчалик мустақил фан сифатида табиат сир-синуотларини очишга, улар асосида жамият тараққиётига, инсоният турмуш тарзини яхшилашга хизмат килиб келмоқда.

Электрон ва радиоактивлик ҳодисасининг кашф қилиниши материяни ўрганишнинг янги эрасини бошлаб берди. Материя қаърига чуқурроқ кириб бориш, унинг сир асрорларини ўрганиб, улардан жамият тараққиёти, инсоният эҳтиёжлари йўлида фойдаланиш бу интилишларнинг асосини ташкил қилади.

Дунё миқёсида сўнгги 20-25 йил мобайнида катта ютуқларга эришилган йўналишларни қарасак, улар асосан кичик ўлчамларда, яъни кичик ўлчамдаги жараёнлар ўрганиш натижасида шундай ўлчамдаги , объектларни яратиш ва улардан кенг фойдаланиш соҳида рўй бераётганини кўриш мумкин.

Шу сабабли ҳам кичик ўлчамдаги жараёнларни ўрганиш ва улардан жамият ривожини йўлида фойдаланишни фан тараққиётининг ўзига хос хусусияти деб қарашимиз мумкин. Бунга шундай кичик масофалардаги воқеликни ўрганувчи янги шаклланаётган фанлар – нанофизика, нанохимия, нанобиология, наномедицинани мисол сифатида келтириш мумкин.

Бу фанларнинг ривожланишига асос бўлиб ҳозирги замон фан-техникасининг имкониятлари хизмат қилади. Масалан, нанофизика соҳасида графен тузилмасини мисол қилишимиз мумкин. графен структураси Манчестр университети олимлари томонидан олинган ва структура ажратиб олинганда унинг хусусиятлари бутунлай ўзгариши намоён бўлган. Шунга ўхшаш бирор моддадан айрим наноструктура ажратиб олинса унинг наномасштабдаги хусусиятлари моддадаги хусусиятларидан бутунлай бошқача бўлиши маълум бўлди. Шундай қилиб графен дунёдаги энг юпқа материал бўлиб графит (кўмир) моддасидан олинган, унинг қалинлиги атом ўлчамига тенг, мустаҳкамлиги олмосдай, электр ва иссиқлик ўтказувчанлиги мисдан ҳам яхши. Лекин унинг механик, оптик, иссиқлик ва электр ўтказувчанлик хусусиятларини янада яхшилаш мумкинлиги маълум. Шу жиҳатдан графен энг истиқболли материал ҳисобланмоқда ва унинг қўлланилиши фан-техника тараққиётини тезлаштириши (ҳозирда самарали электр батареялари, иссиқлик элементлари, сувни чучуклаштиргичлар ва юқори сезгир элементлар яратилган ва уларни кенг ишлаб чиқариш масалалари кўрилмоқда) ҳамда инсоният турмуш тарзини янада яхшилаши кутилмоқда.

Шунга ўхшаш химия, биология ва медицина фанларида ҳам атом, молекула, ҳужайра даражасидаги янги хоссаларни қўллаш орқали бу фанлар муаммоларини ечиш ишлари бошлаб юборилган.

Нанотехнологиялар соҳаси фикримизни янада яққол тасдиқлайди.

8.2 Нанофизиканинг шаклланиши, мақсад ва вазифалари

Нанофизика – нанометр ўлчамдаги объектлар физикаси. Нанометр - 10^{-9} метр ўлчамни англатади. Ҳозирги вақтгача конденсацияланган ҳолат физикасида шундай ўлчамдаги объектлар билан ишлаб келинган эди. Ҳаёт тақозаси билан янги материаллар олиш, уларда олдиндан белгиланган хусусиятларни ҳосил қилиш каби талаблар бу йўналишнинг шаклланишига олиб келди. Шу сабабли нанофизикани нанообъектлар ва наносистемалар соҳасидаги конденсацияланган ҳолат физикаси деб аташимиз мумкин.

Нанофизиканинг бошқа фанларга нисбатан ўрнини (макро-, микро-, атом, молекуляр физика ва бошқ.) аниқлаш учун нанометрли атом ўлчами билан таққослаймиз. Шунда нанофизика ўнлаб атомлардан иборат объектлар билан ишлаши келиб чиқади ва унинг методлари бу объектлардаги алоҳида зарралар хоссаларини баён қилиши, “кўриши” ёки ўлчаши мумкин бўлади.

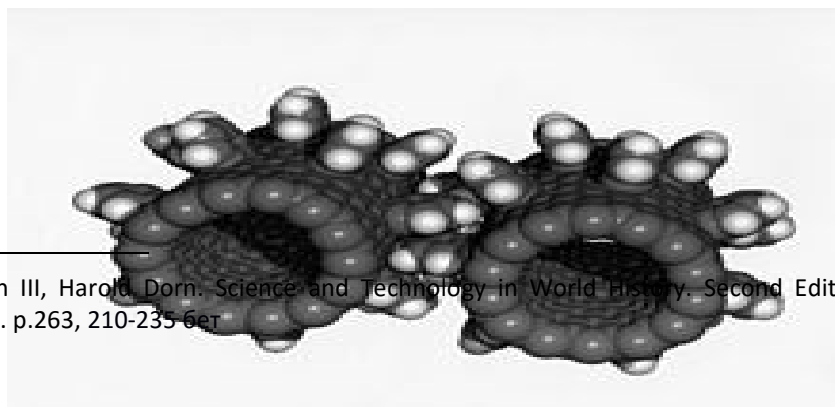
Табиатда нанообъектлар мавжуд эмас. Лекин табиат қонунлари бу объектларни замонавий химия ва нанотехнологиялар усуллари ёрдамида яратишни, ҳосил қилишни инкор қилмайди. Хусусан, сўнгги 20 йил мобайнида карбонлар химияси кескин ривожланишга эришди. Фуллерин – тўғри кўпқиррали тузилишга эга, ўнлаб, юзлаб ҳатто минглаб углерод атомларидан ташкил топган молекула, нанотрубкалар – диаметри бир неча нм ўлчамга ва бир неча см узунликка эга цилиндрлар, ва бу тузилмаларнинг агрегат ҳолатлари (трубкага жойлашган фуллерин шариклар, трубка ичига жойлашган трубка, трубкалардан ўрилган “канатлар”, ва ҳакоза.). Бу объектлар электр занжирига уланса молекуляр транзистор, тўғирлагич, электронларни бир электроддан иккинчисига биттадан ўтказадиган “куръер”ларга айланади. Углерод (карбон) нанотехнологиясининг сўнгги ютуғи – графен текисликлари, яъни бир атом қалинлигидаги пленкалар бўлиб, улар олти бурчакли асалари уясини эслатади. Графен нанотехнологияси барча кўрсаткичлар –қурилма ихчамлиги, ишлаш тезлиги, маълумотни ёзиш зичлиги, ва ҳакоза бўйича кремнийли технологияни сиқиб чиқариши башорат қилинмоқда. Бу молекуляр нанофизикага параллел равишда сунъий атом ва молекулалар физикаси – квант нуқталар физикаси ҳам ривожланмоқда. Квант нуқта – электронлар учун жуда кичик радиусга эга қопқон бўлиб бу радиус ихтиёрий электроннинг тўлқин узунлигига яқин ўлчамга эга. Шу сабабли атом ёки молекуладаги каби квант нуқтадаги барча ҳолатлар квантланган бўлади. Одатда квант нуқталар икки GaAs/(Ga,Al)As яримўтказгичдан иборат “сендвич” – гетероструктурага электродлар киритиш билан ҳосил қилинади. Яримўтказгичлар орасидаги чегара – интерфейсда икки ўлчамли электрон газ ҳосил қилинади. Бу электронларнинг маълум қисми электродлар томонидан ҳосил қилинган ёпиқ электростатик қопқонда ушлаб

қолинади. Бу қопқон квант нуқта вазифасини бажаради. Икки ўлчамли электронлар берилган кучланиш таъсирида квант нуқта орқали битта-битталаб туннелдан ўтгандай ўтади. Натижада Ом қонуни ифодалаган ток ва кучланиш орасидаги чизиқли боғланиш ўрнига поғонали вольт – ампер характеристикага эга бўлинади.

Ҳар бир поғона кучланиш остида навбатдаги электроннинг туннелланишига мос келади. Шундай қилиб электронларни квант нуқтада битталаб санаш мумкин бўлади. Дисцифат квант нуқталарда электродлар қопқонни қобикларга ажратади ва натижада ушлаб олинган электронлар атомлардаги каби қобиклар – орбиталар бўйлаб тақсимланадилар. Бу “цилиндрик” атомлар Менделеев-Бор қонунига мос ўзларининг хусусий даврий системасини ташкил қилади.

Нанофизиканинг яна бир ҳайратланарли ихтироси – оптик панжаралардир. Бу панжараларда даврий “кристалл” структура кесишган лазер дасталари ёрдамида ҳосил қилинади. Оптик панжара тугунларида ишқорий ёки оралик металлларнинг нейтрал атомлари жойлаштирилади. Ўзининг физик хусусиятларига кўра бу нурдан ясалган кристаллар оддий кристалларни эслатади. Лекин уларнинг параметрлари тажриба қурилмасида осон ўзгартирилиши мумкин.

