

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

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

**ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ПЕДАГОГ
КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ
ОШИРИШ ТАРМОҚ (МИНТАКАВИЙ) МАРКАЗИ**

**“КОИНОТ СТРУКТУРАСИ ВА ЭВОЛЮЦИЯСИ,
МАТЕРИЯНИНГ ЯНГИ ФОРМАЛАРИ”
модули бўйича**

Ў Қ У В – У С Л У Б И Й М А Ж М У А

Модулнинг ишчи ўқув дастури Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2020 йил 7 декабрдаги 648-сонли буйруғи билан тасдиқланган намунавий ўқув режа ва дастурлар асосида ишлаб чиқилган

Тузувчилар: ЎзМУ профессори, ЎзФА Астрономия институти бўлим мудирини ф.-м.ф.д., проф. **Б.Ж. Ахмедов**

Такризчи: ЎзФА Физика техника институти лаборатория мудирини, ф.-м.ф.д., проф. К. Олимов,
Манхеттэн коллеж профессорини, ф.-м.фанлари бўйича фалсафа докторини Ф.Ж.Фаттоев.

Ўқув -услугий мажмуа Ўзбекистон миллий университети Кенгашининг қарорини билан нашрга тавсия қилинган (2020 йил 24 декабрдаги №3 -сонли баённомаси)

МУНДАРИЖА

I. ИШЧИ ДАСТУР	4
II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ.....	16
III. НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ.....	20
IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ.....	100
V. ГЛОССАРИЙ.....	103
VI. ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РУЙХАТИ.....	102

I. ИШЧИ ДАСТУР

Кириш

Дастур Ўзбекистон Республикасининг 2021 йил 23 сентябрда тасдиқланган “Таълим тўғрисида”ги Қонуни, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги ПФ-4947-сон, 2019 йил 27 августдаги “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг узлуксиз малакасини ошириш тизимини жорий этиш тўғрисида”ги ПФ-5789-сон, 2019 йил 8 октябрдаги “Ўзбекистон Республикаси олий таълим тизимини 2030 йилгача ривожлантириш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПФ-5847-сонли Фармонлари ҳамда Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2019 йил 23 сентябрдаги “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги 797-сонли Қарорларида белгиланган устувор вазифалар мазмунидан келиб чиққан ҳолда тузилган бўлиб, у олий таълим муассасалари педагог кадрларининг касб маҳорати ҳамда инновацион компетентлигини ривожлантириш, соҳага оид илғор хорижий тажрибалар, янги билим ва малакаларни ўзлаштириш, шунингдек амалиётга жорий этиш кўникмаларини такомиллаштиришни мақсад қилади.

Дастур доирасида берилаётган 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, унинг мазмуни кредит модуль тизими ва ўқув жараёнини ташкил этиш, илмий ва инновацион фаолиятни ривожлантириш, педагогнинг касбий профессионаллигини ошириш, таълим жараёнига рақамли технологияларни жорий этиш, махсус мақсадларга йўналтирилган инглиз тили, мутахассислик фанлар негизида илмий ва амалий тадқиқотлар, ўқув жараёнини ташкил этишнинг замонавий услублари бўйича сўнгги ютуқлар, педагогнинг креатив компетентлигини ривожлантириш, таълим жараёнларини рақамли технологиялар асосида индивидуаллаштириш, масофавий таълим хизматларини ривожлантириш, вебинар, онлайн, «blended learning», «flipped classroom» технологияларини амалиётга кенг қўллаш бўйича тегишли билим, кўникма, малака ва компетенцияларни ривожлантиришга йўналтирилган.

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

такомиллаштирилиши мумкин.

Модулнинг мақсади ва вазифалари

Модулнинг мақсади: педагог кадрларни қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш курси тингловчиларини замонавий космология, унинг моделлари, космологик кузатувлари ва уларнинг имкониятлари, коинот тўғрисидаги маълумотлар, уларнинг тамойиллари ва имкониятлари, оламнинг ривожланишидаги ҳал қилувчи босқичлар, элементар зарралар шаклланиши ва барион модданинг устунлиги асимметрияси ҳақида олий таълим муассасалари педагог кадрларининг билим, кўникма ва компетенцияларини ошириш.

Модулнинг вазифалари:

- Коинот структураси ва эволюцияси, материянинг янги формалари - қоронғи материя ва қоронғи энергия соҳасидаги сўнгги янгиликлар, замонавий экспериментал ва кузатув технологиялар ва хорижий адабиётлар ҳақидаги билимларини такомиллаштириш, бу борадаги муаммоларни аниқлаш, таҳлил этиш ва баҳолаш.

- Замонавий релятивистик космология ва астрофизика соҳаларида илғор тажрибаларни ўрганиш ва амалиётда қўллаш усуллари ҳақида назарий ва амалий билимларни, кўникма ва малакаларни шакллантиришдан иборат.

Модул бўйича тингловчиларнинг билими, кўникмаси, малакаси ва компетенцияларига қўйиладиган талаблар

Модулни ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида:

Тингловчи:

- релятивистик космологиядаги замонавий революцион янгиликлар ва замонавий адабиётлар, сўнгги йиллардаги космологиядаги аниқланган фундаментал қонуниятлар, космологиядаги кашфиётлар ва тамойиллар, ҳозирги замон эксперимент ва астрономик кузатувлардан коинотнинг йирик масштабдаги структурасини ўрганишда самарали фойдаланиш тўғрисидаги **билиши** керак.

- катта портлаш ва космологик инфляция назариясининг асосий тушунчалари фарқлай олиш; астрофизика нуқтаи-назаридан ядро реакциялар классификациясини фарқлаш; оламнинг тезланиш билан кенгайиши, қоронғи материя ва қоронғи энергия, астрофизикадаги компакт объектлар ва гравитацион тўлқинларини таҳлил этиш **кўникмаларига** эга бўлиши лозим.

- релятивистик космология модулини структуралаштириш, Олам эволюцияси, коинотнинг структураси, таркиби, материянинг ва энергиянинг янги формалари, замонавий космологик моделлар, коинотда химик элементларнинг пайдо бўлиши ва тарқалиши. Материя тақсимооти ҳақида маълумотлар, микротўлқинли фон, Хаббл доимийси, Оламнинг ёши. Ўта янги юлдузларнинг чакнаши ва уларнинг типлари. Ia типидagi ўтаянги юлдуз ва стандарт ёритгичлар таҳлил этиш **малакаларига** эга бўлиши лозим.

- асосий космологик моделлар. Юлдузлардаги ядро реакциялар. Коинотнинг катта портлаш натижасида яратилиши, инфляция жараёни. Фундаментал ўзаро таъсирлар. Кварк-глюон плазмаси, ядролар, мезонлар ва лептонлар физикасини тушуниш ва қўллаш **компетенцияларига** эга бўлиши лозим.

Модулни ташкил этиш ва ўтказиш бўйича тавсиялар

Модулни ўқитиш маъруза, амалий ва кўчма машғулотлар шаклида олиб борилади.

Модулни 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 ҳужум, гуруҳли фикрлаш, кичик гуруҳлар билан ишлаш, коллоквиум ўтказиш, ва бошқа интерактив таълим усуллари кўллаш назарда тутилади.

- кўчма машғулотларда замонавий илмий тажриба қурилмалари ва кузатув асбоблари билан бевосита танишиш назарда тутилади.

Модулнинг ўқув режадаги бошқа модуллар билан боғлиқлиги ва узвийлиги

“Коинот структураси ва эволюцияси, материянинг янги формалари” модули мазмуни ўқув режадаги “Кредит модул тизими ва ўқув жараёнини ташкил этиш”, “Илмий ва инновацион фаолиятни ривожлантириш”, “Педагогнинг касбий профессионалигини ошириш”, “Таълим жараёнига рақамли технологияларни жорий этиш”, “Нанофизика асослари” ва “Квант алоқа. Физик жараёнларни компьютерда моделлаштириш” ўқув модуллари билан узвий боғланган ҳолда педагогларнинг таълим жараёнида нанофизика, наноматериаллар, нанозарраларни ҳосил қилиш ва уларни кузатиш воситалари бўйича касбий педагогик тайёргарлик даражасини оширишга хизмат қилади.

Модулнинг олий таълимдаги ўрни

Модулни ўзлаштириш орқали тингловчиларнинг таълим жараёнини ташкил этишда технологик ёндашув асосларини ва бу борадаги илғор тажрибани ўрганадилар, уларни таҳлил этиш, амалда қўллаш ва баҳолашга доир касбий компетентликка эга бўладилар.

Модули бўйича соатлар тақсимоги

№	Модул мавзулари	Аудитория			
		Жами	жумладан		
			Назарий	Амалий	Кўчма
1.	Коинот тўғрисидаги тасаввурлар пайдо бўлиши ва ривожланиши.	2	2		
2.	Катта портлаш ва инфляция.	2		2	
3.	Қоронғи материя ва қоронғи энергия.	4	2	2	
4.	Экзопланеталар ва замонавий кузатувлар.	4			4
5.	Нуклеосинтез ва элементларнинг тарқалиши.	2	2		
6.	Юлдузлар эволюцияси.	4	2	2	
7.	Коинотнинг йирик масштабдаги структураси.	2	2		
8.	Гравитацион тўлқинлар.	4	2	2	
9.	Ўта массив қора ўралар	2	2		

	Жами: 26 соат	26	14	8	4
--	----------------------	-----------	-----------	----------	----------

НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1-мавзу: Коинот тўғрисидаги тасаввурлар пайдо бўлиши ва ривожланиши(2 соат).

- 1.1. Коинот тўғрисидаги:асосий тушунчалар.
- 1.2. Коинот тўғрисидаги тасаввурлар пайдо бўлиши.
- 1.3. Коинот тўғрисидаги тасаввурлар ривожланиши.
- 1.4. Замонавий космология ҳақида қисқача маълумот.

2-мавзу: Қоронғи материя ва қоронғи энергия (2 соат).

- 2.1. Замонавий релятивистик космологияда материянинг янги формалари.
- 2.2. Қоронғи материя.
- 2.3. Қоронғи энергия.
- 2.4. Хозирги этапда коинотнинг тезланиш билан кенгайиши.

3-Мавзу: Нуклеосинтез ва элементларнинг тарқалиши (2 соат).

- 3.1. Бирламчи ядровий реакциялар ҳамда дастлабки нуклеосинтез.
- 3.2. Коинотда энгил элементларнинг тарқалиши.
- 3.3. Оғир элементларнинг ташкил топиши ва тарқалиши.
- 3.4. Ўта янги юлдузлар ва турлари.
- 3.5. Ядровий геохронология.

4-Мавзу: Юлдузлар эволюцияси (2 соат).

- 4.1. Юлдузлар эволюцияси: асосий тушунчалар.
- 4.2. Гравитацион коллапс.
- 4.3. Чандрасекар чегараси.
- 4.4. Нейтрон юлдузлар. Квазарлар.

5-Мавзу: Коинотнинг йирик масштабдаги структураси (2 соат).

- 5.1. Замонавий космология: асосий тушунчалар.
- 5.2. Замонавий космологиядаги муаммоалар.
- 5.3. Коинотнинг йирик масштабдаги структураси.
- 5.4. Коинотдаги галактикалар филамен орқали тақсимланиши.

6-Мавзу: Гравитацион тўлқинлар (2 соат).

- 6.1. Астрономияда гравитацион тўлқинлар.
- 6.2. Гравитацион тўлқинлар манбалари.
- 6.3. Қора ўралар ва нейтрон юлдузларнинг тўқнашуви натижасида ҳосил бўлган гравитацион тўлқинлар.
- 6.4. Гравитацион тўлқинларни қайд қилиш.

7-Мавзу: Ўта массив қора ўралар (2 соат).

- 7.1. Галактика марказидаги ўта массив қора ўралар.

7.2. Айланувчи қора ўралар атрофида оптик жараёнлар.

7.3 Айланувчи қора ўралар атрофида энергетик жараёнлар.

АМАЛИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1-амалий машғулот. Катта портлаш ва инфляция.

Катта портлаш ва инфляция. Оламнинг ривожланишидаги ҳал қилувчи босқичлар, элементар зарралар шаклланиши ва барион модданинг устунлиги асимметрияси. (2 соат).

2-Амалий машғулот. Қоронғи материя ва қоронғи энергия.

Қоронғи материя ва қоронғи энергияни баҳолаш бўйича масалалар ишлаш. Коинотнинг езланиш билан кенгайишини таҳлил қилиш (2 соат).

3-Амалий машғулот. Юлдузлар эволюцияси.

Юлдузларнинг айланиш бурчак моменти, инерция моменти, массаси, уларгача бўлган масофа ва бошқа турли физик катталикларини баҳолаш (2 соат).

4-Амалий машғулот.: Гравитацион тўлқинлар.

Қора туйнуклар гравитацион радиусини аниқлаш бўйича масалалар ечиш. GW150914 объектининг гравитацион тўлқинлар орқали илк бор қайд этилиши. Гравитацион тўлқинлар обсерваториялари: LIGO, VIRGO, KAGRO, LISA (2 соат).

Амалий машғулотларни ташкил этиш бўйича кўрсатма ва тавсиялар

Амалий машғулотларда тингловчилар ўқув модуллари доирасидаги ижодий топшириқлар, кейслар, ўқув лойиҳалари, технологик жараёнлар билан боғлиқ вазиятли масалалар асосида амалий ишларни бажарадилар.

Амалий машғулотлар замонавий таълим услублари ва инновацион технологияларга асосланган ҳолда ўтказилади. Бундан ташқари, мустақил ҳолда ўқув ва илмий адабиётлардан, электрон ресурслардан, тарқатма материаллардан фойдаланиш тавсия этилади.

КЎЧМА МАШҒУЛОТ МАЗМУНИ

Кўчма машғулот. Экзопланеталар ва замонавий кузатувлар.

Планета тизимларининг шаклланиши ва замонавий астрономик кузатувларда экзопланеталар қайд этилиши. (4 соат).

Ўзбекистон Республикаси Фанлар Академияси Астрономия институтида мавзу бўйича махсус дастурлар ва унинг асбоблари билан танишиш ва кўриш.

ЎҚИТИШ ШАКЛЛАРИ

Мазкур модул бўйича қуйидаги ўқитиш шакллари билан фойдаланилади:
- маърузалар, амалий машғулотлар (маълумотлар ва технологияларни англаб олиш, ақлий қизиқишни ривожлантириш, назарий билимларни мустаҳкамлаш);

- давра суҳбатлари (кўрилаётган лойиҳа ечимлари бўйича таклиф бериш қобилиятини ошириш, эшитиш, идрок қилиш ва мантиқий хулосалар чиқариш);
- баҳс ва мунозаралар (лойиҳалар ечими бўйича далиллар ва асосли аргументларни тақдим қилиш, эшитиш ва муаммолар ечимини топиш қобилиятини ривожлантириш).