Шундай қилиб, нанофизика – экспериментаторлар санъати натижасида яратилган объектлар физикасидир. Бу объектларда квант механикасининг барча қонуниятлари бажарилади. Фақат улар она табиат томонидан табиий ҳолда яратилмаган. Бу объектлар келажак наноэлектроникаси учун ўта фойдали бўлар, лекин ҳозирликча нанофизика соҳасидаги ишлар фундаментал фан ва технология тараққиётига катта ҳисса бўлиб қўшилди³⁷.



³⁷ James E. McClellan III, Harold Dorn. Science and Technology in World History. Second Edition. Johns Hopkins university press, 2006. p.263, 210-235 бет

Нанотрубка асосида яратилган молекула ўлчамидаги шестерна (тишлама) лар

8.3 Нанотехнологияларнинг пайдо бўлиши, мақсад ва вазифалари

Нанотехнология - фундаментал ва амалий фанлар ҳамда техниканинг бирлашган соҳаси. Бу соҳада назарий асослаш, тадқиқотнинг амалий методлари, анализ ва синтез, ишлаб чиқариш усуллари, алоҳида табиатда мавжуд атом ва молекулалар хоссалари асосида назорат қилинадиган танланган хусусиятли атом структураларини ишлаб чиқиш ва қўллаш каби вазифалар тўплами амал қилади.

Ҳозирга (2015 йил сентябр ойи) қадар нанотехнология ва наномаҳсулотни таърифловчи ягона стандарт мавжуд эмас.

“Нанотехнологиялар” тушунчасига қуйидаги таърифлар берилган: ISO/TK 229 техник қўмитасида нанотехнологиялар деганда қуйидагилар тушунилади:

1 1 нм (100 нм дан кичик ўлчамларда ҳам) ўлчамдаги билим ва жараёнларни бошқариш, бир ва бир неча ўлчамли эффект (ҳодиса), уларни амалда қўллаш имкониятларини яратса;

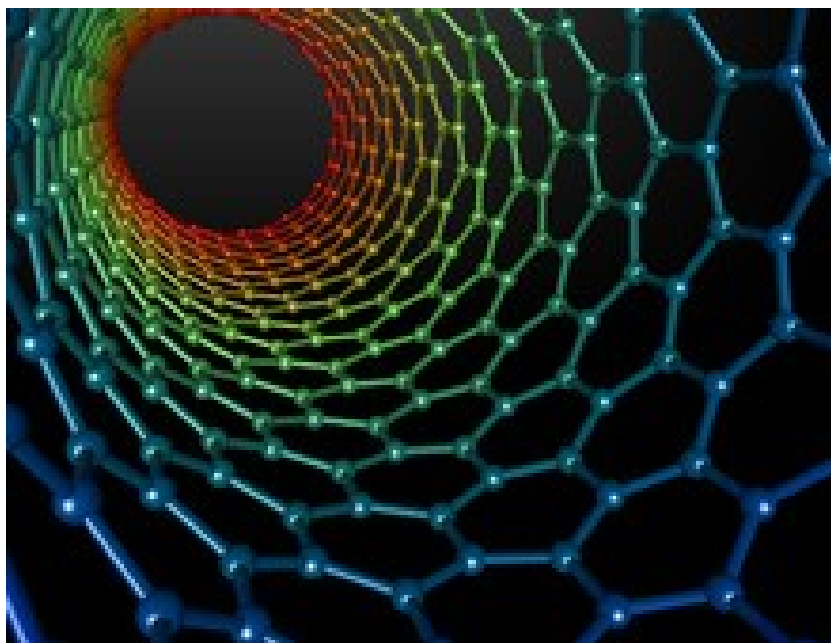
2 Объект ва материаллар хоссалари нанометр масштабларда ишлатилса ва бу хоссалар табиий атом ёки молекулалар хоссаларидан ҳамда улардан ясалган моддалар ҳажм хусусиятларидан фарқ қилса, бу хоссалардан фойдаланиб янада мукамал материаллар, асбоб-ускуналар, системалар яратилса.

Нанотехнологиянинг амалий аспекти атомлар, молекулалар ва нанозарраларни яратиш, ишлов бериш ва бошқариш учун зарур бўлган асбоб-ускуна ҳамда уланинг компоненталарини ишлаб чиқаришдан иборат. Бунда объектнинг чизиқли ўлчами 100 нм дан кам бўлиши шарт эмас. Балким объект нанообъектлардан иборат макрообъект ҳам бўлиши мумкин.

Нанотехнологиялар амалдаги фанлардан сифат жихатдан фарқ қилади. Чунки бу масштабларда амалдаги моддага ишлов берувчи макроскопик технологияларни қўллаб бўлмайди. Микроскопик ҳодисалар (масалан, Ван-дер-Ваальс кучлари, квант эффектлари) эса оддий масштабларда жуда кучсиз, лекин микромасштабларда анча аҳамиятли бўлади.

Нанотехнология, асосан молекуляр технология — янги, жуда кам ўрганилган фан ҳисобланади. Бу соҳада башорат қилинаётган асосий кашфиётлар ҳали амалга оширилгани йўқ. Лекин олиб борилаётган тадқиқотлар ўзининг амалий натижасини бермоқда. Замонавий электрониканинг тараққиёти қурилмалар ўлчамларининг камайиши томонга қараб йўналган. Иккинчи томондан мавжуд классик ишлаб чиқариш ҳам харажатлар ошиши ҳисобига тўсиққа учрамоқда. Шу сабабли нанотехнология электроника ва бошқа фан ютуқларини талаб қиладиган ишлаб чиқариш соҳаларининг ривожланишидаги кейинги босқич сифатида қаралмоқда.

Нанотехнологиянинг юзага келиш тарихи



Углерод нанотрубканинг ички тасвири

Нанотехнологияга асос бўлган методларни 1959 йилда Ричард Фейнманнинг Калифорния технология институтида бўлиб ўтган Америка

физика жамиятининг йиллик мажлисидаги чиқиши билан боғлашади. У алоҳида атомларни улар ўлчамидаги манипулятор ёрдамида аралаштириш таклифини берган эди.

Атом даражасидаги объектларни тадқиқ қилиш таклифи И.Ньютон томонидан 1704 йилда нашр қилинган. Китобда Ньютон келажакда микроскоплар “корпускула сирлари”ни ўрганишга имкон беришига умид қилишини баён қилган.

“Нанотехнология” термини биринчи бўлиб Норио Танигути томонидан 1974 йилда ишлатилган. У бу термин билан бир неча нанометр ўлчамга эга маҳсулотлар ишлаб чиқаришни назарда тутган. Ўтган асрнинг 88-йилларида Эрик К. Дрекслер бу терминни ўзининг “Яратувчи машиналар: келаятган аср - нанотехнологиялар асри” (*«Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology»*) ва *«Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing, and Computation»* китобларида ишлатган.

Миниатюризациянинг замонавий тенденцияси шуни кўрсатдики, модданинг кичик зарраси ажратиб олинса, бу модда ўзининг умуман янги хусусиятларини намоён қилар экан. Айрим материалларнинг нанозарралари жуда яхши катализатор ва адсорбцион хусусиятларини намоён қилса, бошқалари ажойиб оптик хусусиятларига эга бўлиб қолади. Масалан, органик материалларнинг жуда юпқа пленкасини Қуёш батареялари ишлаб чиқаришда фойдаланилади. Бу батареялар паст самарадорликка эга бўлишади, лекин арзон ва механик таъсирларга чидамли. Сунъий нанозарраларни наноўлчамли табиий бирикмалар – оксиллар, нуклеин кислоталари ва бошқалар билан таъсирлашишга эришилмоқда.

Нанообъектлар 3 синфга бўлинади: уч ўлчамли зарралар, улар ўтказгичлардан, плазма синтези ва юпқа пленкаларни тиклаш ва бошқа йўллар билан олинади, икки ўлчамли объектлар – молекуляр ва ион қатламлаштириш йўли билан олинган пленкалар, бир ўлчамли объектлар – вискерлар, молекуляр қатламлаштириш усули орқали олинади. Бундан ташқари нано композитлар ҳам мавжуд бўлиб, улар нанозарраларни қандайдир матрицага киритиш йўли

билан олинган материаллар ҳисобланади. Молекуляр ва ион қатламлаштириш усуллари реал моноқатламлар олишнинг ишончли усуллари ҳисобланади. Табiiй ва сунъий яратилган органик нанозарралар алоҳида синфни ташкил қилади. Ҳажмга эга материаллардан ташқари нанозарраларнинг физик ва химик хусусиятлари уларнинг ўлчамига жуда ҳам боғлиқ бўлганидан нанозарралар ўлчамини эритмаларда ўлчаш усулларига бўлган қизиқиш ортмоқда. Бу усулларга нанозарралар траекторияларини таҳлил қилиш, динамик нур сочилиши, седиментацион анализ ва ультратовуш усуллари киради.

Нанотехнология олдида турган муҳим масалалардан бири – молекулаларни маълум йўл билан группалаштириш, ўзташқиллаштириш ва натижада янги материаллар, қурилмалар олишдир. Бу муаммо билан химиянинг бўлими – супрамолекуляр химия шуғулланади. Бу бўлим алоҳида молекулаларни эмас, молекулалар орасидаги ўзаро таъсирни ўрганади. Бу кучлар молекулаларни тартиблаштириш асосида янги модда ва материаллар ҳосил қилиши мумкин. Табиатда шундай кучлар ва жараёнлар мавжуд. Масалан, биополимерлар махсус тузилмага келиш хусусиятига эга. Оқсиллар ҳам турли бирикмалар ҳосил қилиш хусусиятига эга.

Нанозарраларнинг қўлланилишига битта хусусият тўсқинлик қилмоқда. Бу нанозарралар агломератлар, яъни бир-бирига ёпишиши натижасида кераксиз бирикмалар ҳосил қилади. Шу сабабли керамика ва металлургия соҳасида истиқболли ҳисобланган нанозарралардан фойдаланишда бу муаммони ҳал қилиш керак³⁸.

8.4 Нанофизика ва нанотехнологиялар эришган ютуқлар

Нанотузилмалар соҳасидаги кейинги натижалар:

- Нанокристаллар
- Аэрогеллар
- Аэрографитлар

³⁸ R. V. Lapshin (2004). «Feature-oriented scanning methodology for probe microscopy and nanotechnology» (PDF). Nanotechnology(IOP) 15 (9): 1135-1151. DOI:10.1088/0957-4484/15/9/006. ISSN 0957-4484. 1135-1151 p.

Наноаккумуляторлар —2005 йилда Altair Nanotechnologies (США) компанияси томонидан литий-ион аккумуляторлари электродлари учун нанотехнологик материал яратилганлигини маълум қилди. $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ электродли аккумуляторлар зарядланиш вақти 10—15 минут. Бу аккумуляторлар электромобиллар яратиш учун катта имкониятдир.

2007 йил 15 октябрда Intel компанияси компьютер процессорининг янги прототипини яратганлигини маълум қилди. Бу процессор 45 нм ўлчамдаги тузилма элементларга эга. Кейинчалик бундай элементлар ўлчами 5 нм гача етиши кўзда тутилмоқда. Бу компания конкуренти бўлган AMD компанияси IBM компанияси билан биргаликда ишлаб чиқилган нанотехнологик жараёнларни анчадан бери қўллаб келмоқда. Бу технологик жараёнларнинг Intel ишланмаларидан фарқи қўшимча SOI изоляция қопламасининг ишлатилишидир. Бу қоплама транзистор тузилмасини қўшимча изоляциялаши сабабли токнинг оқиб чиқиши олди олинади. Бу компанияда 14 нм ўлчамдаги транзисторли процессорларнинг ишчи намуналари ҳамда 10 нм ўлчамдаги транзисторли процессорларнинг тажриба нусхалари мавжуд.

Қаттиқ дисклар – 2007 йилда Питер Грюнберг ва Альберт Ферт GMR – эффектни кашф қилишгани учун Нобел мукофотиغا сазовор бўлишди. Бу эффект маълумотларни қаттиқ дискларда атомлар зичлиги даражасида ёзишга имкон беради.

Сканирловчи зонд микроскопи (СЗМ) — юқори ажратиш қобилиятига эга микроскоп бўлиб, зонд игнасининг ўрганилаётган сирт билан ўзаро таъсирлашишига асосланган. Одатда ўзаро таъсирлашиш деганда кантилевер (зонд) нинг Ван-дер Ваальс кучлари остида сиртга тортилиши ёки ундан узоқлашиши тушунилади. Лекин махсус кантилевер (зонд) ишлатилганда сиртнинг электр ва магнит хоссаларини ўрганиш мумкин. СЗМ ток ўтказувчи ва ўтказмайдиган сиртларни (хатто суюқлик қатлами бўлган ҳолларда, органик молекулалар –ДНК билан ҳам) ўрганишга ҳам имкон беради. Унинг ажратиш қобилияти атом ўлчами даражасида.

Антенна-осцилятор — 2005 йил 9 февралда Бостон университети лабораториясида 1 мкм ўлчамдаги антенна-осцилятор яратилди. Бу қурилма 5000 миллион атомлардан иборат бўлиб 1,49 гигагерц частотада катта ҳажмдаги информацияни ўзатиш қобилиятига эга.

Плазмонлар — металлдаги эркин электронларнинг коллектив тебраниши. Плазмонларнинг характерли хусусияти плазмон резонансидир. Бу резонанс 20-аср бошларида Ми томонидан башорат қилинган. Плазмон резонансининг тўлқин узунлиги, масалан, 50 нм диаметрли кумуш зарраси учун тўлқин узунлик тахминан 400 нм ни ташкил қилади. Бу ҳолат нанозарраларни қайд қилишга имкон беради, яъни нурланиш тўлқин узунлиги зарранинг ўлчамига қараганда анча катта.

Робототехника

- Молекуляр роторлар - синтетик наноўлчамли двигателлар, етарли даражадаги энергия берилганда улар айлантирувчи (буралма) момент ҳосил қилишади.
- Нанороботлар- молекула ўлчамига тенг наноматериаллардан ясалган роботлар, улар ҳаракатлана оладилар, маълумотни қайта ишлайди ва узата олади, дастурларни бажара оладилар. Ўз нусхасини ярата оладиган, яъни ўзини ўзи яратадиган роботларга репликаторлар дейилади.
- Молекуляр пропеллер (винт)лар - винт шаклидаги наноўлчамдаги молекулалар, улар махсус шакллари (микроскопик винт) ҳисобига айланма ҳаракатлана оладилар.
- 2006 йилдан буён RoboCup лойиҳаси доирасида (роботлар ўртасида футбол чемпионати) «Nanogram Competition» номинацияси пайдо бўлди. Бу

номинацияда ўйин майдони томони 2,5 мм га тенг квадратни ташкил қилади. Ўйинчининг максимал ўлчами эса 300 мкм билан чегараланган³⁹.

Концептуаль қурилмалар

Nokia Morph - Nokia ва Кембридж университети томонидан нанотехнологик материал асосидаги келажакдаги қўл телефони лойиҳаси ишлаб чиқилган.

Нанотехнологиялар саноати

2004 йилда нанотехнология соҳасига киритилган дунё бўйича инвестициялар 2003 йилдагига қараганда 2 марта ошган ва 10 млрд. долларга етган. Бу маблағнинг 6,6 млрд. доллари хусусий корпорация ва фондларга, 3,3 млрд. доллари давлат ташкилотлари улушини ташкил қилган. Бу соҳада Япония ва АҚШ давлатлари етакчи бўлиб қолмоқда.

8.5 Бу фанларнинг ривожланишига жамиятнинг муносабати

Нанотехнологиялар соҳасидаги прогресс маълум жамоат резонансига олиб келди. Тадқиқотлар бу салбий муносабатни диний қарашлар билан ва наноматериалларнинг токсик хусусияти пайдо бўлиб қолиши билан боғлашмоқда. Диний эътирозларда табиий ҳолда мавжуд бўлмаган модда ва тузилмаларнинг яратилиши назарда тутилади. Айниқса, кенг реклама қилинган ва хусусиятлари ҳамда хавфсизлиги катта гумон остида бўлган коллоид кумуш ҳам катта ташвишланиш туғдирмоқда.

Наноматериалларнинг токсик хусусияти деганда маълум вақтдан кейин уларнинг зарарли ва заҳарли моддаларга айланиб қолиши хавфи тушунилади.

2005 йилдан буён CRN халқаро ишчи гуруҳи нанотехнология ривожланишининг социал таъсирини ўрганиб келади. 2006 йил октябрь ойида нанотехнологиялар бўйича Халқаро Кенгаш томонидан обзор мақола нашр қилинди. Бу мақолада хавфсизлик юзасидан нанотехнологик тадқиқотлар юзасидан маълумотларни тарқатишни чеклаш тўғрисида сўз боради.

Нанозарраларнинг хавфсизлиги тўғрисидаги биринчи мақола 2001 йилда нашр қилинди. 2008 йилда Халқаро нанотаксиологик ташкилот (International

³⁹ R. V. Lapshin. Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology / H. S. Nalwa. -USA: American Scientific Publishers, 2011. -Vol. 14. -P. 105-115.- ISBN 1-58883-163-9. 105-115 p.

Alliance for NanoEHS Harmonization) тузилди. Бу ташкилот фаолияти хужайра ва тирик организмларда наноматериалларнинг таксиологик тестини ўтказишни расмийлаштириб боришга йўналтирилган. Гринпис ташкилоти нанотехнологиялар бўйича олиб борилаётган тадқиқотларни таъқиқлашни талаб қилмайди, лекин нанозарралар хавфсизлиги тўғрисида ўз шубҳасини билдирмоқда.

Назорат саволлари:

1. Фан тараққиёнининг ўзига хос хусусиятларини тушунтиринг?
2. Янги фанларнинг шаклланиши ва уларнинг юзага келишидаги асосларни тушунтиринг?
3. Нанофизиканинг шаклланиши, мақсад ва вазифаларини тушунтиринг?
4. Нанотехнологияларнинг пайдо бўлиши, мақсад ва вазифаларини тушунтиринг?
5. Нанофизика ва нанотехнологиялар эришган ютуқларини тушунтиринг?
6. Бу фанларнинг ривожланишига жамиятнинг муносабати қандай?