II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ.

“SWOT-таҳлил” методи.

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: Коинотни катта портлаш натижасида яратилиши, инфляция жараёни. Фундаментал ўзаро таъсирлар SWOT таҳлилини ушбу жадвалга туширинг.

S	Коинотни катта портлаш натижасида яратилиши, инфляция жараёни. Фундаментал ўзаро таъсирлар фойдаланишнинг кучли томонлари	Ушбу назария ёрдамида коинотнинг ривожланишини 4 та фундаментал ўзаро таъсир кучлари ёрдамида тушунтирилади.
W	Коинотни катта портлаш натижасида яратилиши, инфляция жараёни. Фундаментал ўзаро таъсирлар фойдаланишнинг кучсиз томонлари	Ҳозирги пайтда экспериментда текшириш имконияти йўқ.
O	Коинотни катта портлаш натижасида яратилиши, инфляция жараёни. Фундаментал ўзаро таъсирлар фойдаланишнинг имкониятлари (ички)	Физиканинг қонунларини ўзаро боғлиқлигини кўрсатади.

Т	Тўсиқлар (ташки)	Назариянинг математик аппарати мураккаб.
----------	------------------	---

“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 катнашчиларнинг 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

Кучсиз ўзаро таъсирни ташувчи зарраларни кўрсатинг.

- А. W-бозон
- В. фотон
- С. глюон



Қиёсий таҳлил

Фундаментал ўзаро таъсир кучларини таққосланг



Тушунча таҳлили

- W -бозон тушунчасини изоҳланг...



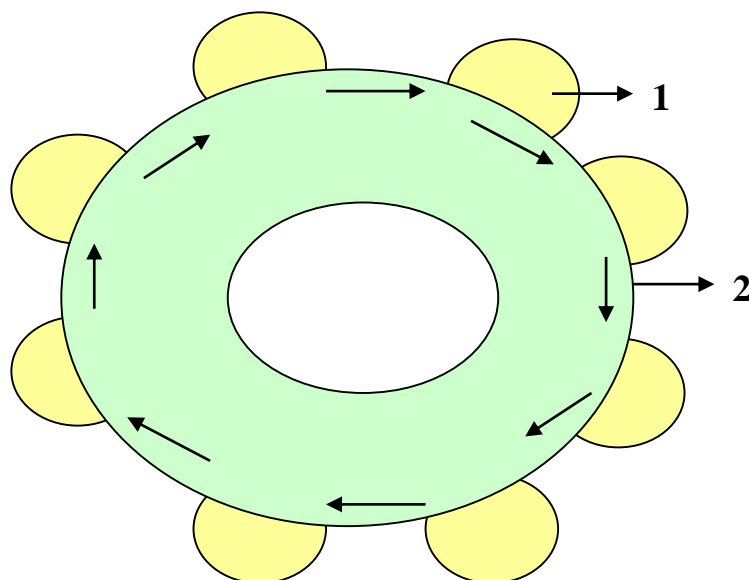
Амалий кўникма

- Заррачанинг энергиясини хисобланг

“Давра суҳбати” методи

Айлана стол атрофида берилган муаммо ёки саволлар юзасидан таълим олувчилартомонидан ўз фикр-мулоҳазаларини билдириш орқали олиб бориладиган ўқитиш методидир.

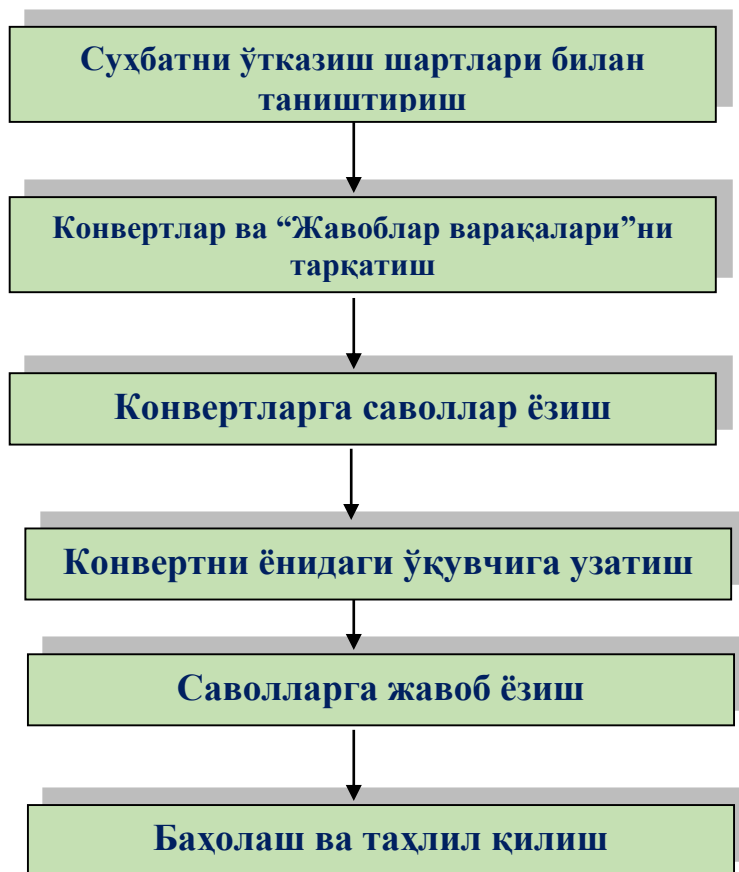
“Давра суҳбати” методи қўлланилганда стол-стулларни доира шаклида жойлаштириш керак. Бу ҳар бир таълим олувчининг бир-бири билан “кўз алоқаси”ни ўрнатиб туришига ёрдам беради. Давра суҳбатининг оғзаки ва ёзма шакллари мавжуддир. Оғзаки давра суҳбатидатаълим берувчи мавзунини бошлаб беради ва таълим олувчилардан ушбу савол бўйича ўз фикр-мулоҳазаларини билдиришларини сўрайди ва айлана бўйлаб ҳар биртаълим олувчи ўз фикр-мулоҳазаларини оғзаки баён этадилар. Сўзлаётган таълим олувчини барча диққат билан тинглайди, агар муҳокама қилиш лозим бўлса, барча фикр-мулоҳазалар тингланиб бўлингандан сўнг муҳокама қилинади. Бу эса таълим олувчиларнинг мустақил фикрлашига ва нутқ маданиятининг ривожланишига ёрдам беради.



Белгилар:
1-таълим олувчилар
2-айлана стол

Давра столининг тузилмаси

Ёзма давра суҳбатида стол-стуллар айлана шаклида жойлаштирилиб, ҳар бир таълим олувчига конверт қоғози берилади. Ҳар бир таълим олувчи конверт устига маълум бир мавзу бўйича ўз саволини беради ва “Жавоб варақаси”нинг бирига ўз жавобини ёзиб, конверт ичига солиб қўяди. Шундан сўнг конвертни соат йўналиши бўйича ёнидаги таълим олувчига узатади. Конвертни олган таълим олувчи ўз жавобини “Жавоблар варақаси”нинг бирига ёзиб, конверт ичига солиб қўяди ва ёнидаги таълим олувчига узатади. Барча конвертлар айлана бўйлаб ҳаракатланади. Якуний қисмда барча конвертлар йиғиб олинди, таҳлил қилинади. Қуйида “Давра суҳбати” методининг тузилмаси келтирилган



“Давра суҳбати” методининг афзалликлари:

- ўтилган материалнинг яхши эсда қолишига ёрдам беради;
- барча таълим олувчилар иштирок этадилар;
- ҳар бир таълим олувчи ўзининг баҳоланиши масъулиятини ҳис этади;
- ўз фикрини эркин ифода этиш учун имконият яратилади.

III. НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ

1-МАВЗУ: КОИНОТ ТЎҒРИСИДАГИ ТАСАВВУРЛАР ПАЙДО БЎЛИШИ ВА РИВОЖЛАНИШИ (2 соат).

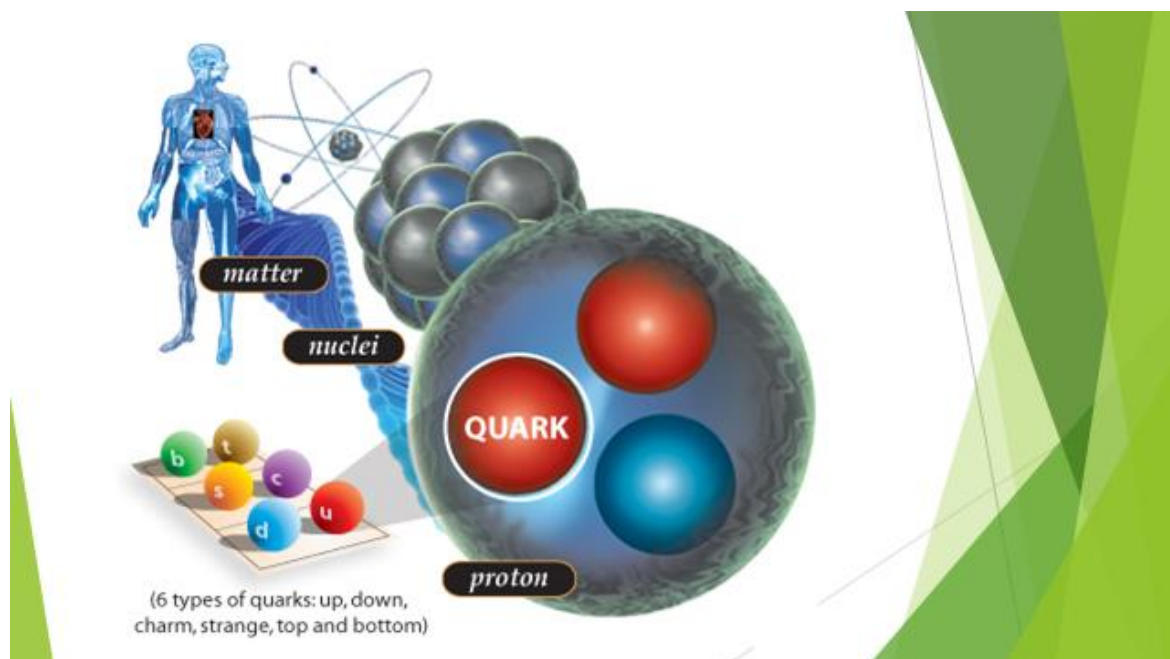
РЕЖА

- 1.1. *Коинот тўғрисидаги асосий тушунчалар.*
- 1.2. *Коинот тўғрисидаги тасаввурлар пайдо бўлиши.*
- 1.3. *Коинот тўғрисидаги тасаввурлар ривожланиши.*
- 1.4. *Замонавий космология ҳақида қисқача маълумот.*

Таянч иборалар: Релятивистик космология, коинот ва унинг ривожланиши, Фундаментал зарралар, кучли магнит ва гравитацион майдонлар.

1.1. Коинот тўғрисидаги асосий тушунчалар.

Инсонни доимо икки савол қизиқтириб келган: 1) моддалар ва одамнинг ўзи қандай элементар зарралардан ташкил топгани ва 2) Коинотнинг тузилиши ва эволюцияси. Ўзининг билимини кенгайтириш доирасида инсон иккита қарама-қарши йўналишларда фикр юритган: 1) куйи йўналишда ҳаракатланиб (молекула – атом – ядро – протонлар, нейтронлар - кварклар) инсон кичик масофалардаги жараёнларни тушунишга ҳаракат қилди; 2) юқори йўналишда ҳаракатланиб (планета – қуёш системаси – галактика), коинотнинг умумий тузилиши ва таркиби ҳақида тасаввурларга эга бўлди.



1- Расм. Инсоният куйи йўналишида ҳаракатланиб (молекула – атом – ядро – протонлар, нейтронлар - кварклар) инсон кичик масофалардаги жараёнларни тушунишга ҳаракат қилди

Тадқиқотлар натижасида шу нарса маълум бўлдики, Коинотнинг ўзи бундан 13 млрд. йил аввал «Катта портлаш» натижасида пайдо бўлган ва дастлабки даврда микроскопик ўлчамларга эга бўлган. Шу нуқтаи назарда

элементар зарралар хақидаги хозирги замон тажриба қурилмалари ёрдамида олинган маълумотлар Коинот ривожланишининг дастлабки этапидаги физик жараёнларни тушунишга ёрдам беради¹. Хусусан, тезлатгичлардаги тўқнашувчи заррачаларнинг энергияси қанчали катта бўлса, материянинг тадқиқ этилаётган қисмининг ўлчамлари шунча кичик бўлади, шунингдек Коинотнинг эволюциясининг кўрилаётган даври шунчалик олдинроқ бўлади. Шундай қилиб, микро- ва макро-оламларнинг уйғунлашуви содир бўлди.



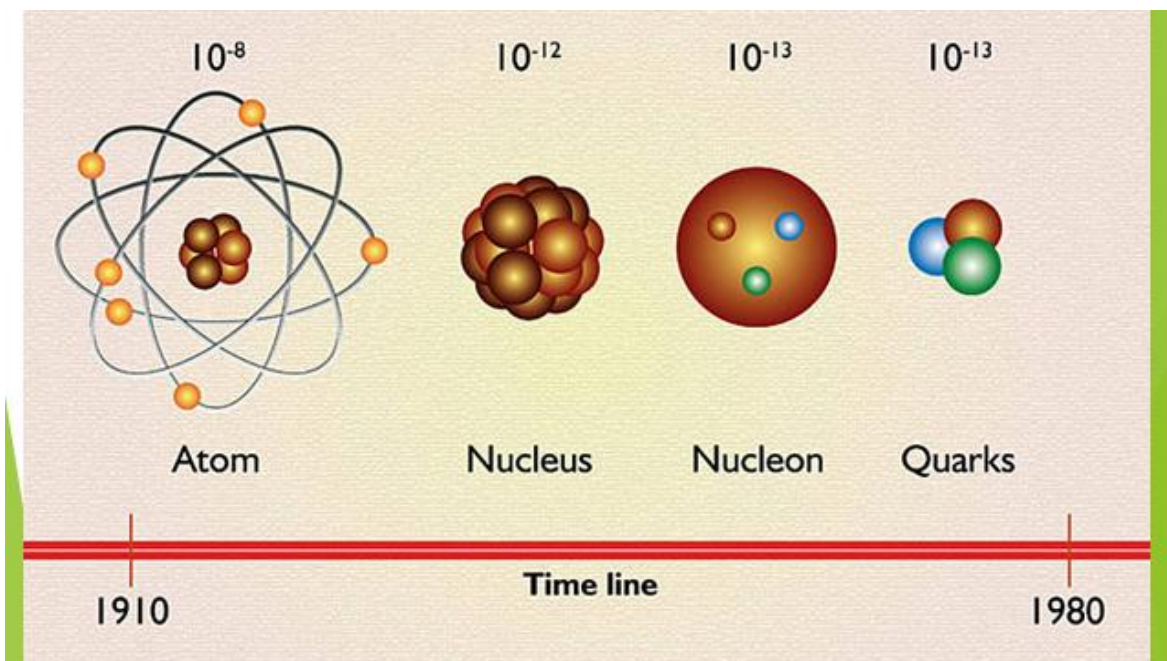
2- Расм. Инсоният тафаккурда юқори йўналишида ҳаракатланиб (планета – қуёш системаси – галактика), коинотнинг умумий тuzилиши ва таркиби хақида тасавурларга эга бўлди.