Фойдаланган адабиётлар:

1. James E. McClellan III, Harold Dorn. Science and Technology in World History. Second Edition. Johns Hopkins university press, 2006. p.263
2. R. V. Lapshin (2004). «Feature-oriented scanning methodology for probe microscopy and nanotechnology» (PDF). *Nanotechnology(IOP)* **15** (9): 1135-1151. DOI:10.1088/0957-4484/15/9/006. ISSN 0957-4484.
3. R. V. Lapshin. Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology / H. S. Nalwa. -USA: American Scientific Publishers, 2011. -Vol. 14. -P. 105-115.- ISBN 1-58883-163-9

IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ

“Физика ва астрономия фанларининг тараққиёт тенденциялари ва инновациялари” ўқув модулининг мақсади тингловчиларни шу соҳада жаҳон миқёсида эришилаётган энг сўнгги ютуқлар билан таништиришдан иборатдир. Шу сабабли бу эришилаётган тараққиёт натижаларини бу модулга ажратилган вақт мобайнида тўла қамраб олиш имконияти йўқ. Шу сабабли модуль бўйича йиғилган тарқатма материаллар ҳамда вақтли даврий илмий нашрлар ва интернет материаллари орқали тингловчилар эга бўлган маълумотлар ҳам бу модулни ўзлаштиришда аҳамият касб этади. Амалий машғулотлар давомида ушбу қўшимча маълумотлар ёрдамида назарий мавзулар ҳар томонлама муҳокама ва таҳлилдан ўтиши ушбу модулни самарали ўзлаштириш учун асос бўлади.

1 – амалий машғулот:

Замонавий тадқиқотларнинг хусусиятлари, йўналишлари ва дунёқараш шаклланишидаги ўрни.

Ишдан мақсад: Мавзуни интерфаол усуллар, баҳс мунозаралар орқали ҳар томонлама мустаҳкамлаш, тингловчиларнинг фикр ва таклифларини тинглаш.

Масаланинг қўйилиши: Замонавий тадқиқотларнинг хусусиятлари, йўналишлари ва дунёқараш шаклланишидаги ўрни мавзусидаги билим ва тасаввурларини ривожлантириш.

Маъруза мавзусида келтирилган маълумотлар албатта мавзунинг барча томонларини қамраб ололмайди. Шу сабабли барча амалий машғулотларда асосан маърузада берилган маълумотлар, мавзу йўналиши, мавзуда кўтарилган муаммо ва уларнинг ечимлари тингловчилар томонидан қўшимча далиллар келтириш, бу маълумотларни шу вақтга қадар мавжуд илмий натижа, далиллар билан боғлаш, бунинг асосида эса йўналиш истиқболини кўра билиш каби томонларга эътибор қаратилади.

Шу муносабат билан 1-мавзу доирасидаги амалий машғулотда қуйидаги вазифалар бажарилади:

1. Жаҳон илмий марказлари ва ташкилотлари , ҳар бир илмий марказ ёки ташкилотнинг мақсад ва вазифалари, эришилган ютуқлари, истиқбол режалари каби томонларга эътибор қаратилади.

2. Ҳозирда жадал илмий-тадқиқот олиб борилаётган йўналишлар, бу тадқиқотларнинг мазмун-моҳияти, олинаётган натижаларнинг аҳамияти каби жиҳатлари таҳлил қилинади.

3. Истиқбол режалар муҳокама қилинади.

4. Тингловчилар ўзлари таълим олган, фаолият юритаётган даврда уларда шаклланган тасаввурлар билан курс давомида олинган маълумотлар асосидаги тасвурлари солиштирма таҳлил қилинади.

Ушбу вазифаларни интерфаол усуллар ёрдамида ҳал қилиш орқали тингловчилар

-маърузада берилган маълумотлар асосида замонавий тадқиқотлар характерини қўшимча янги далиллар асосида кўрсатиб бериш;

-физика ва астрономия соҳасидаги оламшумил ўзгаришларни кўрсатиш ва аҳамиятини асослаш;

- педагогик технологияларни қўллаш орқали мавзу мақсади, вазифалари ва аҳамиятини очиб бериш орқали мавзунинг улар томонида сифатли ўзлаштирилишига эришадилар.

Назорат саволлари:

1. Илмий - тадқиқот ишларининг замонавий хусусиятларини тушунтиринг?

2. Физика ва астрономия фанларининг сўнгги ютуқларини изоҳланг?

3. Физика ва астрономия фанлари тараққиёти натижасида юзага келган янги йўналишларни изоҳланг?

4. Физика ва астрономия соҳасида олиб борилаётган тадқиқот йўналишларини изоҳланг?

5. Физика ва астрономия соҳасидаги Халқаро илмий марказлар ва ташкилотлар ва улар фаолияти тўғрисида маълумот беринг?

Фойдаланган адабиётлар:

1. B.Povh, K.Rith, Ch. Shcolz, F. Zetsche. Particles and Nuclei. An introduction to the physical concepts. 2008. Springer, Berlin-Heidelberg. -395 p.
2. Ch.W.Fay. Introduction to modern physics. Ferris state university press. 2011. - 157 p.

2- амалий машғулот:

Бирлаштирувчи назариялар.

Ишдан мақсад: Мавзуни интерфаол усуллар, баҳс мунозаралар орқали ҳар томонлама мустаҳкамлаш, тингловчиларнинг фикр ва таклифларини тинглаш.

Масаланинг қўйилиши: Бирлаштирувчи назариялар мавзусидаги билим ва тасаввурларини ривожлантириш

Ушбу мавзу бўйича бажариладиган амалий машғулотда тингловчилар интерфаол усуллар қўллаган ҳолда қуйидаги вазифаларни бажарадилар:

1. Бирлаштирувчи назарияларнинг мазмун-моҳияти ва мақсади таҳлил қилинади.

2. Бирлаштириш назарияси тарихи, эришилган натижалар муҳокама қилинади.

3. Ҳозирда амалга оширилаётган уринишлар, энг истиқболли саналган назариялар таҳлил қилинади.

4. Бирлаштириш назарияларини қуришдаги тўсиқлар, муаммолар муҳокама қилинади.

Ушбу вазифаларни интерфаол усуллар ёрдамида ҳал қилиш орқали тингловчилар

- педагогик технологияларни қўллаган ҳолда кучларнинг бирлашган назариясини яратиш заруриятини тушуниб етишади;

- бирлаштириш заруриятининг асослари ва эришилган натижаларни таҳлил қиладилар;

- бирлаштиришга тўсиқ бўлаётган ҳолатларни ўрганадилар;

- истиқболдаги режалар ва эришилажак натижаларни ҳар томонлама таҳлил қилиш ва мустаҳкамлашга эришадилар.

Назорат саволлари:

1. Қайси кучлар тарихан илк бор бирлаштирилган?
2. Салам-Вайнберг модели асосида қайси кучлар бирлаштирилган?
3. Бирлаштирувчи назарияларнинг асосий моҳияти нимада?

4. Бирлаштирувчи назарияларга доир моделларни изоҳланг?
5. Бирлаштирувчи назарияларни асословчи энг асосий назарияни айтинг?
6. Истикболдаги вазифаларни тушунтиринг?

Фойдаланган адабиётлар:

1. B.Povh, K.Rith, Ch. Shcolz, F. Zetsche. Particles and Nuclei. An introduction to the physical concepts. 2008. Springer, Berlin-Heidelberg. -395 p.
2. Ch.W.Fay. Introduction to modern physics. Ferris state university press. 2011. - 157

3-амалий машғулот Нейтрино физикаси.

Ишдан мақсад: Мавзуни интерфаол усуллар, баҳс мунозаралар орқали ҳар томонлама мустаҳкамлаш, тингловчиларнинг фикр ва таклифларини тинглаш.

Масаланинг қўйилиши: Нейтрино физикаси мавзусидаги билим ва тасаввурларини ривожлантириш.

Ушбу мавзу бўйича бажариладиган амалий машғулотда тингловчилар томонидан интерфаол усуллар қўлланган ҳолда қуйидаги вазифалар бажарилади:

1. Нейтринонинг кашф қилиниши тарихи, унинг кашф қилинишига олиб келган омиллар таҳлил қилинади.
2. Нейтрино табиатига бўлган турли қарашлар муҳокама қилинади.
3. Нейтрино осциляцияси муаммоси таҳлил қилинади.
4. Жаҳон илмий марказларида нейтрино табиатини ўрганиш бўйича олиб борилаётган тадқиқотлар чуқур таҳлил қилиш орқали муҳокама қилинади.
5. Нейтринонинг Оламнинг “яширин” массасига бўлган муносабати ўрганилади.

Ушбу вазифаларни интерфаол усуллар ёрдамида ҳал қилиш орқали тингловчилар

- нейтрино физикаси муаммолари;

- эришилган ютуқлар;
- жаҳон миқёсида олиб борилаётган тадқиқотлар;
- уларнинг аҳамияти;
- нейтрино осцилляцияси;
- истиқболдаги тадқиқотлар тўғрисида мустақил ва умумжамоа таҳлил материалларини тайёрлаш, муҳокама қилиш ва мустаҳкамлашга эришадилар.

Назорат саволлари:

1. Нейтринонинг кашф қилинишини тушунтиринг?
2. Нейтрино неча авлодга эга?
3. Нейтрино осцилляциясини тушунтиринг?
4. Қуёш нейтриноси муаммосини тушунтиринг?
5. Нейтринонинг Олам тузилишидаги ўрни қандай?
6. Истиқболдаги тадқиқотларни тушунтиринг?

Фойдаланган адабиётлар:

1. Astronomers Accurately Measure the Mass of Neutrinos for the First Time. *scitechdaily.com*.
2. *Foley, James A.* Mass of Neutrinos Accurately Calculated for First Time, Physicists Report. *natureworldnews.com*
3. «Evidence for Massive Neutrinos from Cosmic Microwave Background and Lensing Observations». *Physical Review Letters* (2014) **112** (5): 051303. arXiv:1308.5870v2. DOI:10.1103/PhysRevLett.112.051303. PMID 24580586. Bibcode: 2014PhRvL.112e1303B.
4. *Shaun A. Thomas, Filipe B. Abdalla, and Ofer Lahav* Upper Bound of 0.28 eV on Neutrino Masses from the Largest Photometric Redshift Survey (англ.) // *Phys. Rev. Lett.* — 2010. — Vol. 105, fasc. 3. — P. 031301.
5. Measurement of the neutrino velocity with the OPERA detector in the CNGS beam, 22 Sep 2011
6. OPERA experiment reports anomaly in flight time of neutrinos from CERN to Gran Sasso // CERN Press Release, 23 February 2012, Update 8 June 2012 (англ.)

7. *ICARUS Collaboration et al.* Measurement of the neutrino velocity with the ICARUS detector at the CNGS beam // *Physics Letters B.* — 2012. — Vol. 713 (18 июля). — P. 17–22. — arXiv:1203.3433. — DOI:10.1016/j.physletb.2012.05.033.

8. http://neutrino.physics.wisc.edu/databay/2012-03-08-oscPRL/DYB_EWNP_v5.pdf

4– амалий машғулот

Тезлаткичларсиз астрозарралар физикаси

Ишдан мақсад: Мавзуни интерфаол усуллар, баҳс мунозаралар орқали ҳар томонлама мустаҳкамлаш, тингловчиларнинг фикр ва таклифларини тинглаш.

Масаланинг қўйилиши: Тезлаткичларсиз астрозарралар физикаси мавзусидаги билим ва тасаввурларини ривожлантириш.

Ушбу мавзу бўйича бажариладиган амалий машғулотда тингловчилар турли интерфаол усуллар қўллаган ҳолда қуйидаги вазифаларни бажарадилар:

1. Тезлаткичларсиз астрозарралар физикаси предмети, соҳалари ва мақсад-вазифалари муҳокама ва таҳлил қилинади.

2. Тезлаткичларсиз астрозарралар физикаси қамраб олган соҳалар - Коинот нурлари физикаси, Қуёш нейтриноси физикаси, қора материя, нейтрино хоссалари, нуклон стабиллиги, ўта янги юлдузлар, гамма нурлар ва нейтрино астрономияси, астрофизика, космология ва зарралар физикаси соҳаларни боғлаб турган умумий хусусият муҳокама қилинади.

3. 1-мавзудаги замонавий тадқиқот йўналишлари ва тезлаткичларсиз астрозарралар физикаси соҳаларини қиёсий солиштириш амалга оширилади.

4. Коинотнинг ўзи энг қудратли тезлаткич эканлиги таҳлил қилинади.

5. Тезлаткичларсиз астрозарралар физикаси истиқболи, истиқболдаги режалар ўрганилади.

Ушбу вазифаларни интерфаол усуллар ёрдамида ҳал қилиш орқали тингловчилар

- тезлаткичларсиз астрозарралар физикасининг барча бўлимларини уларнинг мақсад-вазифалари нуқтаи-назардан таҳлил қилиб чиқишади;
- ҳар бўлимнинг мақсад ва вазифаларини асослашади;
- бу изланишларнинг аҳамиятини баҳолашади;
- чуқур таҳлиллар асосида мавзунини мустаҳкамлашади ва хулосалар чиқаришади.

Назорат саволлари:

1. Тезлаткичларсиз астрозарралар физикаси ўрганадиган соҳаларни сананг ва уларга изоҳ беринг?
2. Тезлаткичларсиз астрозарралар физикасининг аҳамияти нимада?
3. Соҳада олиб борилаётган тадқиқотлар ва уларнинг аҳамиятини тушунтиринг?
4. Олиб борилаётган тадқиқотларнинг самараси ва дунёқараш шаклланишидаги ўрнини тушунтиринг?

Фойдаланган адабиётлар:

1. MiniBooNE results suggest antineutrinos act differently // FermiLab Today, 10.06.2010
2. *A.A.Aguilar-Arevalo et al. (MiniBooNE collaboration) Unexplained Excess of Electron-Like Events From a 1-GeV Neutrino Beam (англ.) // Phys.Rev.Lett.. — 2009. — Vol. 102. — P. 101802. — DOI:10.1103/PhysRevLett.102.101802.*
3. *A.A.Aguilar-Arevalo et al. (MiniBooNE collaboration) Event Excess in the MiniBooNE Search for $\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e$ Oscillations (англ.) // Phys.Rev.Lett.. — 2010. — Vol. 105. — P. 181801. — DOI:10.1103/PhysRevLett.105.181801.*
4. A luminous future for the LHC, CERN Courier, Feb 23, 2015.
5. The Future Circular Collider study, CERN Courier, Mar 28, 2014.
6. *LHCb Collaboration. First observation of $B_s^0 \rightarrow J/\psi f_0(980)$ decays // Physics Letters B. — 2011. — T. 698, № 2. — С. 115—122. — DOI:10.1016/j.physletb.2011.03.006. — arXiv:1102.0206.*

7. *LHCb Collaboration*. First observation of $B_s \rightarrow D_{s2}^{*+} X \mu \nu$ decays // *Physics Letters B*. — 2011. — T. 698, № 1. — C. 14-20.

5-амалий машғулот:

Замонавий тезлаткичлар. Катта адрон коллайдери.

Ишдан мақсад: Мавзуни интерфаол усуллар, баҳс мунозаралар орқали ҳар томонлама мустаҳкамлаш, тингловчиларнинг фикр ва таклифларини тинглаш.

Масаланинг қўйилиши: Замонавий тезлаткичлар. Катта адрон коллайдери мавзусидаги билим ва тасаввурларини ривожлантириш.

Мавзу бўйича бажариладиган амалий машғулотда тингловчилар турли интерфаол усуллар қўллаган ҳолда қуйидаги вазифаларни бажарадилар:

1. Тезлаткичлар мақсад-вазифалари, турлари, ишлаш принциплари муҳокама ва таҳлил қилинади.

2. Тезлаткичларнинг фан-техника тараққиётидаги ўрни таҳлил қилинади.

3. Катта адрон коллайдери мақсад-вазифалари чуқур таҳлил қилинади.

4. Катта адрон коллайдерининг тузулиши, қисмлари, ишлаш принципи таҳлил қилинади.

5. Катта адрон коллайдерида олинган натижалар, уларнинг аҳамияти таҳлил қилинади.

6. Катта адрон коллайдери фаолиятининг (сарфланган маблағ, электр таъминоти,...каби) ижтимоий томонлари таҳлил қилинади.

7. Коллайдер фаолиятига жамоатчилик муносабати тўлароқ ўрганилади.

8. Катта адрон коллайдери истиқбол режалари батафсил ўрганилади.

Ушбу вазифаларни интерфаол усуллар ёрдамида ҳал қилиш орқали тингловчилар

- тезлаткичлар, уларнинг вазифалари, турларини таҳлил қилишади;

- Катта адрон коллайдери тузулиши ва ишлаш принципини таҳлил қилишади;

- мақсад ва вазифалари ҳамда ўзига хослик томонлари чуқур ўрганилади;

- олинган натижалар ва уларнинг муҳимлиги таҳлил қилинади;

- унда бажарилиши режалаштирилаётган истиқбол экспериментларни изоҳлашади;

-чуқур таҳлиллар асосида мавзуни мустаҳкамлашади ва хулосалар чиқаришади.

Назорат саволлари:

1. Тезлаткичлар ва уларнинг вазифасини тушунтиринг?
2. Катта адрон коллайдери мақсад-вазифаларини тушунтиринг?
3. Катта адрон коллайдери тузулиши ва ишлаш принципини тушунтиринг?
4. Катта адрон коллайдери лойиҳаси ва қурилиш тарихини изоҳланг?
5. Катта адрон коллайдери фаолиятига жамоатчиликнинг муносабати қандай?
6. Катта адрон коллайдерида эришилган натижаларни тушунтиринг?
7. Истиқболдаги тадқиқот ишларини тушунтиринг?
8. Катта адрон коллайдери истиқболини тушунтиринг?

Фойдаланган адабиётлар:

1. A luminous future for the LHC, CERN Courier, Feb 23, 2015.
2. The Future Circular Collider study, CERN Courier, Mar 28, 2014.
3. *LHCb Collaboration*. First observation of $B_s^0 \rightarrow J/\psi f_0(980)$ decays // *Physics Letters B*. — 2011. — Т. 698, № 2. — С. 115—122. — DOI:10.1016/j.physletb.2011.03.006. — arXiv:1102.0206.
4. *LHCb Collaboration*. First observation of $B_s \rightarrow D_{s2}^{*+} X \mu \nu$ decays // *Physics Letters B*. — 2011. — Т. 698, № 1. — С. 14-20. —

6-амалий машғулот:

Катта портлаш назарияси.