Бундан 50 йил аввал барча моддалар атомлардан, улар эса ўз навбатида 3 та фундаментал зарралардан ташкил топганлиги маълум бўлди (мусбат зарядланган протонлар ва электр жихатдан нейтрал бўлган нейтронлар – марказий ядрони ташкил этади, манфий зарядланган электронлар ядро атрофида орбиталар бўйлаб ҳаракатланади).

Сўнгги пайтларда протон ва нейтронлар ҳам ўз навбатида фундаментал объектлар – кварклардан ташкил топганлиги маълум бўлди. Олтита кварклар, олтита лептонлар (электрон, мюон, тау ва учта мос нейтринолар) ва тўртта ўтиш вектор бозонлар билан биргаликда Коинотдаги моддаларнинг асосини ташкил этади².

¹A.R. Choudhuri, *Astrophysics for Physics*, Cambridge University, 2010, 471 p.

²Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, *Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts*. Springer, 2006.



3-расм. Табиатдаги элементар зарралар.

Юқори энергиялар физикаси ва астрофизика ушбу моддаларни ташкил этувчи фундаментал объектларнинг хоссаларини ва хусусиятларини ўрганеди. Уларнинг хусусиятлари тўртта маълум фундаментал ўзаро таъсир кучлари – гравитацион, кучли ядро, электромагнит ва кучсиз ядро – ёрдамида тавсифланади. Шунини таъкидлашқи лозимки, ҳозирги замон тасаввурларига кўра кучсиз ядро ва электромагнит ўзаро таъсирлар битта таъсирнинг икки ҳил намоёнланишидир. Яқин келажакда ушбу таъсир кучли ядро таъсири билан биргаликда “Катта бирлашган назария”ни ташкил қилиши ва улар гравитацион ўзаро таъсир билан биргаликда “Ягона ўзаро таъсир назарияси”га бирлашиши физиклар томонидан кутилмоқда³.

Фундаментал зарраларни ва уларнинг ўзаро таъсирини тадқиқот қилиш учун гигант тезлатгичларни (элементар заррачаларни ёруғлик тезлигига яқин тезликларгача тезлатиш ва уларни бир-бири билан тўқнашиш имконини берувчи қурилмалар) қуриш зарур. Ушбу қурилмалар улкан ўлчамларга эга бўлганлиги туфайли (бир неча ўн километрлар), улар ер ости туннелларида жойлаштирилади. Энг қувватли тезлатгичлар қуйидагилардир: [CERN \(Женева, Швейцария\)](#), [Fermilab \(Чикаго, США\)](#), [DESY \(Гамбург, Германия\)](#), [SLAC \(Калифорния, США\)](#).

Ҳозирги пайтда Женевадаги Европа ядро тадқиқотлар марказида (CERN) Катта адрон коллайдерида тадқиқотлар олиб борилмоқда ва қуйидаги бир қатор натижалар олинган.

- Хиггс бозони қайд этилган ва унинг массаси $125,09 \pm 0,21$ ГэВ га тенг

- 8 ТэВ энергияда протон тўқнашувларининг асосий статистик характеристикалари ўрганилган – пайдо бўлган адронларнинг сони, уларнинг тезликлари бўйича тақсимооти, мезонларнинг бозе-эйнштейн корреляциялари ва х.к.

³T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I, Cambridge University Press, 2010.

- протон ва антипротонлар орасида асимметриянинг мавжуд эмаслиги кўрсатилган.

Ушбу тадқиқотлар натижасида модданинг хосил бўлган ҳолати “Катта портлаш”дан 10 микросекунддан кейин пайдо бўлгани аниқланди⁴.

Юқори энергиялар физикаси ва астрофизика фанни инсониятга фақатгина олам тузилиши ҳақида тасаввурларнигина эмас, балки замонавий технологияларни ривожлантириш ва амалиётга қўллаш имкониятини ҳам беради. Юқори энергиялар бўйича тажрибаларни қўйилиши ва ишлатишда одатда юзлаб олимлар, электроника, материалшунослик ва информацион технологиялар бўйича мутахассислар жалб этилади.

Ҳозирги замон астрофизикасининг асосий муаммолари бу Ердаги лабораторияларда яратиб бўлмайдиган шароитлардаги: ўта юқори энергиялар, юқори зичликлар, юқори температуралар, кучли магнит ва гравитацион майдонлар мавжуд экстремал ҳолатларда модданинг хоссаларини ўрганишдан иборатдир⁵.

Коинотдаги физик жараёнларни ўрганиш астрофизиканинг асосий предмети ҳисобланади. Ой, планеталар ва Қуёш системасининг кичик жисмларини бевосита космонавтика услублари орқали тадқиқ этишларни ҳисобга олмасак, космик объектлар ҳақида маълумотлар асосан электромагнит нурланишлар орқали етиб келади. Шунинг учун астрофизиканинг асосий масаласи бу космик объектлардан келувчи электромагнит нурларнинг интенсивлик, спектр, поляризация ва х.к. кузатув характеристикалари билан боғлиқлигини моделлаштиришдан иборатдир.

1.2. Коинот тўғрисидаги тасаввурлар пайдо бўлиши.

Ҳозирги замон астрофизикаси XX асрнинг ўрталаридан бошлаб ривожланди. Кузатув нуқтаи назардан бу қайд этилувчи электромагнит нурланишнинг спектрал диапазонининг кенгайиши билан боғлиқ. Илгари астрофизика нисбатан тор диапазондаги – оптик диапазондаги астрономик кузатувларга асосланган эди. Шунинг учун олимларнинг диққат марказида асосан Коинотдаги кўринувчи ёруғлик нуруни тарқатувчи объектлар – юлдузлар, туманликлар, галактикалар – бўлган. Уларнинг нурланиш механизмлари Ер шароитида олинган илмий натижаларга асосланган эди. Ҳозирги пайтда астрофизикада радиотўлқинлардан тортиб гамма-нурларгача бўлган кенг диапазондаги кузатув натижаларига асосланган ҳолда тадқиқотлар олиб борилади. Астрономиянинг кенг диапазондаги кузатувларга ўтиши билан маълум объектлар тўғрисида батафсилроқ маълумотлар олиш билан бир қаторда янги объектларни, хусусан, экстремал ҳолатда жойлашган объектларни кашф этиш имкониятлари пайдо бўлди⁶. Ушбу таъкидланган шароитларда модда янги физик хоссаларга эга бўлиб қолади. Коинот

⁴ L. Rezzolla, O. Zanotti, *Relativistic Hydrodynamics*, Oxford University Press, 2013, 752 p.

⁵ Фильченков М.Л., Гравитация, астрофизика, космология: дополнительные главы, «ЛИБРОКОМ», 2010.

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

ривожланишининг дастлабки даврларидаги модданинг юқори зичликларга эга бўлиши; нейтрон юлдузлар ички қисмидаги ва қора туйнуклар атрофидаги физик жараёнлар; оқ миттилар ва нейтрон юлдузлардаги кучли гравитацион ҳамда магнит майдонлар буларга мисол бўлади. Айнан шундай экстремал ҳолатдаги объектларни тадқиқот соҳалари ҳозирги замон юқори энергиялар физикаси ва астрофизиканинг асосий ва долзарб муаммолари ҳисобланади.

Таъкидлаш жоизки, мавжуд замонавий технологиялар экстремал ҳолатдаги модданинг макроскопик хоссаларини фақатгина астрофизик объектларни кузатуви орқали тадқиқ этиш имконини беради. Шу жиҳатдан замонавий астрофизика илғор фан соҳаси ҳисобланади ва у “Ердаги физика”нинг кучи етмайдиган фундаментал ходиса ва жараёнларнинг тадқиқоти билан шуғулланади. Масалан, Ердаги лаборатория шароитида олинган магнит майдонларнинг кучланганлиги оқ миттилар магнит майдонлари кучланганликларидан (10^7 - 10^9 Гс) бир неча ўн марта, нейтрон юлдузларнинг магнит майдонларидан (10^{12} Гс) эса бир неча юз минг марта кичикдир.

1.3. Коинот тўғрисидаги тасаввурлар ривожланиши.

Қуйида биз экстремал астрофизик шароитлари вужудга келувчи учта объектни мисол тариқасида келтирамиз: бошланғич даврдаги коинотнинг ривожланиши, космик гамма-чақнашлар (гамма-всплески), ва яқинда галактикамизда очилган “микроквazarлар”⁷.

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

Космология ва астрофизикадамасофа шу қадар каттаки, биз махсус ёруғликнинг бирор вақт давомида ўтган йўли бнилан боғлиқ атамалар киритамиз: мисол учун,

$$1 \text{ ёруғлик-секунд} = (3.0 \times 10^8 \text{ м/с})(1.0 \text{ с}) = 3.0 \times 10^8 \text{ м} = 300,000 \text{ км};$$

$$1 \text{ ёруғлик -минут} = (3.0 \times 10^8 \text{ м/с})(60 \text{ с}) = 18 \times 10^6 \text{ км}.$$

Улар орасида энг кўп ишлатиладиган бирлик бу ёруғлик -йили (ёй):

$$\begin{aligned} 1 \text{ ёй} &= (2.998 \times 10^8 \text{ м/с})(3.156 \times 10^7 \text{ с/й}) \\ &= 9.46 \times 10^{15} \text{ м} \gg 10^{13} \text{ км} \gg 10^{16} \text{ м}. \end{aligned}$$

Ойгача ва Қуёшгача масофалар учун одатда километр ёки метрни ёруғлик-секундга алмаштрган ҳолда фойдаланамиз. Ердан Ойгача масофа 384,000 км, бу 1.28 ёруғлик-секундга тенг. Ер-Қуёш орасидаги масофа эса 1.50×10^{11} м, ёки 150,000,000 км; бу 8.3 ёруғлик -минутга тенг (Қуёшдан чиққан ёруғлик Ерга 8.3 минутда етиб келади). Қуёш системасининг олисдаги

⁷Сивухин Д.В, Курс общей физики, учебное пособие для вузов, т. 5 – Атомная и ядерная физика, 3-е издание, ФИЗМАТИЗ, 2011.

Плутонгача масофа 6×10^9 км , ёки 6×10^{-4} ёй⁸. Бизга энг яқин бўлган юлдуз Проксима Сентауриа тахминан 4.2 ёй узоқлигида жойлашган.

Коинотнинг hozirgi замондаги кенгайиш суръати Хаббл доимийси билан аниқланади $H = 50 - 100$ (км/с)/Мпк (яъни кузатувчидан хар Мегаларсекка узоқлашганда объектлар 50-100 км/с тезлик билан узоқлашади. Объект қанча узоқда жойлашган бўлса, у шунчалик катта тезлик билан биздан узоқлашади).

$$v=Hr$$

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

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

Коинот эволюциясининг конкрет схемасининг қандай бўлишидан қатъий назар hozirgi пайтда “Коинотнинг иссиқ модели” тўғри деб ҳисобланади. Бунда коинот ривожланишининг дастлабки даврида харорат ва зичлик анча катта қийматларга эга бўлган. Дастлабки пайтдаги модда тўла ионлашган холда бўлган ва нурланишнинг эркин югуриш йўли коинотнинг ўлчамларига нисбатан кичик бўлган⁹. Натижада модда ва нурланиш термодинамик мувозанат ҳолатида бўлган ва унинг нурланиш спектри Планк формуласи билан тавсифланган ва қуйидаги частота $\omega \approx 2.8 kT/\hbar$, \hbar – Планк доимийси. Кенгайиш жараёнида модда ва температура камайиб борган ва “Катта портлаш”дан сўнг тахминан миллион йилдан $T \approx 5 \cdot 10^3$ К бўлган ва ионларнинг электронлар билан рекомбинация жараёни бошланиб, нейтрал атомлар пайдо бўла бошлаган. Нейтрал моддалар нурланиш билан ўзаро таъсири нисбатан кучсиз бўлганлиги сабабли “реликт” (қолдиқ) нурлар квантларининг эркин югуриш йўли коинотнинг ўлчамларидан катта бўлиб қолган. Ана шу “рекомбинация даври”дан бошлаб модда ва “реликт нурлари” мустақил равишда ривожланиб келган. Кенгаювчи коинотда Допплер эффекти кузатилувчи реликт нурланиши частотасининг камайишига ва нурланиш спектрини аниқловчи температуранинг камайишига олиб келади¹⁰. Hozirgi даврда реликт нурланиш температураси 2,7 К га тенг ва у сантиметр ҳамда миллиметр радиотўлқинлар диапазонида кузатилади. Шунинг таъкидлаш жоизки, реликт нурланиш 10-12 миллиард йил илгари рекомбинация давридаги коинот структураси тўғрисидаги маълумотларни ўзида сақловчи ягона манба бўлиб ҳисобланади.

1.4. Замонавий космология ҳақида қисқача маълумот.