Ишдан мақсад: Мавзуни интерфаол усуллар, баҳс мунозаралар орқали ҳар томонлама мустаҳкамлаш, тингловчиларнинг фикр ва таклифларини тинглаш.

Масаланинг қўйилиши: Катта портлаш назарияси мавзусидаги билим ва тасавурларини ривожлантириш.

Мавзу бўйича бажариладиган амалий машғулотда тингловчилар турли интерфаол усуллар қўллаган ҳолда қуйидаги вазифаларни бажарадилар:

1. Оламнинг пайдо бўлиши тўғрисидаги қарашлар тарихи муҳокама ва таҳлил қилинади.

2. Катта портлаш назарияси, унинг юзага келишига сабаб бўлган омиллар таҳлил қилинади.

3. Катта портлаш босқичлари муҳокама қилинади.

4. Олам эволюцияси ва унда зарраларнинг ўрни таҳлил қилинади.

Ушбу вазифаларни интерфаол усуллар ёрдамида ҳал қилиш орқали тингловчилар

- Оламнинг пайдо бўлиши тўғрисидаги қарашларни муҳокама ва таҳлил қилишади;

- Катта портлаш назарияси, унинг юзага келишига сабаб бўлган омилларни таҳлил қилишади;

- Катта портлаш босқичларини муҳокама қилишади;

-чуқур таҳлиллар асосида мавзуни мустаҳкамлашади ва хулосалар чиқаришади.

Назорат саволлари:

1. Олам тўғрисидаги тасаввурлар ривожланишини тушунтиринг.

2. Олам тўғрисидаги назарияларни тушунтиринг.

3. Катта портлаш назариясини тушунтиринг.

4. Олам пайдо бўлишининг босқичларини тушунтиринг.

5. Олам истиқбол эволюциясини тушунтиринг.

Фойдаланган адабиётлар:

1. *Gustavo Yepes, Stefan Gottl, Yehuda Hoffman* Dark Matter in the Local Universe (англ.) // *New Astronomy Reviews*. — 2014. — arXiv:1312.0105.

2. *A.Moni Bidin et al.* Kinematical and chemical vertical structure of the Galactic thick disk. II. A lack of dark matter in the solar neighborhood (англ.) // *The Astrophysical Journal*. — 2012.

4. *Francis, Matthew.* First Planck results: the Universe is still weird and interesting. *Arstechnica* (22 March 2013).

5. Planck captures portrait of the young Universe, revealing earliest light. University of Cambridge (21 March 2013).

7-амалий машғулот

Материя тўғрисидаги замонавий қарашлар: қора материя, қора энергия, гравитацион тўлқинлар.

Ишдан мақсад: Мавзуни интерфаол усуллар, баҳс мунозаралар орқали ҳар томонлама мустаҳкамлаш, тингловчиларнинг фикр ва таклифларини тинглаш.

Масаланинг қўйилиши: Материя тўғрисидаги замонавий қарашлар: қора материя, қора энергия, гравитацион тўлқинлар мавзусидаги билим ва тасаввурларини ривожлантириш.

Мавзу бўйича бажариладиган амалий машғулотда тингловчилар турли интерфаол усуллар қўллаган ҳолда қуйидаги вазифаларни бажарадилар:

1. Материя тўғрисидаги қарашлар тарихи муҳокама ва таҳлил қилинади.
2. Материя тўғрисидаги замонавий қарашлар ва уларнинг юзага келишига асос бўлган экспериментал омиллар таҳлил қилинади.
3. Қора материя, турлари, уларни кузатиш усуллари, излаш натижалари таҳлил қилинади.
4. Қора энергия, турлари, уларни қайд қилиш усуллари, излаш натижалари таҳлил қилинади.
5. Гравитацион тўлқинлар, мавжудлиги тўғрисидаги башоратлар, уларни излаш, олинган натижалар ўрганилади.
6. Материянинг янги турларини излаш истиқболлари муҳокама қилинади.

Ушбу вазифаларни интерфаол усуллар ёрдамида ҳал қилиш орқали тингловчилар

- материя тўғрисидаги замонавий қарашларни эски тасаввурлар билан қиёсий ўрганадилар;

- қора материя, турлари, классификацияси, уларни қайд қилиш йўллари таҳлил қилинади;

- қора энергия, турлари, уларни қайд қилиш йўллари таҳлил қилишади;
- гравитацион тўлқинлар, уларнинг табиати, қайд қилиш йўллари чуқур ўрганилади;
- чуқур таҳлиллар асосида мавзун мустаҳкамлашади ва хулосалар чиқаришади.

Назорат саволлари:

1. Материя тўғрисидаги тасаввурларнинг ривожланишини тушунтиринг.
2. Коинотни ўрганиш усуллари ва кузатиш натижаларини тушунтиринг.
3. Материянинг янги турлари – қора материя, қора энергия, гравитацион тўлқинларни тушунтиринг.
4. Қора материя турларини тушунтиринг.
5. Қора энергия турларини тушунтиринг.
6. Гравитацион тўлқинларни тушунтиринг.
7. Материянинг янги турларини излаш усуллари тушунтиринг.

Фойдаланган адабиётлар:

1. Governato, F.; Brook, C.; Mayer, L.; Brooks, A., Rhee, G.; Jonsson, P.; Willman, B.; Stinson, G.; Quinn, T.; Madau, P. (Jan 20, 2010). «Bulgeless dwarf galaxies and dark matter cores from supernova-driven outflows». *Nature***463**: 203–206. arXiv:0911.2237. DOI:10.1038/nature08640. Bibcode: 2010Natur.463..203G.
2. Extra dimensions, gravitons, and tiny black holes. CERN. 17 November 2014.
3. Looking for a different sort of dark matter with GPS satellites (19 November 2014).
4. (22 March 2013) «Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results –Table 9.». *Astronomy and Astrophysics* (submitted)'. arXiv:1303.5062. Bibcode: 2013arXiv1303.5062P.
5. Francis, Matthew. First Planck results: the Universe is still weird and interesting. *Arstechnica* (22 March 2013).

6. Planck captures portrait of the young Universe, revealing earliest light. University of Cambridge (21 March 2013).

7. LIGO: A Quest for Gravity Waves. *Astro Guyz* March 12, 2010.

8. *Emanuele Berti*. Viewpoint: The First Sounds of Merging Black Holes (англ.). *Physical Review Letters* (11 February 2016).

9. *R. N. Manchester* Pulsars and gravity // *International Journal of Modern Physics D*. — 2015. V.24. — DOI:10.1142/S0218271815300189. — arXiv:arXiv:1502.05474.

8-амалий машғулот

Нанофизика ва нанотехнологиялар.

Ишдан мақсад: Мавзуни интерфаол усуллар, баҳс мунозаралар орқали ҳар томонлама мустаҳкамлаш, тингловчиларнинг фикр ва таклифларини тинглаш.

Масаланинг қўйилиши: Нанофизика ва нанотехнологиялар мавзусидаги билим ва тасавурларини ривожлантириш

Ушбу мавзу бўйича бажариладиган амалий машғулотда тингловчилар турли интерфаол усуллар қўллаган ҳолда қуйидаги вазифаларни бажарадилар:

1. Нанофизика фани шаклланиши тарихи, мақсад-вазифаларини муҳокама ва таҳлил қилинади.

2. Нанофизика тадқиқот усуллари, олинган натижалар муҳокама ва таҳлил қилинади.

3. Нанотехнологияларнинг шаклланиш тарихи, мақсад-вазифалари таҳлил қилинади.

4. Нанотехнологиялар соҳасида эршилган ютуқлар, уларнинг фан-техника ривожигаги ўрни муҳокама ва таҳлил қилинади.

5. Нанотехнологияларни назорат қилиш органлари, уларнинг мақсад-вазифалари ўрганилади.

6. Нанотехнологияларга жамият муносабати таҳлил қилинади.

Ушбу вазифаларни интерфаол усуллар ёрдамида ҳал қилиш орқали тингловчилар нанофизика ва нанотехнологияларнинг

- шаклланиш тарихи;
- уларнинг юзага келишига олиб келган асослар;
- мақсад-вазифалари;
- бу соҳалардаги эришилган ютуқлар;
- бу соҳалар фаолиятига жамиятнинг муносабати;
- истиқболдаги режалар каби масалаларни чуқур таҳлил қилиш асосида мавзунини мустақамлашади ва хулосалар чиқаришади.

Назорат саволлари:

1. Фан тараққиётининг ўзига хос хусусиятларини тушунтиринг.
2. Янги фанларнинг шаклланиши ва уларнинг юзага келишидаги асосларни тушунтиринг.
3. Нанофизиканинг шаклланиши, мақсад ва вазифаларини тушунтиринг.
4. Нанотехнологияларнинг пайдо бўлиши, мақсад ва вазифаларини тушунтиринг.
5. Нанофизика ва нанотехнологиялар эришган ютуқларини тушунтиринг.
6. Бу фанларнинг ривожланишига жамиятнинг муносабати қандай?

Фойдаланган адабиётлар:

1. James E. McClellan III, Harold Dorn. Science and Technology in World History. Second Edition. Johns Hopkins university press, 2006. p.263
2. R. V. Lapshin (2004). «Feature-oriented scanning methodology for probe microscopy and nanotechnology» (PDF). *Nanotechnology(IOP)* **15** (9): 1135-1151. DOI:10.1088/0957-4484/15/9/006. ISSN 0957-4484.
3. R. V. Lapshin. Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology / H. S. Nalwa. -USA: American Scientific Publishers, 2011. -Vol. 14. -P. 105-115.- ISBN 1-58883-163-9

V. КЕЙСЛАР БАНКИ

1-Кейс. Катта адрон коллайдери мавзуси бўйича мустақил ишни самарали ташкил этиш учун қандай ишларни амалга ошириш керак деб ўйлайсиз?

Муаммо (асосий ва кичик муаммолар)	Ечим	Натижа
Мустақил ишни самарали ташкил этишнинг қандай ечимлари мавжуд бўлиши мумкин?	1.Мустақил иш мавзуларини талабалар имкониятига ҳисобга олиб бериш. 2.Мавзу бўйича режаларни тузишга ёрдамлашиш. 3.Мавзу бўйича фойдаланиладиган адабиётларни бериш. 4. e-mail, телефон орқали мустақил ишни тайёрлаб топшириш ҳақида огоҳлантириш. 5.АКТдан фойдаланиб мустақил иш камчиликларини кўрсатиб беришга эришиш ва ҳ.к.	Талаба мустақил ишни етарлича талаблар асосида тайёрлашга эришади.

2-Кейс. Материя тўғрисидаги замонавий қарашлар: қора материя, қора энергия, гравитацион тўлқинлар мавзуси бўйича мустақил ишни бажаришда бу 3 та ташкил этувчини боғлаб турган умумийлик нимада?

Муаммо (асосий ва кичик)	Ечим	Натижа
--------------------------	------	--------

муаммолар)		
Қора материя, қора энергия ва гравитацион тўлқинларни боғлаб турган умумийлик нимада?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Қора материя нималиги, турлари ва классификация сини эслаш керак. 2. Қора энергия моҳияти, турларини эслаш керак. 3. Гравитацион тўлқинлар нималигини эслаш ва материянинг қайси турига мансублигини фикрлаш керак. 4. Юқоридагилар асосида хулоса қилиш керак. 	Агар кўрсатилган ечимлар бажарилса уларни боғлаб турган умумийлик аниқланади.

3-кейс. Физика ва астрономия фанларининг ривожланиш йўналишлари учун умумийлик нимада кўринади?

Муаммо (асосий ва кичик муаммолар)	Ечим	Натижа
Физика ва астрономия фанларининг ривожланиш йўналишлари учун умумийлик?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Физика ва астрономиянинг ривожланиш йўналишларини эслаш керак. 2. Бу йўналишлар учун умумий характерни аниқлаш керак? 3. Бу умумийликни барча йўналишлар учун хос бўлган бирор катталиклар орасидан излаш керак. 	Кўрсатилган ечимлар бажарилса, изланган умумийлик албатта аниқланади.

Ушбу модул бўйича лойиҳа мавзулари қилиб модулга кирган мавзуларни ёки уларнинг бир қисмини танлаш мумкин. Бундан ташқари модул моҳиятидан келиб чиқиб физика ва астрономия фанларида эришилган энг сўнгги янгилик (яъни, модулга кирмаган мавзулар) лар бўйича ҳам лойиҳа ишлари бажариш мумкин. Бу лойиҳа ишларини ҳам юқорида кўрсатилган кейслар шаклида амалга ошириш, яъни мантиқан кетма-кетликда тузилган режа асосида шакллантириш лойиҳани мазмунан тўла шаклан ихчам бажаришни таъминлайди. Лойиҳани бажаришда мавзунинг маърузаларда ёритилмаган томонларини тўла ва бошқа бўлим ёки муаммолар билан боғлаган ҳолда шакллантириш талаб қилинади. Чунки, маълумотлар ҳажми катталиги сабабли мавзунинг барча томонларини батафсил ёритишнинг имкони йўқ ва маъруза давомида фақат асосий маълумотларни етказиш назарда тутилади.

VI. МУСТАҚИЛ ТАЪЛИМ МАВЗУЛАРИ

Мустақил ишни ташкил этишнинг шакли ва мазмуни

Дастурга асосан иккита мавзу юзасидан мустақил таълимга вақт ажратилган. Бунга сабаб, айнан шу мавзулар ҳажм жиҳатдан катта маълумотларни ўзида жамлаган. Иккинчи томондан, илм-фан нуқтаи-назаридан ҳам бу мавзулар катта аҳамият касб этади ва инсоният ақл-заковатининг энг катта ютуқларидан бири сифатида қаралмоқда. Шу сабабли тингловчилар бу мавзуларни мавжуд адабиётлар ва интернет манбалар ёрдамида ўзлари мустақил равишда мазмунан бойитишлари талаб қилинади.

Мустақил таълим мавзулари

1-МУСТАҚИЛ ТАЪЛИМ:

Замонавий тезлаткичлар. Катта адрон коллайдери

Тезлаткичлар микродунё тилсимларини очишда асосий ва ягона қурол ҳисобланади. Улар ёрдамида янги зарралар очилади ва уларни тушунтиришга қаратилган назариялар синовдан ўтказилади. Катта адрон коллайдери дунёдаги энг ноёб қурилма, янги авлод коллайдери, ўта мураккаб қурилма. Шу сабабли ҳам тингловчилар ўзлари бу материалларни мустақил ўрганишлари ҳам талаб қилинади. Бу коллайдер тўғрисидаги фильм ҳам тингловчилар эътиборига ҳавола қилинади.

2-МУСТАҚИЛ ТАЪЛИМ:

Материя тўғрисидаги замонавий қарашлар: қора материя, қора энергия, гравитацион тўлқинлар

Бу мавзу ҳам инсон тасаввурларини кенгайтириб, янгича дунёқарашнинг шаклланишига олиб келади. Жаҳон илмий марказларида энг интенсив ўрганилаётган йўналиш. Шу сабаб тингловчилар тарқатма материаллар, вақтли илмий адабиёт ва интернет материаллари асосида мавзуни яна бир маротаба ўрганиб чиқишлари талаб қилинади.

VII. ГЛОССАРИЙ

Термин	Ўзбек тилидаги шарҳи	Инглиз тилидаги шарҳи
Нейтрино осцилляцияси	Квант механик ҳодиса бўлиб, маълум турдаги (электрон, мюон ёки тау нейтрино) маълум вақтдан кейин бошқа турдаги нейтринога айланади	Neutrino oscillation is a quantum_mechanical phenomenon whereby a neutrino created with a specific lepton flavour (electron, muon, or tau) can later be measured to have a different flavour
Қора материя	Гипотетик кўринмас модда тури бўлиб Коинот массасининг тахминан 20% ини ташкил қилади. Ҳалигача тажрибада кузатилмаган.	Dark matter is a hypothetical invisible substance that is approximately 20% of the matter in the universe. Although it has not been directly observed
Қора энергия	Гипотетик энергия тури бўлиб бутун Коинотни тўлдириб туради ва Коинотнинг тезланиш билан кенгайишини таъминлайди.	Dark energy is an unknown form of energy which is hypothesized to permeate all of space, tending to accelerate the expansion of the universe.
Гравитацион тўлқинлар	Гравитацион тўлқинлар - маълум гравитацион манбаларда ҳосил бўладиган фазо-вақт метрикаси ғалаёнланишининг манбадан ажралгандан кейин тўлқинга ўхшаб тарқалишидир.	Gravitational waves are ripples in the curvature of space time that propagate as waves, generated in certain gravitational interactions and travelling outward from their source.
Нанофизика	Нанометр ўлчамлардаги структура ва тузилмалар ва наносекундларда содир бўладиган ҳодисалар физикаси.	Nanophysics is the physics of structures and artefacts with dimensions in the nanometre range or of phenomena occurring in nanoseconds
Нанотехнология	Нанотехнология-100 нм ўлчамгача бўлган структура ва қурилмаларни лойиҳалаш, ишлаб чиқариш ва қўллаш	Nanotechnology is the science of designing, producing, and using structures and devices having one or more dimensions of about 100 millionth of a millimetre