20-асрнинг бошларида юлдузлар юлдуз кластерларига бирлаштирилганлиги ва улар ўз навбатида галактикаларни ҳосил қилиши

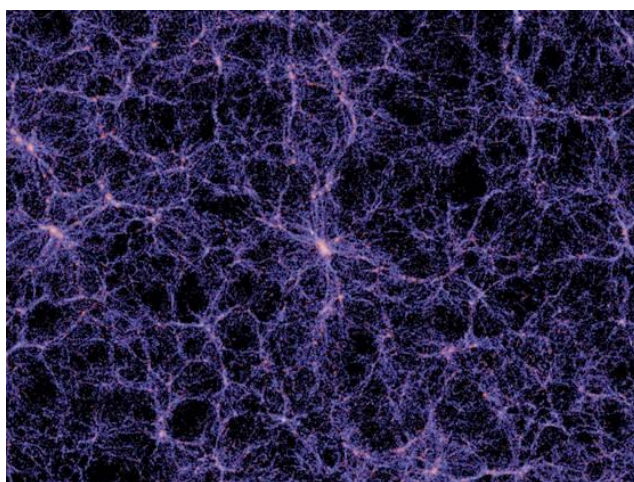
⁸deyarli 5 yorug'lik-soatga teng

⁹L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.

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

маълум эди. Кейинчалик галактикалар кластерлари ва суперкластерлари топилди. Ушбу иерархия хохлаган даражаларга тарқалади деб тахмин қилиш мумкин бўлар эди, аммо 1990-йилларда 1 миллиард ёруғлик йили (300 мегапарсек) масштабларида - коинотнинг кўринадиган қисми деярли бир жинслидир.

Замонавий концепцияларга кўра, Коинот - бу деярли ҳеч қандай нурланиш бермайдиган материя билан ажратилган, етарли даражада текис "сирт"лар тўпламидир. Ушбу соҳалар (бўшлиқлар) юзлаб Мпс ўлчамга эга. Биринчи кузатилган сирт Буюк Девор деб номланиб, жанубий юлдузлар туркумидаги Гидра-Центавра-Телескоп-Товус-Ҳинду юлдуз туркумларидан ўтади. Унгача бўлган масофа 200 миллион ёруғлик йилига тенг, унинг узунлиги эса 500 миллион ёруғлик йили ва қалинлиги атиги 15 миллион ёруғлик йилига тенг.

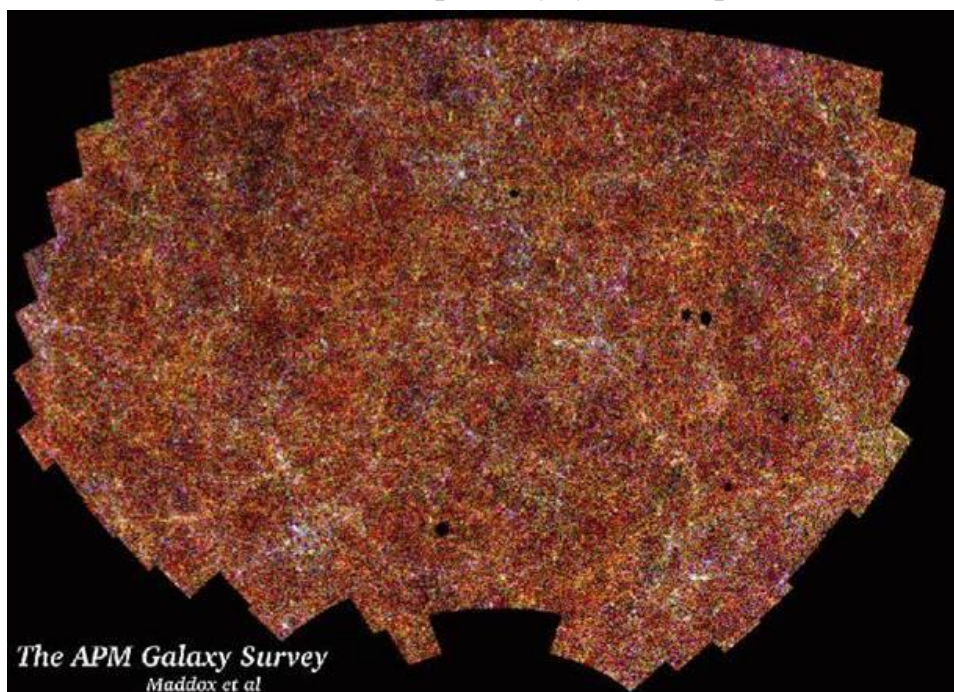


Коинотнинг ячеикали тузилиши масаласи биринчи бўлиб 1970-йилларда Ян Ейнасто ва унинг ҳамкорлари томонидан айтилган (Тарту Обсерваторияси, СССР). Кейинчалик, коинотнинг энг катта миқёсли тузилиши аслида галактикалар ва уларнинг тизимларидан ташкил топган ҳар хил ўлчамдаги ячеикалардан ташкил этиши аниқланди. Галактикалар ва уларнинг тўпламлари бир-бири билан кесишадиган ва қалинлиги тахминан 10 миллион ёруғлик йилига тенг бўлган эгри "деворларда" жамланган. Баъзи "деворлар" ни юз миллионлаб ёруғлик йилларида топиш мумкин. Деворлари "тугаган" жойларда, айниқса, жуда кўп галактикалар (суперкластерлар) мавжуд. Ячеикалар ичида, деворлар орасидаги бўшлиқлар мавжуд (улар "бўшлиқ" - "бўш жой" деб номланади), уларда галактика зичлиги ўртача кўрсаткичдан камида ўн баравар кам. Совун пуфакчасини бундай тузилишга ўхшатиш мумкин. Тўғри, галактикаларнинг ячеикалар "деворлари" бўйлаб тарқалиши, совун пуфакчасидан фарқли ўлароқ, бир ҳил бўлмаган тақсимотга эга ва ячеикаларнинг ўзи ҳам тўғри шаклга эга эмас. Бундай мегаструктуранинг шаклланиши коинотнинг асосий қисмини ташкил этадиган кўринмас қоронғу материянинг табиати билан чамбарчас боғлиқдир. Коинотдаги галактикалар занжирларида, қоронғи совуқ моддалар (аксионлар ёки бошқа гипотетик зарралар каби) эмас, балки иссиқ қоронғу моддалар деб

номланган зарралар (масалан, массив нейтринолар) устунлик қилиши эҳтимолдан йироқ эмас.

Sloan Digital Sky Survey томонидан 2003 йилда яратилган коинот харитасида, икки миллиард ёруғлик йили узоқликдаги, 2400 квадрат даража майдонга эга бўлган осмон худудида 200 000 та галактика мавжуд. Улар Нью-Мексико штатида бир вақтнинг ўзида кўплаб галактикалар спектрларини ёзиб олиш учун оптималлаштирилган телескопдан фойдаланганлар. Хаританинг асосий хусусиятларидан бири "**Sloan Буюк Девори**" бўлиб, у тахминан 1,37 миллиард ёруғлик йилини ташкил этади (Метагалактиканинг 5% - бугунги кунда Коинотда кузатилган энг катта тузилиш). **Wilkinson Microwave Anisotropy Probe** (WMAП) каби бошқа телескопларнинг маълумотлари билан бирлашганда, Слоаннинг янги кузатувлари бир неча асосий астрономик константаларнинг аниқлигини оширишга ёрдам берди: Хаббл доимийси 0,70, 0,04 хатолик билан; коинотдаги моддаларнинг улуши (энергия эквивалентида) 30% - 4%

аниқлик
билан;
нейтрино



массасининг юқори чегараси 0,6 eV; коинотнинг ёши тахминан 14,1 миллиард йилни ташкил этади, аниқлиги 1 миллиардга тенг.

1990-йилларнинг бошларида амалга оширилган галактикаларни автоматик қидириш натижалари асосида тузилган АПМ харитаси (Плиталарни автоматик равишда ўлчаш) 100 даража майдонда 2 миллиондан ортиқ галактикаларни ўз ичига олади. Минтақанинг марказида Сомон Йўли Галактикасининг жанубий қутби жойлашган. Ёрқин минтақаларда кўпроқ галактикалар мавжуд ва ўртача каттароқ галактикаларнинг жойлари кўк ранг билан белгиланган. Яқин атрофдаги жуда ёрқин юлдузлари бўлган осмон минтақалари харитадан кесилган. Ушбу жойлар қора эллипсларга тўғри келади.

Маҳаллий галактикаларнинг йиғиндиси (МГЙ) бошқа "девор" га тегишли бўлиб, тахминан 200 миллион ёруғлик йили бўлган галактикалар тизимини, шу жумладан маҳаллий галактикалар гуруҳини, галактикалар вирго

кластерини (доминант марказий кластерни) ва бошқа бир қанча кластерлар ва галактикалар гуруҳларни ўз ичига олади. 1950-йилларда америкалик астроном Жерар де Ваукуллар томонидан аниқланган. МГҲ таркибига 100 та галактика гуруҳлари ва кластерлари ва 30 мингга яқин галактикалар киради; унинг массаси катталиги бўйича 10^{15} қуёш массасини ташкил қилади. Унинг ёрқинлиги жуда кўп юлдузлар учун жуда паст бўлгани учун, суперкластер массасининг катта қисми қоронғу материянинг массаси эканлигига ишониш мумкин.

Назорат саволлари:

1. Табиатдаги фундаментал ўзаро таъсирлар.
2. Гравитацион кучлар.
3. Электромагнит кучлар.
4. Кучли ўзаро таъсир.
5. Кучсиз ўзаро таъсир.
6. Кенгаювчи коинот.
7. Катта портлаш қачон юз берган.
8. Галактикаларнинг узоқлашиши
9. Галактикаларнинг узоқлашиш тезлиги.
- Инфляция эраси. Кварк ва лептонлар.
10. Антитаррачалар.

Фойдаланилган адабиётлар

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

Интернет маълумотлари

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

2-МАВЗУ:РЕЛЯТИВИСТИК АСТРОФИЗИКА ВА КОСМОЛОГИЯ

РЕЖА

- 2.1 *Галактикани текширишдан мақсад*
- 2.2 *Релятивистик астрофизиканинг объектлари. Галактикалар*
- 2.3 *Космологик моделлар*
- 2.4 *Галактиканинг тузилиши ва таркиби*

Таянч иборалар: Сомон йўли, чанг туманликлар, планетар туманликлар, диффуз туманликлар, ионланган водород соҳалари, қора туманликлар, катта портлаш, космик микротўлқинли фон нурланиши

2.1. Галактикани текширишдан мақсад

Биз юқорида юлдузларнинг физик кўрсаткичлари ва улар орасидаги боғланишлар, юлдузларнинг ички тузилиши ва эволюцияси билан танишиб чиқдик. Барча юлдузлар, шу жумладан Қуёш ҳам, ўзидан атроф фазога модда сочиб туришини кўрдик ва юлдузлараро муҳитдаги чанг+газ моддани сиқилиши натижасида юлдуз ҳосил бўлиши мумкинлигини, демак юлдузлараро муҳит билан юлдуз орасида ўзаро таъсир ва боғланиш борлигига эътибор қаратдик. Кўпчилик юлдузларнинг физик кўрсаткичлари қисқа (ўнлаб йиллар) вақт оралиқларда деярли ўзгармайди, айримлариники эса кескин ўзгаради. Бундай юлдузларни стационар юлдузлар деб атадик. Айрим юлдузлар қайноқ бошқалари паст температурада, айримлари фаол бошқалари сокин. Бундай ранг-баранглик нима билан боғлиқ. Бу саволларга жавоб бериш учун юлдузни ҳосил қилган манба табиатини ўрганиш зарур. Юлдузни Галактикада эгаллаган ўрнини билмоқ зарур. Чунки юлдузлар галактикада ҳосил бўладилар. Юлдузлар якка ҳолда эмас балки жуфт ёки каррли ҳолда ёки атрофида сайёралар тизими билан ҳосил бўлишини кўрдик. Бундай тизимлар яна ҳам катта тизим таркибига кириши аёнлашиб қолди. Энди биз миллиардлаб юлдузлардан ташкил топган улкан тизимларни тузилиши ва физик кўрсаткичларини ўрганишга ўтамиз. Бу ишни биз яшаётган юлдуз тизимидан, Галактикадан бошлаймиз. Аввал Галактикани кўриниши, уни ўрганиш усуллари билан танишиб чиқамиз. Кейин Галактикани таркиби ва унга кирадиган объектлар табиати, хусусиятларига тўхталамиз ва ниҳоят унинг тузилиши, физик кўрсаткичлари, хусусиятлари билан танишиб чиқамиз.

2.2. Релятивистик астрофизиканинг объектлари. Галактикалар

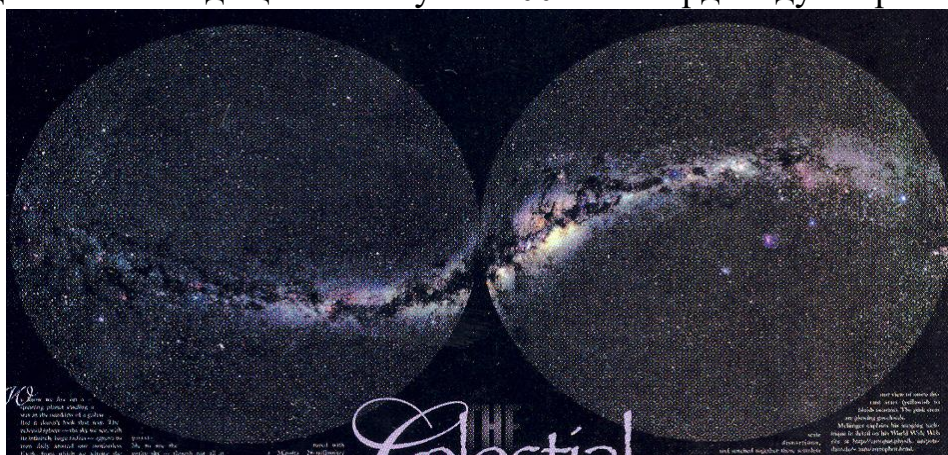
Сомон Йўли юлдузлар осмонини катта айлана (Галактик экватор) бўйлаб иккига бўлиб турадиган тим қоранғи осмон саҳнидаги ёруғ белбоғ кўринишга эга. Сомон Йўли Жавзо, Савр, Аравакаш, Коссеопея, Цефей, Оқкуш, Қалқон, Қавс, Илонэлтувчи, Ақраб, Центавр, Жанубий Бут, Кил, Елкан, Катта Ит, Якка Шоҳ ва Орион юлдуз туркумлари орқали ўтади. Галактика маркази Қавс юлдуз туркумида, унинг Ақраб билан чегараси

яқинида (C) кўринади. Бу йўналишда Сомон Йўли максимал (18°) кенгликка эга. марказ атрофи қуюқмаси $18^\circ \times 28^\circ$ катталиқдаги ёруғ соҳани эгаллайди. Сомон Йўлини ўртасидан ўтадиган катта айлана галактик экватор деб аталади ва у осмон экватори билан $62^\circ.6$ бурчак ҳосил қилади¹¹.

Галактикада юлдузларнинг ўрни иккита бурчак координата галактик узунлама (l) ва кенглама (b) орқали белгиланади: l-Галактика марказидан бошлаб шарққа томон 0° дан 360° гача, b-галактик экватордан кутблар томон $\pm 90^\circ$ гача ўзгаради. Галактиканинг тузилишини ўрганиш учун унинг томонлари бир ёй градусга тенг квадрат шаклдаги майдончаларда маълум (m) катталиқкача бўлган юлдузларни санашга асосланган. Бу усулни В. Гершель (1738-1822) биринчи бор қўллаган ва осмоннинг ҳар хил узунлама (l) ва кенгламага (b) эга 1083 та майдончасида $14^m.5$ катталиқкача бўлган юлдузларни санаб Галактика моделини тузган. Ҳозирги замонда Галактика тузилишини ўрганишда икки хил статистик усул қўлланилади. Биринчи усул осмонда m-нчи катталиқкача ёруғликка эга бўлган барча юлдузларни санашга асосланган. Бундай усул қуйидаги натижаларни берди:

$N(0)=4$ (энг ёруғдан бошлаб нолинчи катталиқкача бўлган юлдузлар сони), $N(1)=17$ (энг ёруғдан биринчи катталиқкача), $N(2)=50$, $N(3)=175$, $N(6)=3100$, $N(7)=8400$, $N(10)=166 \times 10^3$, $N(21)=889 \times 10^6$.

Кўришиб турибдики, хира юлдузлар сони $N(m)$ орта бормоқда. Галактикада энг кўп юлдузлар $m=30^m$ катталиқка эга. $m > 30^m$ юлдузлар сони камай боради. Галактикада ҳаммаси бўлиб 200 миллиард юлдуз бор.



1-расм. Осмон сферасининг шимолий (чапда) ва жанубий (ўнгда) яримшарларида Сомон йўлини кўриниши.

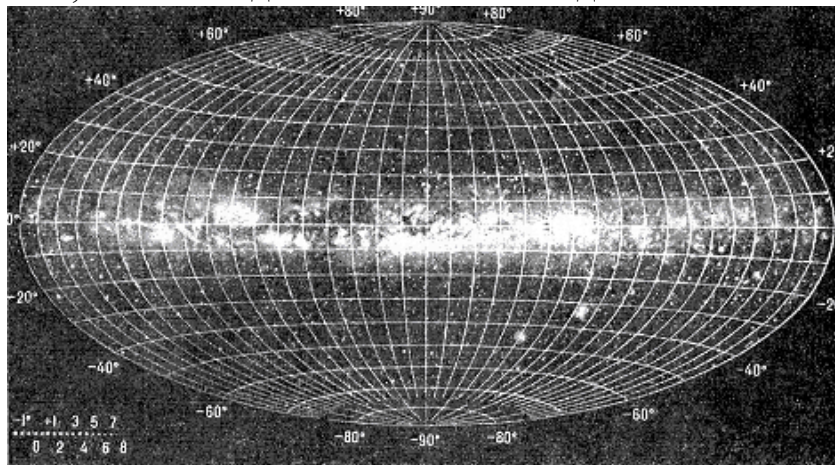
Иккинчи усул-дифференциал ёруғлик функциясини ($A(m)$) ни топишга асосланган. $A(m) = \frac{dN(m)}{dm}$ m-ўзгариши билан $A(m)$ ҳам орта боради.

Юқорида келтирилганлардан $N(6)$: $N(5)=2,85$, $N(13)$: $N(12)=2,47$ ва $N(21)$: $N(20)=1,76$. Яъни, хира юлдузлар сонини кўпайиш сурати камай боради.

¹¹ Arnab Rai Choudhuri, *Astrophysics for Physics*, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

Бу Галактикада юлдузларни нотекис тақсимланганлигини кўрсатади. Агар фазода юлдузлар бир текис тақсимланганда $\frac{N(m+1)}{N(m)} = 3,98$ бўлур эди¹².

Бир хил катталиқдаги бироқ ҳар хил галактик кенгламага эга бўлган майдончаларда юлдузлар сони ҳар хил бўлади. Бундай санашлар Галактика текислиги ($b=0$)да юлдузлар сони энг кўп-кенгламага эга бўлган майдончада эканини кўрсатади. $N(m;b)$ -энг ёруғ юлдуздан то m -нчи катталиқкача бўлган юлдузлар сони. $N(m,0^0)$ -галактика текислигидаги $N(m,90^0)$ -қутблари йўналишида кузатиладиган m -катталиқкача бўлган юлдузлар сони. $N(m,0^0)$: $N(m,90^0)$ -галактик концентрация деб аталади. Кузатишдан олинган натижаларга кўра $N(7,0^0)$: $N(7,90^0)=3,5$ ва $N(21,0^0)$: $N(21,90^0)=44,2$. Яъни юлдузларнинг 95 % и сомон йўлида кўринади. Бундай санашлардан тузилган Галактика модели-диаметри 30Кпк (килопарсек) бўлган улкан диск кўринишига эга. Қуёш яқинида дискнинг қалинлиги 0,5 Кпк. Қуёш Галактика марказидан 10 Кпк, текислигидан эса 25 пс шимолда жойлашган.



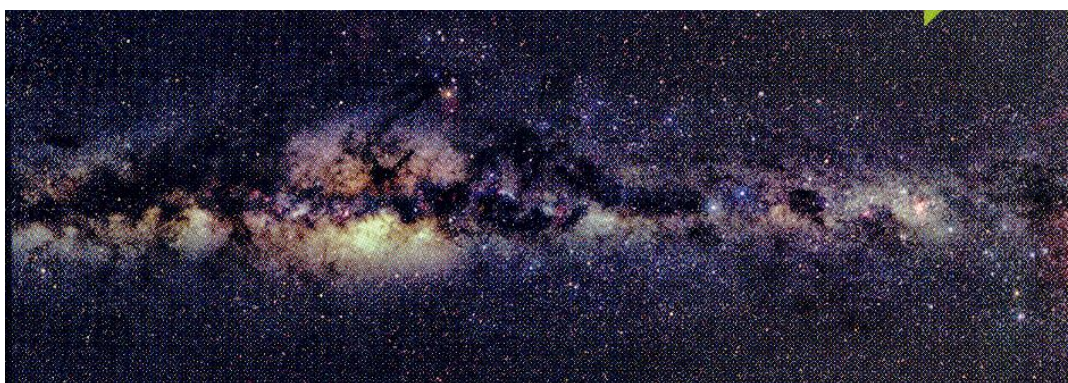
2-расм. Галактикани шакли: а) галактика текислигидан қараганда, б) галактика қутбидан қараганда.

Қуёш яқинида юлдуз концентрацияси $0,064 M_{\odot} \text{пк}^{-3}$, яъни томонлари 2,5 пк бўлган куб ичига битта массаси Қуёшниқидек келадиган юлдуз тўғри келади. Галактика ўзагида концентрация бундан миллион марта кўпдир.

Галактикада алоҳида, қўшалок ёки каррали кўринадиган юлдузлар тўдалари ҳам кузатилади. Юлдуз тўдаларини икки хили мавжуд: юлдузларнинг тарқоқ ва шарсимон тўдалари. Тарқоқ тўдалар (1180 таси рўйхатга олинган) бир неча ўнтадан, бир неча ўн мингтагача, шарсимон тўдалари эса (136 таси маълум) бир неча мингдан бир неча ўн мингтагача юлдуздан иборат бўлади. Тўдалардан ташқари Галактикада қора чанг булутлари (1000 лаб), ёруғ диффуз туманликлар (150) ҳам кузатилади. Қора туманликлар ўзидан орқадаги юлдузлар нурини хиралаштириши туфайли номоён бўлади. 3-расмда Галактика марказининг фотосурати келтирилган ва

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

унда қора соҳаларни кўриш мумкин. Булар қора туманликлардир. Масалан, «Кўмир қоп» деб аталадиган қора туманлик ёруғ юлдузлар фонида яққол кўриниб турибди. Қора туманликлар Сомон Йўлини Оққуш юлдуз туркумидан бошлаб то Галактика марказигача (Ақраб юлдуз туркуми) иккига бўлиниб кўринишига сабабчидирлар¹³. Катта ёруғ диффуз туманликлар билан бир қаторда кичик ҳалқа ёки гардиш шаклдаги мингдан ортиқ планетар туманликлар ҳам кузатилади. Бундай ёруғ туманликлар шуълаланаётган газ булутдан иборатдирлар. Демак, юлдузлараро муҳитда модда чанг ва газ, шунингдек улар аралашмасидан иборат булутлар шаклида кўринади. Тарқоқ ҳолдаги бундан ташқари юлдузлараро муҳит чанг ва газ билан тўлдирилган. Энди Галактикани ана шу ташкил этувчилари табиати билан танишиб чиқамиз.



3-расм. Галактика марказининг фотосурати.

2.3. Космологик моделлар

Галлактикаларнинг бундай тарзда, яъни қанча узоқда бўлса шунча катта тезлик билан биздан узоқлашиши нимани билдиради? Бу шундан дарак берадики, қачонлардир, қандайдир портлаш рўй берган. Ҳозир бир қарашда биз шу жараённинг худди ўртасида тургандек тасаввур пайдо бўлади. Аммо бундай эмас. Кенгайиш коинотнинг ҳар қандай нуқтасидан бир хил бўлиб кўринади. Буни тушуниш учун расмларга қаранг кузатувчи Ерда турибди деб фараз қилиб. Стрелкалар билан галлактикаларнинг ҳаракатлари кўрсатилган. Узоқроқдаги галлактикалар узунроқ стрелка билан тасвирланган. Энди савол, агар биз расмда кўрсатилган А галлактикада бўлганимизда нимани кузаткан бўлар эдик. Ердан туриб кузатилса у ўнг томонга V_A тезлик билан кетаётгани кўринади. Агар А галлактикадан туриб кузатилса Ер V_A тезлик билан чап томонга кетаётгани кўринади. А га нисбатан бошқа галлактикаларнинг тезлигини ҳисоблаш учун, барчасининг тезлигини вестор кўринишида қўшиб чиқамиз. Бундан келиб чиқадики, расмдагидек, барча галлактикалар кузатиш нуқтасидан масофага пропорционал равишда ҳаракатланмоқда.

¹³T. Padmanabhan, *Theoretical Astrophysics, Volume III*, Cambridge University Press, 2010.

Шундай қилиб, коинотнинг кенгайишини қуидагича тушунтирамиз: барча галлактикалар бири биридан ҳар миллион ёруғлик йилида 21 км/с га фарқ қилувчи тезлик билан узоқлашмоқда. Бу ғоя ва ундан келиб чиқадиган натижа жуда ҳам муҳим бўлиб, биз уни тасвирлашга ҳаракат қиламиз.

Космологияда асосий қабул қилинган принцип шу эдики, унда катта масштабларда турли нуқталардаги ккузатувчилар учун Коинот бир-ҳилда кўринади. Бошқача айтганда, Коинот изотроп ҳоссага(яъни, турли йўналишларда бир ҳилда) ва биржинслилик ҳоссага(яъни, бизга бошқа галлактикада турганимизда ҳам у шундай кўринади) эга экан.

Бу космологик принцип деб аталади. Бизнинг имкониятимиздаги кичик масштабда эса, масалан ўзимизнинг галлактикадан туриб қараганимизда у бажарилмайди, чунки осмонимиз турли йўналишларда тулича бўлиб кўринади. Бу албатта қадимдан қабул қилинган таҳмин ҳисобланади, чунки етарлича катта масштабларда кузатсак юлдузлар ва галлактикаларнинг тақсимланиш зичлиги барча йўналишларда бир-ҳил бўлиши керак. Бу принцип 700 миллион ёруғлик йилидан каттароқ бўлган масштабда бажарилади. Расмларда тасвирланганидек, Коинотнинг кенгайиши космологик принцип билан мос келади ва ундан ташқари, деярлик бир жинсли тақсимланган микротўлқинли фон нурланиши ҳам буни тасдиқлайди. Космологик принципдан яна бир муҳим ҳулоса келиб чиқадики, коинотнинг биз яшаб турган қисми энг муҳим жой ҳисобланмайди.

Ҳаббл қонунига кўра Коинотнинг кенгайиши шундан далолат берадики, демак галлактикалар дастлаб бир-бирига анча яқин жойлашган бўлган. Бу эса дастлаб қайноқ ва сиқилган ҳолатдаги ҳозирда эса тўхтамасдан кенгайётган Коинот ҳақидаги Буюк портлаш назариясининг асоси ҳисобланади. Биз кейинг бобларда Буюк портлаш назарияси ҳақида гаплашамиз, ҳозир эса кеелинг Коинотнинг ёши нечада эканлиги билан қизиқамиз.

Коинотнинг ёшини баҳолашнинг бир усули бу Ҳаббл параметридир. Агар ҳар 10^6 ёруғлик йили учун 21км/с фарқ қилишини эътиборга олсак, моддалар дастлабки ҳаракатланиш жойидан токи ҳозиргача ($v=d/t$ тезлик билан) қуйидагича вақт ҳаракат қилган:

$$t = \frac{d}{v} = \frac{d}{H_0 d} = \frac{1}{H_0} = 14 \cdot 10^9 \text{ yil}$$

ёки 14 миллиард йил. Коинот ёшининг бундай ҳисобланиши *ҳарактеристик кенгайиш вақти* деб аталади ёки Ҳаббл вақти дейилади. Бундай ҳисобланиш ҳатоликлардан ҳоли эмас, чунки бунда кенгайиш тезлиги ўзгармас деб ҳисобланган(аслида эса ундай эмас). Ҳозирги кундаги аниқ ҳисоб-китоблар эса Коинотнинг ёши $13,8 \times 10^9$ ёшда эканлигини тасдиқламоқдалар.

Стационар модел

Буюк портлаш назариясини батафсил таништиришдан олдин, Буюк портлаш нинг муқобили бўлган Стационар модел билан танишамиз. Унга кўра, Коинот чексиз ёшда бўлиб, у ҳозир ҳам худди дастлаб қандай пайдо бўлган бўлса

шундай кўринишга эга.(Бунда айтилишича, вақт бир жинсли ва фаъзо космологик принципга батамом бўйсунди). Стационар моделга биноан, Коинотда ҳеч қандай муҳим ўзгаришлар амалга ошмаган, ҳатто Буюк портлаш ҳам бўлмаган дейилади. Галлактикаларнинг бир-биридан узоқлашаётган бир ҳолатда бу принципти сақлаб қолиш учун, бир ҳилда сақланиш ғоясини ривожлантириш керак. Стационар модел 20 аср ўрталаригача Буюк портлаш назариясига асосий рақобатчи бўлган. Аммо микротўлқинли фон нурланишимизга кашф этилиши ва бошқа қатор кузатишлар Буюк портлаш назариясини умумийтирофига сабаб бўлди.