	тўғрисидаги фан.	(100 nanometres) or less.
Иссиқ қора материя	Иссиқ қора материя (ИҚМ) ультрарелятивистик тезликларда ҳаракатланувчи зарралардан ташкил топган қора материянинг туридир.	Hot dark matter (HDM) is a form of dark matter which consists of particles that travel with ultrarelativistic velocities.
Совуқ қора материя	Совуқ қора материя (СҚМ) - зарралари ёруғлик тезлигига нисбатан секин ҳаракатланадиган гипотетик қора материянинг тури.	Cold dark matter (CDM) is a hypothetical form of dark matter whose particles moved slowly compared to the speed of light.
Илиқ қора материя	Илиқ қора материя (ИҚМ) – гипотетик қора материянинг тури бўлиб унинг хусусиятлари иссиқ ва совуқ қора материя орасидаги ҳолатга эга бўлади.	Warm dark matter (WDM) is a hypothesized form of dark matter that has properties intermediate between those of hot dark matter and cold dark matter.
Суперсимметрия	Суперсимметрия (СУСИ) - фазо – вақт симметриясининг таклиф қилинган шакли бўлиб, бу симметрия бутун спинли бозонлар ва каср спинли фермионларни бир-бири билан боғлайди.	Supersymmetry (SUSY) is a proposed type of spacetime symmetry that relates two basic classes of elementary particles: bosons, which have an integer-valued spin, and fermions, which have a half-integer spin. ¹
Графен	Гексогонал решетка шаклига эга углерод атомларининг бир атом қалинлигига эга қатлами.	Graphene is a one-atom-thick layer of carbon atoms arranged in a hexagonal lattice.
Углерод нанотрубкалари	Углерод нанотрубкалари (УНТ) цилиндрик кўринишда бирлашган углерод атомлари.	Carbon nanotubes (CNTs) are allotropes of carbon with a cylindrical nanostructure.
Молекуляр винт	Молекуляр пропеллер (винт) лар — винт шаклидаги наноўлчамдаги молекулалар, улар махсус шакллари (микроскопик винт) ҳисобига айланма ҳаракатлана оладилар.	Molecular propeller is a molecule that can propel fluids when rotated, due to its special shape that is designed in analogy to macroscopic propellers.
Нанороботлар	Нанороботлар— молекула ўлчамига тенг	Nanorobots is the robots made of nanomaterials. They can

	наноматериаллардан ясалган роботлар, улар ҳаракатлана оладилар, маълумотни қайта ишлайди ва узата олади, дастурларни бажара оладилар.	move, processing and transmitting information, perform programs.
Молекуляр ротор	Молекуляр ротор - наноўлчамли двигателлар, етарли даражадаги энергия берилганда улар айлантирувчи (буралма) момент ҳосил қилишади.	Molecular rotors are molecular machines capable of rotation under energy input.
Плазмон	Плазмон – плазма осцилляцияси кванти, ёруғлик фотонлардан иборат бўлгани каби плазма осцилляцияси плазмонлардан иборат.	Plasmon is a quantum of plasma_oscillation. As light consists of photons, the plasma oscillation consists of plasmons
Нанокристал л	Нанокристалл ўлчами 100 нм дан кичик материал бўлиб, атомлардан тузилган бўлади.	Nanocrystal is a material particle having at least one dimension smaller than 100 nanometres (a nanoparticle) and composed of atoms.
Аэрографит	Синтетик кўпик бўлиб углерод трубкаларининг аморф тузилмасидан иборат. Унинг зичлиги 180 г/м ³ бўлиб энг енгил конструкция материал ҳисобланади.	Aerographite is a synthetic foam consisting of a porous interconnected network of tubular carbon. With a density of 180 g/m ³ it is one of the lightest structural materials ever created.
Нано аккумулятор	Литий-ион аккумулятори тури бўлиб, унда графит анод кремний наноўтказгичи қопланган зангламайдиған пўлат анод билан алмаштирилган.	Nano accumulator — type Li-ion battery that consists in the replacement of traditional graphicboard battery stainless steel anode covered in silicon nanorobotics

VIII. АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ:

1. B.Povh, K.Rith, Ch. Sholz, F. Zetsche. Particles and Nuclei. An introduction to the physical concepts. 2008. Springer, Berlin-Heidelberg. -395 p.
2. Ch.W.Fay. Introduction to modern physics. Ferris state university press. 2011. -157 p.
3. Astronomers Accurately Measure the Mass of Neutrinos for the First Time. *scitechdaily.com*.
4. *Foley, James A.* Mass of Neutrinos Accurately Calculated for First Time, Physicists Report. *natureworldnews.com*
5. «Evidence for Massive Neutrinos from Cosmic Microwave Background and Lensing Observations». *Physical Review Letters* (2014) **112** (5): 051303. arXiv:1308.5870v2. DOI:10.1103/PhysRevLett.112.051303. PMID 24580586. Bibcode: 2014PhRvL.112e1303B.
6. *Shaun A. Thomas, Filipe B. Abdalla, and Ofer Lahav* Upper Bound of 0.28 eV on Neutrino Masses from the Largest Photometric Redshift Survey (АНГЛ.) // *Phys. Rev. Lett.* — 2010. — Vol. 105, fasc. 3. — P. 031301.
7. Measurement of the neutrino velocity with the OPERA detector in the CNGS beam, 22 Sep 2011
8. OPERA experiment reports anomaly in flight time of neutrinos from CERN to Gran Sasso // CERN Press Release, 23 February 2012, Update 8 June 2012 (АНГЛ.)
9. *ICARUS Collaboration et al.* Measurement of the neutrino velocity with the ICARUS detector at the CNGS beam // *Physics Letters B.* — 2012. — Vol. 713 (18 июля). — P. 17–22. — arXiv:1203.3433. — DOI:10.1016/j.physletb.2012.05.033.
10. http://neutrino.physics.wisc.edu/databay/2012-03-08-oscPRL/DYB_EWNP_v5.pdf
11. MiniBooNE results suggest antineutrinos act differently // *FremiLab Today*, 10.06.2010

12. *A.A.Aguilar-Arevalo et al. (MiniBooNE collaboration)* Unexplained Excess of Electron-Like Events From a 1-GeV Neutrino Beam (англ.) // *Phys.Rev.Lett.* — 2009. — Vol. 102. — P. 101802. — DOI:10.1103/PhysRevLett.102.101802.
13. *A.A.Aguilar-Arevalo et al. (MiniBooNE collaboration)* Event Excess in the MiniBooNE Search for $\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e$ Oscillations (англ.) // *Phys.Rev.Lett.* — 2010. — Vol. 105. — P. 181801. — DOI:10.1103/PhysRevLett.105.181801.
14. A luminous future for the LHC, CERN Courier, Feb 23, 2015.
15. The Future Circular Collider study, CERN Courier, Mar 28, 2014.
16. *LHCb Collaboration.* First observation of $B_s^0 \rightarrow J/\psi f_0(980)$ decays // *Physics Letters B.* — 2011. — T. 698, № 2. — C. 115—122. — DOI:10.1016/j.physletb.2011.03.006. — arXiv:1102.0206.
17. *LHCb Collaboration.* First observation of $B_s \rightarrow D_{s2}^{*+} X \mu \nu$ decays // *Physics Letters B.* — 2011. — T. 698, № 1. — C. 14-20. —
18. *Gustavo Yepes, Stefan Gottl, Yehuda Hoffman* Dark Matter in the Local Universe (англ.) // *New Astronomy Reviews.* — 2014. — arXiv:1312.0105.
19. *A.Moni Bidin et al.* Kinematical and chemical vertical structure of the Galactic thick disk. II. A lack of dark matter in the solar neighborhood (англ.) // *The Astrophysical Journal.* — 2012.
20. P. A. R. Ade *et al.* (Planck Collaboration) (22 March 2013). «Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results – Table 9». *Astronomy and Astrophysics* 1303:5062. arXiv:1303.5062. Bibcode: 2013arXiv1303.5062P.
21. *Francis, Matthew.* First Planck results: the Universe is still weird and interesting. *Arstechnica* (22 March 2013).
22. Planck captures portrait of the young Universe, revealing earliest light. University of Cambridge (21 March 2013).
23. Governato, F.; Brook, C.; Mayer, L.; Brooks, A., Rhee, G.; Jonsson, P.; Willman, B.; Stinson, G.; Quinn, T.; Madau, P. (Jan 20, 2010). «Bulgeless dwarf galaxies and dark matter cores from supernova-driven outflows». *Nature* **463**: 203–206. arXiv:0911.2237. DOI:10.1038/nature08640. Bibcode: 2010Natur.463..203G.

24. Extra dimensions, gravitons, and tiny black holes. CERN. 17 November 2014.
25. Looking for a different sort of dark matter with GPS satellites (19 November 2014).
26. (22 March 2013) «Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results –Table 9.». *Astronomy and Astrophysics* (submitted). arXiv:1303.5062. Bibcode: 2013arXiv1303.5062P.
27. *Francis, Matthew*. First Planck results: the Universe is still weird and interesting. *Arstechnica* (22 March 2013).
28. Planck captures portrait of the young Universe, revealing earliest light. University of Cambridge (21 March 2013).
29. LIGO: A Quest for Gravity Waves. *Astro Guyz* March 12, 2010.
30. *Emanuele Berti*. Viewpoint: The First Sounds of Merging Black Holes (АНГЛ.). *Physical Review Letters* (11 February 2016).
31. *R. N. Manchester* Pulsars and gravity // *International Journal of Modern Physics D*. — 2015. V.24. —DOI:10.1142/S0218271815300189. — arXiv:arXiv:1502.05474.
32. James E. McClellan III, Harold Dorn. *Science and Technology in World History*. Second Edition. Johns Hopkins university press, 2006. p.263
33. R. V. Lapshin (2004). «Feature-oriented scanning methodology for probe microscopy and nanotechnology» (PDF). *Nanotechnology(IOP)* **15** (9): 1135-1151. DOI:10.1088/0957-4484/15/9/006. ISSN 0957-4484.
34. *R. V. Lapshin*. *Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology* / H. S. Nalwa. — USA: American Scientific Publishers, 2011. — Vol. 14. — P. 105-115. — ISBN 1-58883-163-9.