Катта портлаш ва космик микротўлқинли фон нурланиши

Коинотнинг кенгайиши, объектларнинг борлиқда бир-бирига ҳозиргидан яқин бўлганини ётироф этади. Бу шундан дарак берадики, Коинот бундан тахминан 14 миллиард йил олдин жудаям катта ҳарорат ва зичликка эга соҳанинг портлашидан ҳосил бўлганини айтади. Олам яралганда портлаш бўлмаган, чунки портлаш натижасида материя ҳар томонга сочилади. Бунинг ўрнига Буюк портлаш фаъзонинг кенгайиши натижасида рўй берган. Дастлаб жудаям кичик бўлган коинот, кенгая бошлаган ва ҳозирда ҳам бу давом этмоқда. Жудаям катта зичликка эга бўлган коинотнинг дастлабки ҳолатини, атрофи катта бўшлиқдан иборат фаъзо марказидаги масса сифатида қараш нотўғридир. Дастлабки жуда катта зичликка эга масса бутун коинотни ташкил этган. Биз Коинотнинг қачонлардир кичик бўлганини айтар эканмиз, унда объектлар(масалан электронлар ёки галлактикалар) орасидаги масофалар кичик бўлганини назарда тутамиз. Коинот ҳар доимгидек чексиз бўлиб қолаверади. Фақат биз кузатишимиз мумкин бўлган қисмигина биз учун чеклидир. Буюк портлашнинг яна бир тасдиқларидан бири бу реликт нурланишидир. У қуйидагича кашф этилди. 1964 йилда Арно Пензиас ва Роберт уилсон радиотўлқинларни тутиш мақсадида ўзларининг антенасини осмонга қаратиб ўрнатдилар(23-расм). Уни ёрдамида улар галлактикамиз ташқарисидан ўтадиган кэнг нурланишни аниқай олдилар. Улар Электромагнит спектори соҳасида $L=7.35$ смли тўлқин узунликка эга нурларни ўлчадилар. Тўлқин интенсивлиги эса вақтга ҳам йўналишга ҳам боғлиқ эмас эди, у ҳар доим ўзгармас эди. У коинотнинг барча томонларидан бир хил интенсивлик билан келаётган эди. Бундан ҳулоса қилиш мумкинки, бу нурланиш Коинотнинг яралишида қандай бўлган бўлса шундайлигича келаётган эди.

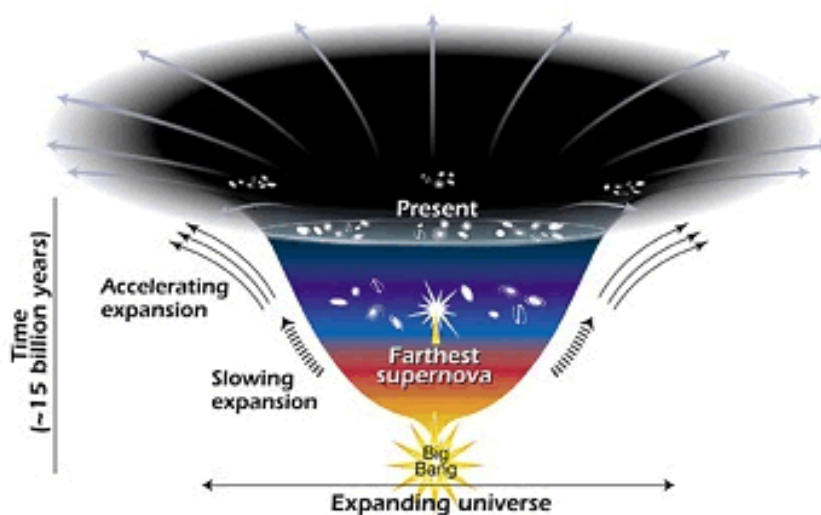


Арно Пензиас (ўнгда) ва Роберт Вилсон. Улар ортида ўзлари ўрнатган Арно антеннаси.

Коинотнинг қандай тузилганлиги хақида маълумотлар инсоният яратган асбоблар ёрдамида кузатиш мумкин бўлган узок масофаларни ўрганиш орқали аниқланади. Ушбу масофалар астрономияда ишлатилувчи масофа ёруғлик йили бирликлари билан тавсифланса (1 ёруғлик йили $= 9.5 \cdot 10^{12}$ км ёки ~ 0.3 парсек, 1 парсек $\sim 3.1 \cdot 10^{13}$ км), энг узокда жойлашган объектларгача бўлган масофа 5000 миллион парсек ёки 15 миллиард ёруғлик йилига тенг! Хозирги кунда кузатилаётган коинот улкан юлдузлар йиғиндиси – галактикалардан ва юлдузлараро мухитдаги газлардан иборат. Аслида эса коинот модда ва нурланишлардан иборатдир¹⁴.

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

¹⁴James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.



1-расм. Коинотнинг катта портлашдан кейин кенгайishi.

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

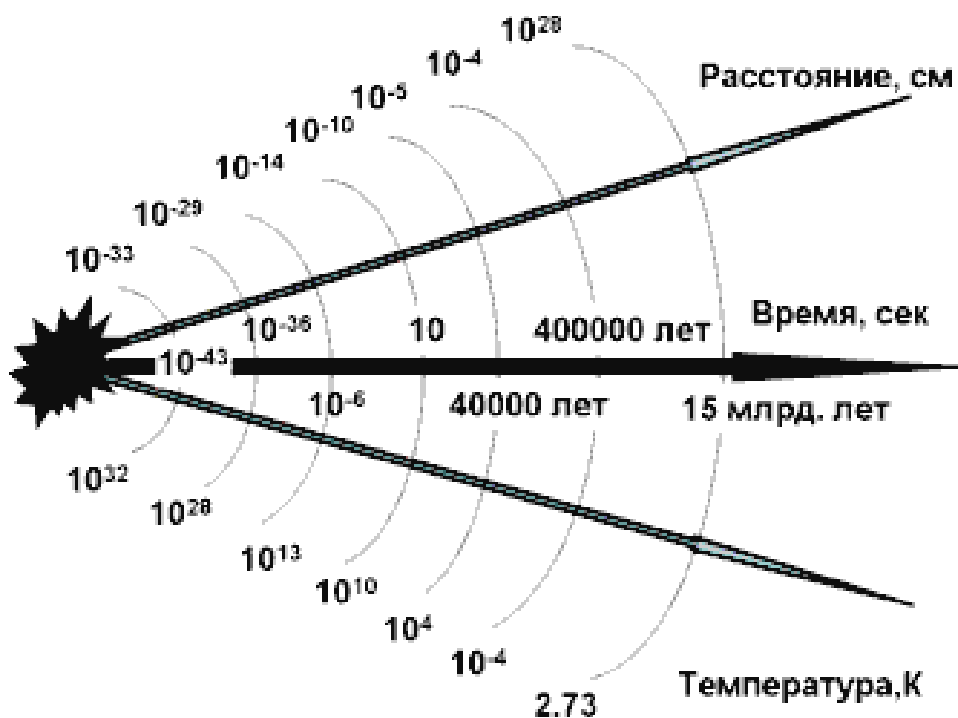
Буюк физик олимлар И. Ньютон ва А. Эйнштейнлар коинотни статик деб ҳисоблаганлар. И. Ньютон коинотнинг сиқилишидан қўрқиб, ундаги галактикалар сонини чексиз катта деб ҳисоблаган. А. Эйнштейн 1917 йилда эса ўзининг умумий нисбийлик назариясида катта массага эга бўлган осмон жисмларининг бир-биридан узоқлашишини тавсифлаш учун сунъий равишда космологик хадни киритган. Шу йилнинг ўзида америкалик олим В. Слайфер космик туманликларнинг узоқлашиши ҳақидаги илмий ишини чоп этган, 1924 йилда эса рус олими А. Фридман узоқлашувчи галактикалар назарияси – кенгаювчи Коинот назариясини ишлаб чиқди. Ушбу назария бизнинг оламни тушунишдаги тасаввурларимиз учун революцион кашфиёт бўлди¹⁵.

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

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

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

¹⁵James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.



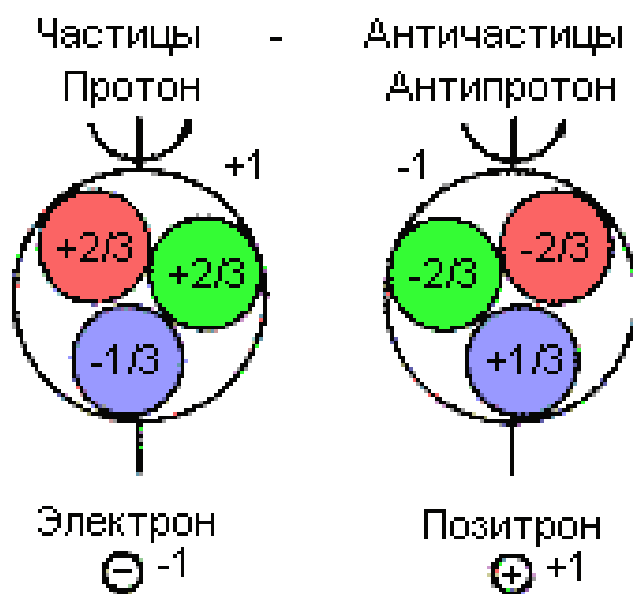
2-расм. Катта портлаш диаграммаси – Кенгаювчи коинотнинг характеристикаси ва пайдо бўлиши ҳамда асосий даврлари. 10^{-43} секундгача ҳамма ўзаро таъсирларнинг Буюк бирлашиши даври хукмронлик сурган ва 10^{-6} секундда кваркларнинг адронларга бирлашиши билан тугаган. 10 секунддан бошлаб радиацион эра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

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

2.4. Галактиканинг тузилиши ва таркиби

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

Коинотнинг “хамиртуруши”ни ташкил этган. Шу ўринда булардан ташқари хар бир фундаментал зарранинг антизарраси бор эканлигини хам қайд этиш лозим¹⁶. Анти заррача заррачадан қайсидир зарядининг ишораси билан фарқ қилади. Энг содда холда бу заряд электр заряди бўлиши мумкин (расмга қаранг). Масалан, лептонлардан бири электрон манфий ва мусбат зарядга эга бўлиши мумкин. Мусбат зарядланган лептон позитрон деб номланади ва у электроннинг антизаррасидир. Антизаррачалар фотон ва айрим заррачалардан ташқари (улар учун анти заррачалар хам ўзлари ҳисобланадилар) барча заррачаларда мавжуд.



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

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

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

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

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

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

Нейтрино ва антинейтринонинг тўқнашуви эса ўз навбатида электрон ва позитрон жуфтлигини ҳосил қилган. Ўта юқори температура зарраларнинг ўзаро тўқнашуви ва бошқа заррачаларга айланиши қайнаб турган “шўрвага”

¹⁶ T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I, Cambridge University Press, 2010

ўхшаб кетади, бунда “шўрвадаги” зарра ва антизарралар сони бир-бирига тенг. Бу Коинот билан бир қаторда Антикоинотнинг мавжудлиги келиб чиқади. Хозирги замон физик тасаввурларга кўра Катта портлашдан кейин пайдо бўлган фермион ва бозонлар бўлинмас деб ҳисобланади. Бу уларнинг ички структураси тўғрисида маълумотнинг йўқлигини англатади. Фермион ва бозонлар Коинот ривожланишининг 10^{-10} сек гача массасиз заррачалар бўлган кичик коинотнинг “қайнаб турган шўрваси”нинг асосий ташкил этувчиси бўлган¹⁷.

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

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

Назорат саволлари:

11. Релятивистик астрофизика дейилишига нима сабаб?
12. Астрофизик объектларга нималар киради?
13. Гравитацион қизил силжиш нима?
14. Гравитацион қизил силжишнинг сабаби нимада?
15. Қандай космологик моделлар бор?
16. Коинотнинг кенгайиши қандай тушунтирилади?
17. Хаббл қонуни ва доимийсининг физик маъноси қандай?
18. Инфляция модел нима?

Фойдаланилган адабиётлар

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

¹⁷Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.

8. Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.
9. Сивухин Д.В, Курс общей физики, учебное пособие для вузов, т. 5 – Атомная и ядерная физика, 3-е издание, ФИЗМАТИЗ, 2011.
10. Т. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
11. Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.
12. Фильченков М.Л., Гравитация, астрофизика, космология: дополнительные главы, «ЛИБРОКОМ», 2010.

Интернет маълумотлари

5. http://hea.iki.rssi.ru/HEAD_RUS/links_k.htm
6. <https://books.google.com/books?isbn=0226069710>
7. <https://books.google.com/books?isbn=0226724573>
8. [https:// nuclphys.sinp.msu.ru/](https://nuclphys.sinp.msu.ru/)

3-МАВЗУ: НУКЛЕОСИНТЕЗ ВА ЭЛЕМЕНТЛАРНИНГ ТАРҚАЛИШИ

РЕЖА

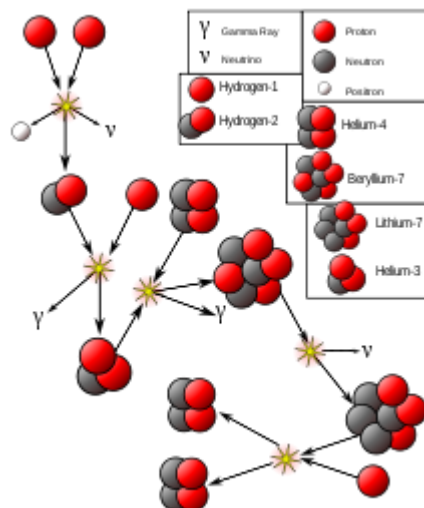
- 3.1. Бирламчи ядровий реакциялар ҳамда дастлабки нуклеосинтез.
- 3.2. Коинотда энгил элементларнинг тарқалиши.
- 3.3. Оғир элементларнинг ташкил топиши ва тарқалиши.
- 3.4. Ўта янги юлдузлар ва турлари.
- 3.5. Ядровий геохронология.

3.1. Бирламчи ядровий реакциялар ҳамда дастлабки нуклеосинтез

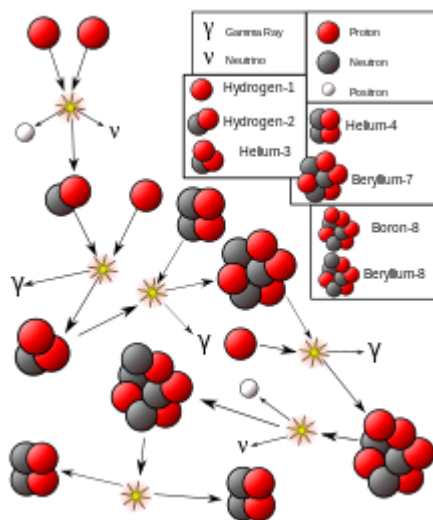
pp-занжир реакцияси юлдузлардаги водороднинг гелийга айлантирадиган реакциялардан бири. Бу занжир реакцияси массаси Қуёш массасига тенг ёки ундан кичик бўлган юлдузларда содир бўлади. Бошқа яъни массаси Қуёш массасидан деярли 1.3 марта катта бўлган юлдузларда эса *CNO-цикллари* ротонларни гелийга айланишини таъминлайди.

Асосан, протон-протон реакция уларнинг кинетик энергияси яъни харорати электростатик потенциал энергияда катта бўлгандагина содир бўлади.

Қуёшда дейтерий ҳосил бўлиши жараёнлари жуда қайноқ кечади. Уларнинг яшаш вақти- пайдо бўлганидан то ядро ёнилғи ресурслари юлдуз бўлиб нур сочиб туришига етарли бўлмай қолишигача бўлган вақтдир. Бу вақт ҳар бир юлдузнинг массасига боғлиқдир. Хусусан, энг яқин юлдуз- бу 5 миллиард йиллардан бери ядро синтези жараёни ҳисобига ҳозирда ўзининг актив босқичида бўлган Қуёшдир ва унинг ёнилғи захираси яна 5 миллиард йилга етади.



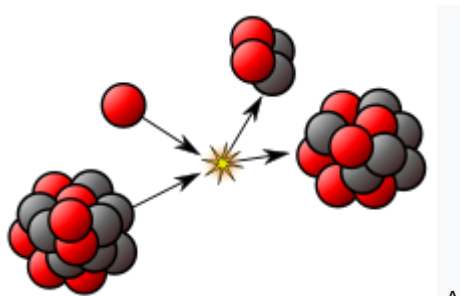
Протон-протон занжири 1- реакция канали



Протон-протон занжири 2- реакция канали

3.2. Коинотда енгил элементларининг тарқалиши

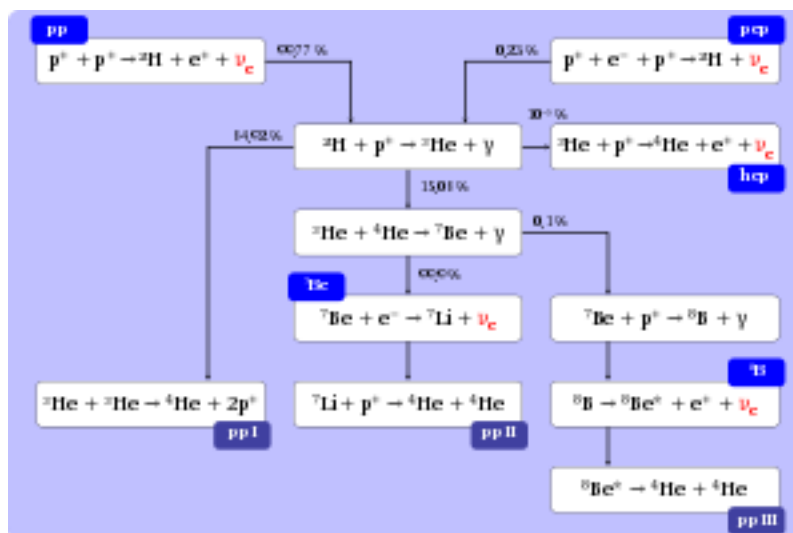
CNO-цикли (carbon–nitrogen–oxygen, «углерод-азот-кислород») бу протонлар иштирокида юлдузлардаги водороднинг гелийга алмашини билан кечадиган занжир реакцияларнинг бири ҳисобланилади. *CNO-циклик* катализатор цикли бўлиб, у одатда массаси Куёш массасидан 1.3 марта катта бўлган юлдузлардагина учрайди. Ушбу циклда 4 та протон углерод, азот, ёниши натижасида



А протонларнинг ядро билан реакциясида альфа зарранинг пайдо бўлиши.



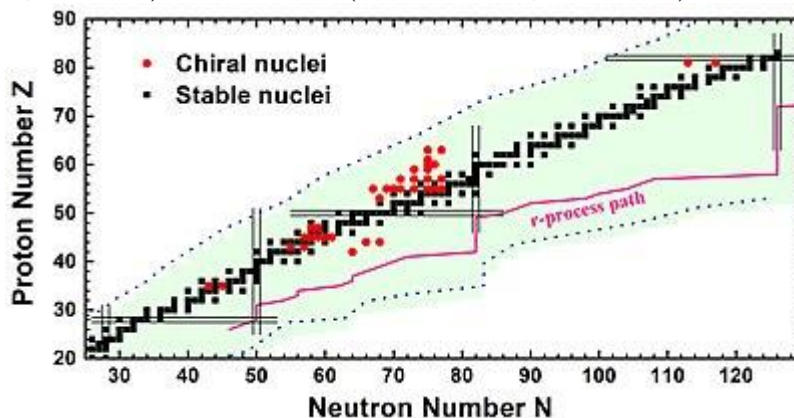
*CNO-цикли*нинг схематик кўриниши.



Юлдузлардаги протон-протон реакцияси ва электрон камралиши каналлари.

3.3. Оғир элементларнинг ташкил топиши ва тарқалиши *r*-жараён

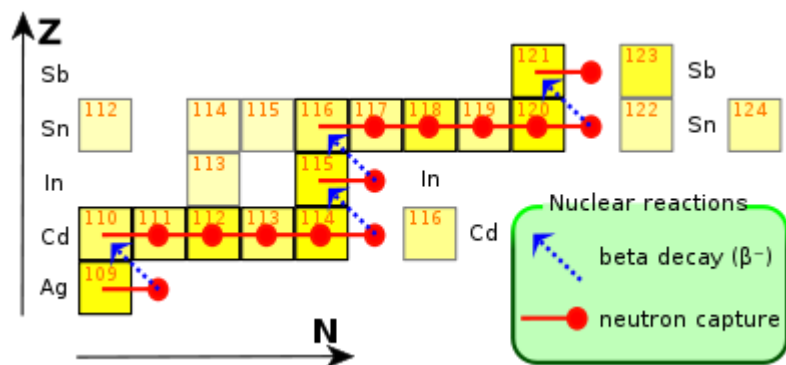
Ушбу жараён тез нейтронлар камралиши орқали кечади ва шунинг учун *r*-жараёни (rapid-тез) деб аталади. Аслида, *r*-жараёни бу ядро астрофизикасида темирдан оғир элементлар пайдо бўлишини таъминлайдиган ядро реакцияларнинг деярли ярмидир. Кўпчилик ҳолларда бу жараён ўзининг жадаллигига эришади атом оғирлиги $A = 82$ (elements Se, Br and Kr), $A = 130$ (elements Te, I, and Xe) ва $A = 196$ (elements Os, Ir and Pt) элементлари учун.



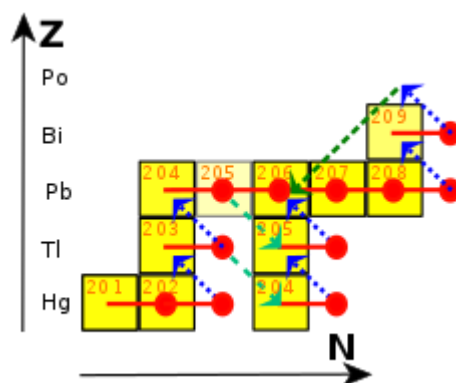
r-жараёнининг нейтрон юлдузлар тўқнашуви ёки суперноvae портлашида содир бўлишининг схематик кўришини. Нейтронлар бета эмрилишга қараганда ядро тезроқ ютилади.; бу ушбу жараённинг нейтронга бой ядролар ҳосил бўлишига ёрдам беришини кўрсатади. Бу ерда кутиш нуқталари сеҳрли рақамлари $N = 50, 82, 126$.

s-жараён

ушбу жараён секин ядро реакцияларида нейтронларни қамралиши билан кечадиган жараён бўлиб асосан асимтотик гигант бранч юлдузларда кузатилади. *S-жараён ядросинтез реакцияларида темирдан оғир элементларнинг пайдо бўлишига жавоб беради.*



s-жараёнининг Ag дан то Sb гача кечиши.



s-жараёни хирги босқичининг схемаси. Қизил горизонтал катта нуқтали чизиклар нейтрон қамралишга учраб тугайди. Кўк узук чизиклар эса бетта парчаланиш орқали ўришни кўрсатса, яшиллари алфа парчаланиш орқали ўтишлар. Ҳаворанглари эса электрон қамралиш билан борадиган реакцияларни тасвирлайди.

3.4. Ўта янги юлдузлар ва турлари

Ўта янги юлдузлар - ёрқинлиги кескин ўзгарувчи (чакновчи) юлдузлар. Уларнинг чакнаши портлаш ҳисобига юз беради. Портлаш туфайли бундай юлдузлар равшанлиги бир неча кун давомида ўнлаб млн. марта ортади. Портлаш юз бергандан кейин 2—3 ҳафта ўтгач, юлдузлар ўз равшанлигининг максимумига эришганда уларнинг мутлак юлдуз катталиги 11 дан то 19 гача етади, сўнгра бир неча ой давомида ёрқинлиги 25—30 марта камаяди. Чакнаш давомида Ўта янги юлдузлар умумий нурланиш энергияси $=1048 - 104'$ эрг бўлади. Фан нуқтаи назаридан юлдузларнинг портлаши улар эволюциясининг охириги босқичида вужудга келадиган мувозанатсизликнинг оқибати деб қаралади.

Галактикада Ўта янги юлдузларнинг чакнаши бир неча юз йилда 1—2 марта кузатилиши мумкин. Астрономлар томонидан Галактикамизда ҳам бир неча Ўта янги юлдузларнинг чакнаши кузатилган. Булар ичида Савр юлдуз туркумида 1054 йилдан Хитой астрономлари томонидан кузатилган портлаш энг қувватли ҳисобланади. Бу юлдуз бир неча кун давомида, ҳатто кундузи ҳам кўриниб турган. 1572 йилда бошқа Ўта янги юлдузлар даниялик астроном Тихо Браге томонидан Кассиопея юлдуз туркумида, 1604 йилда эса Кеплер томонидан Илон Элтувчи юлдуз туркумида кузатилган.

Ўтаянгиюлдузларравшанликларининг вақт бўйичаўзгариштабиативаспектрига қўра иккитургабўлинади. Ўта янги юлдузларнинг 1тури 2турига нисбатан 5—10 марта равшан бўлиб, равшанликнинг максимумига тез эришади.

Назорат саволлари:

1. Юлдузлардаги ядро реакциялари.
2. Оғир элеменлар қандай пайдо бўлади?
3. пр занжири ҳақида?
4. Тез ва секин нейтронларининг ютилиш билан кечадиган жараёнларнинг фарқлаб беринг

Фойдаланилган адабиётлар

1. Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.
2. M. Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.
3. Сивухин Д.В, Курс общей физики, учебное пособие для вузов, т. 5 – Атомная и ядерная физика, 3-е издание, ФИЗМАТИЗ, 2011.
4. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
5. L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.
6. Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.
7. Фильченков М.Л., Гравитация, астрофизика, космология: дополнительные главы, «ЛИБРОКОМ», 2010.

Интернет маълумотлари

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

4-МАВЗУ: ЮЛДУЗЛАР ЭВОЛЮЦИЯСИ

РЕЖА

- 4.1 Юлдузлар эволюцияси: асосий тушунчалар.
- 4.2 Гравитацион коллапс.
- 4.3 Чандрасекар чегараси.
- 4.4 Нейтрон юлдузлар. Квazarлар.

Таянч иборалар: Юлдузлар температураси, юлдузлар эволюцияси, Герцшпрунг-Рассел диаграммаси, юлдузлар магнит майдони, ўта янги юлдузлар.

4.1 Юлдузлар эволюцияси: асосий тушунчалар.

Кўпчилик юлдузлар Қуёш сингари табиатга эга. Чунки уларнинг спектри Қуёшникига ўхшаш қора (ютилиш, абсорбцион) чизиқлар билан кесилган туташ (узлуксиз) спектрдан иборат. Паст дисперсияли спектрга бир қарашдан ҳосил бўлган бу ўхшашлик юқори дисперсиялиларда йўқолади.

Юлдузлар олами ранг-баранг, улар орасида айнан Қуёшга ўхшаганлари ҳам бор. Бироқ кўпчилик юлдузлар спектридақларини жойлашиши ва интенсивлиги бўйича Қуёшдан фарқ қиладилар. Уларнинг айримлари спектрида юқори ионланиш потенциалига эга бўлган кимёвий элемент ионлари (H^+ , C^{++} , O^{++}) чизиқлари кўринса, бошқалариникида фақат водород атоми чизиқлари, учинчи хиллариникида эса фақат паст ионланиш потенциалига эга атомлар ва молекулалар чизиқлари ва тасмалари кузатилади¹⁸.

Юқорида кўрганимиздек туташ спектр юлдуз (Қуёш)нинг фотосфера қатламининг пастки қисмларида чизиқлар эса унинг устига нисбатан паст температурага эга қисмларида ҳосил бўлса, юлдузларнинг спектридаги ранг баранглик уларнинг фотосферасидаги физик шароитни турличалиги билан боғлиқ деган хулосага келамиз. Спектри Қуёшники сингари бўлган юлдузлар нормал ёки стационар юлдузлар деб аталади. Бундай юлдузларни ёруғлиги деярли (~0.1 %) ўзгармайди. Демак, уларнинг (Т) температураси ва радиуси (R) деярли ўзгармайди, юлдузнинг ички ва ташқи қатламлари термодинамик мувозанатда.

Айрим юлдузлар спектрида кенг эмиссион (ёруғ) чизиқлар бошқалариникида ютилиш чизиқ билан биргаликда, уни ёнида ёки устида шу атомга тегишли эмиссион чизиқ ҳам кузатилади. Учинчи турдаги юлдузлар ёруғлиги билан биргаликда спектрини ўзгартириб туради. Бундай юлдузлар ностационар юлдузлар дейилади. Уларни ўрганишга ўтишдан олдин стационар юлдузларни физик хусусиятлари билан танишиб чиқамиз.

Қадимдан юлдузлар жуда кўп ва бир бирига (сайёраларга) нисбатан ҳаракатланувчи митти ёруғ шарга ўхшаб кўринган. Коинот мукамал, бир

¹⁸Arnab Rai Choudhuri, *Astrophysics for Physics*, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

бутундир ҳамда Биз унинг марказида ёки марказ яқинида жойлашганмиз. Лекин 1609 йили дастлабки Галилейнинг оптик телескоплар ёрдамида тунги осмонни кузатувларидан кейин Коинот тўғрисидаги тасаввурларимиз драматик тарзда ўзгарди. Энди биз ўзимизни Коинот марказида деб тасаввур қила олмаймиз ва у мислсиз каттадир.

Ойсиз тунда очиқ осмонда биз минглаб ҳар хил ёрқинликдаги юлдузларни, шунингдек, Сомон Йўлининг узун ёруғ булутли тасмасини ҳам кўришимиз мумкин. (1-расм). Галилей илк бор ўзининг телескопида Сомон йўлининг сон-саноксиз алоҳида юлдузлардан ташкил топганлигини кузатган. Қарийиб бир ярим аср кейинроқ (тахминан 1750 йилларда) Томас Вraith хозирда биз Галактика¹⁹ деб номлайдиган Сомон йўлини бир текисликда жуда катта масофаларга ёйилиб кетган юлдузлардан иборат ясси диск деб тахмин қилди.

1-расм. Сомон йўли галактикасининг бир қисми. (а) расмдаги ингичка чизиқ .. қоронғи диаганал соҳа ёруғликнинг галактика чанглари томонидан ютилиши ҳисобига ҳосил бўлган. (б) расм галактика маркази томонидан кўриниши (Аризона (АҚШ) ёзида тасвирга олинган).



(a)

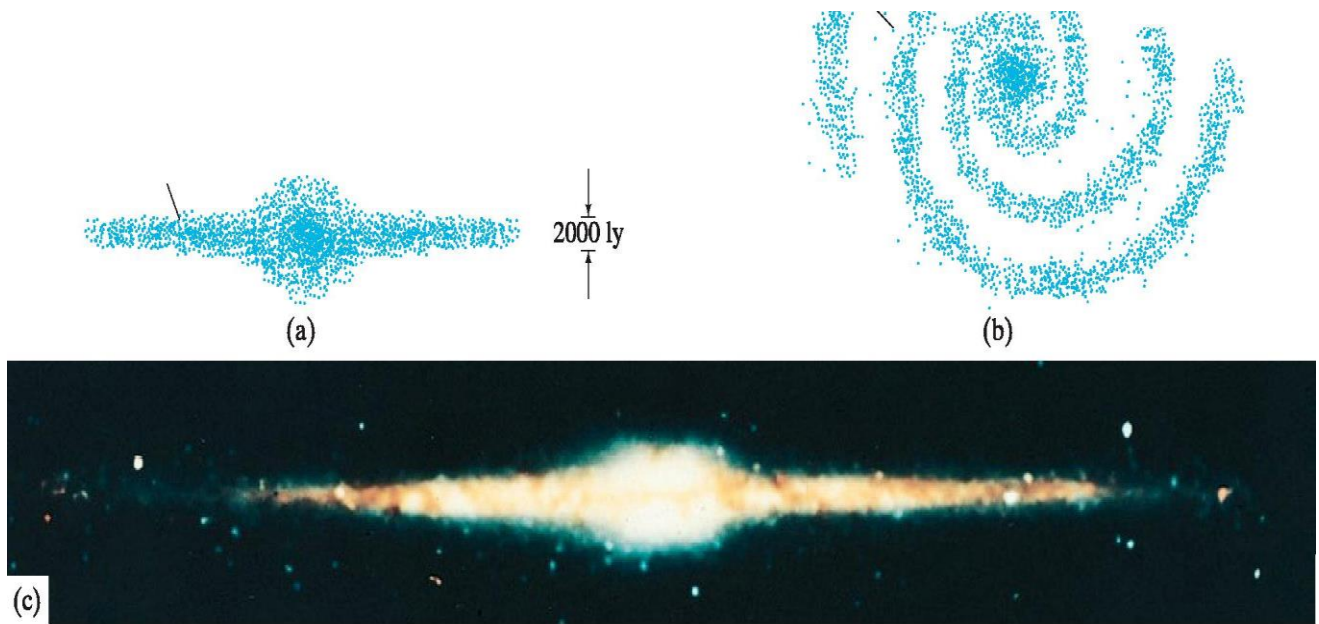


(b)

Бизнинг Галактикамиз диаметри деярли 100 минг ёй. ва диск қалинлиги 2000 ёй.га тенг. У яна марказий дўнглик ва спирал қўлларига эга (2-расм). Қуёшимиз Галактика марказидан то чеккасигача бўлган масофанинг ўрталарида жойлашган, бу тахминан марказдан 26000ёй га тенг. Бизнинг Галактикамиз тахминан 400 миллиард юздузлардан ташкил топган. Қуёш Галактика маркази атрофига ҳар 250 миллион йилда бир марта айланиб чиқади ва тезлиги Галактика марказига нисбатан 200км/с. Жаммаси одатий материясининг массаси эса тахминан 4.1041кг. Яна шундай қатъий далил ҳам борки, Галактика массив кўринмас “Гало” “қоронғи материя” билан ўралган.

Кўём

¹⁹Galaktika (bosh harf bilan) bu biz joylashgan galaktika, qolganlari kichik harflar bilan keltiriladi



2-расм. Бизнинг Галактикамизнинг ташқи томондан кўриниши: (а) диск текислигида "ёндан кўриниши"; (б) "уст кўриниши". (Ташқи томондан кўриниши- агар буни иложи бўлганида худди шундай кўринган бўлар эди!) (с) Сомон йўли галактикаси ичкари томонидан олинган инфрақизил тасвир- Галактика диски ва марказий дўнглик кўринган ҳолда. Бу СОВЕ сунъий йўлдошидан жуда катта бурчакда, осмоннинг деярли 3600 бурчакли қисмидан олинган тасвир. Оқ нуқталар қўшни юлдузлардир.

Бундан ташқари, агар биз тунги очик осмонни телескоп ёрдамида кузатсак, Сомон Йўлининг ичидаги ва ташқарисидаги юлдузлар "небула" (Лотин тилидан "булут") деб аталадиган ёруғ булутларни кўришимиз мумкин. Оддий кўз билан очик осмонни кузатганимизда, уларнинг кўпчилиги Андромеда ва Орион деб аталувчи юлдузлар туркумига кирувчи туманликларни кўришимиз мумкин. Баъзи юлдуз туркумлари ва гуруҳлари кўп сонли юдузлардан иборат булутга ўхшаб кўринади (3-расм). Бошқалари қизиган газ ёки чанг ва буларни биз асосан небула деб атаймиз.

3-расм. *Ҳеркулес юлдуз туркумида жойлашган шарсимон юлдуз кластери*



Энг ажойиб учинчи тоифага мансуб бўлганлар: улар кўпчилиги эллиптик шакига эга. Иммануэл Кант (1755 й.) уларнинг ҳира бўлиб кўринишининг сабабини бизнинг Галактикадан жуда олисда жойлашганлигида деб тушинтирган. Дастлаб, бу объектлар Галактикамиздан ташқаридаги (экстрагалактик) объектлар эканлиги ишонарли деб тан олинмади, лекин XX асрга келиб жуда катта диаметрли телескоплар барпо этилди ва улар ёрдамида экстрагалактик объектлар кузатила бошланди, ҳаттоки кўпгина юлдузларнинг бошқа, Галактикамиздан олисдаги спиралсимон галактикалардаги аниқ жойлашган ўринлари ва бошқа хусусиятлари аниқланди. Едвин Ҳаббл (1889-1953) 1920 йилларда Лос Ангелес ва Калифорния яқинидаги Вилсон тоғида жойлашган 2.5м ли телескоп ёрдамида кўпгина кузатувлар олиб борди. Ҳаббл ушбу объектлар ҳақиқатан ҳам Галактикамиздан ташқарида жойлашганини уларгача масофанинг жуда катталигидан келиб чиққан ҳолда исботлаб берди. Бизга энг яқин галактика бўлган Андромеда туманлигигача масофа 2 миллион ёй.га тенг, бу эса Галактикамиз ўлчамидан 20 баробар катта дегани. Мантиқан олиб қараганда бу туманлик бўлиб кўринишига қарамасдан, у ҳам Галактикамизга ўхшаш галактика бўлса ажаб эмас. Бугунги кунга келиб, коинотнинг кузатиш мумкин бўлган соҳасида тахминан 10^{11} та галактикалар мавжуд, бу дегани галактикалар сони тахминан битта галактикадаги юлдузлар сонига тенг (4-,5-расмларга қаранг).



*4-расм. Сарина юлдуз туркумида жойлашган газсимон туманлик.
Биздан тахминан 9000 ёй. узоқликда.*



5-расм. Галактикаларнинг расмлари, (а) Ҳидра юлдузлар туркумларидаги спирал галактикалар, (б) Иккита галактика: каттароқ ва драматикроғи машҳур Вирлпул галактикаси, (с) (б)даги галактиканинг инфрақизил ташвири ("ясама" рангларда берилган), бу Ерда спирал галактиканинг (б) расмда кўринмай қолган йэнглари ҳам кўрсатилган; ҳар ҳил ранглар ҳар ҳил интенсивеликларга тўғри келади. Кўринувчи нурлар галактикалараро "чанглар" да инфрақизил нурларга нисбатан кўпроқ ютилади ва сочилади, шунинг учун инфрақизил нурлар аниқроқ тасвир беради.

Одатий юлдузлардан ташқари галактикаларда, юлдуз кластерларида, галактикалар кластерларида ва суперкластерларда кўплаб қизиқарли объектлар ҳам мавжуд. Улар орасида қизил гигантлар, оқ миттилар, нейтрон юлдузлар, нова ва супернова деб аталувчи юлдузларнинг портлаши ва ҳаттоки ёруғлик ҳам чиқиб кетолмайдиган, гравитацияси кучли бўлган қора ўралар бизга маълум. Бундан ташқари, Ерда электромагнит тўлқинлар ҳам етиб келади, аммо улар нуқтавий ёруғлик манбаларидан чиқмайди: айниқса муҳим томони шундаки, микротўлқинли нурланиш фони коинотнинг барча йўналишларида бир ҳил.

Ниҳоят, узоқ галактикалар марказларида ўта ёрқин нуқтавий ёруғлик манбалар бўлган фаол галактика ядролари (ФГЯ) ҳам мавжуд. ФГЯларнинг энг таъсирчан кўриниши ёрқинлиги катта бўлган квазарлардир ("квазиюлдуз" ёки "юлдузга ўхшаш объектлар"). Уларнинг ёруғликлари галактика марказларида жойлашган гигант қора ўралар орқали ўтиб келади.

Юлдузларнинг температураси. Юлдузларни нурланиши унинг атмосфера қатламларидан чиқади ва уни ўлчашга асосланиб топилган температура ана шу атмосфера қатламларининг температураси бўлади. Юлдузлар температурасини ўлчашнинг бир неча усуллари мавжуд, улар юлдуз спектрида энергияни тақсимланишини ва юлдуз чизиқлар интенсивлигини ёки тўла энергияни ўлчашга асосланган.

Кўлланилаётган усулга кўра ҳисоблаб топилаётган температура ҳар ҳил ном билан юритилади. Ҳар ҳил усул билан ўлчанаётган юлдуз температураси биров фарқ қилади. Бунинг сабаби улар юлдуз нурланишининг ҳар ҳил

соҳаларини ифодалайди. Шу усулларга қисқача тўхталиб ўтайлик²⁰.

а) тўла энергияни ўлчаши йўли билан T-ни ҳисоблаш. Бу усулни бурчакий диаметри маълум бўлган юлдузларга қўллаш мумкин ва у юлдузий болометрик катталикни ўлчашни талаб қилади. Бундай усул билан топилган температура эффектив температура деб аталади ва у тўла энергияси юлдузникидек бўлган абсолют қора жисмни температурасини кўрсатади $L=4\pi r^2 \cdot E$ -юлдузнинг ёрқинлиги, E-юлдуз нури масалан, Ерда осил қилаётган ёритилганлик, r-юлдузнинг Ердан узоқлиги. $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T_e^b$ - радиуси (R) юлдузникидек бўлган абсолют қора жисмни ёрқинлиги, T_e -унинг температураси. Уларни тенглаштириб температурани топамиз $T_e=642.3$

$$4 \sqrt{\frac{E}{\sigma \theta^2}}; \theta=206265 \frac{2R}{r}$$

юлдузнинг бурчакий секундларда ифодаланган

диаметри. Шундай муносабатни Қуёш учун ҳам ёзиш мумкин. Қуёшнинг $T_e=5700^\circ$ ва $m_b=-26^m.85$ лигини иқобга олсак, у юлда m_b - болометрик юлдузий катталikka эга юлдузнинг эффектив температураси

$$\lg T_e=2.718-0.1m_b -0.5\lg \theta$$

формула ёрдамида ҳисобланиши мумкин. Бу усулни θ си маълум бўлган 100 га яқин юлдузларга қўллаш мумкин.

б) спектрида энергияни тақсимланишини ўлчаши йўли билан T-ни аниқлаш. Бу усул ҳам юлдуз спектрида энергияни тақсимланиши абсолют қора жисмники сингари бўла деган фаразга асосланади. Маълумки абсолют қора жисм спектрида энергияни тақсимланиши Планк формуласи ёрдамида ифодаланиши мумкин. Бу усул бир неча усулчаларга ажралади.

1) Вин силжиши қонунига асосан ҳисоблаш. Вин силжиш қонуни ёриткич спектрида энергия максимумининг тўлқин узунлиги билан температура (T_e) орасидаги брјланишни ифодалайди ва ундан фойдаланиб $T_p = \frac{0.29}{\lambda_{\max}}$ К ни

топамиз; бу ерда λ_{\max} - спектрда интенсивлик $I_\lambda(T)$ максимуми тўғри келадиган тўлқин узунлик, см ларда. Бу усулни қизил юлдузларга қўллаш мумкин. T_e - ранг температураси.

2) ранг кўрсаткичини ўлчаши асосида T_e ҳисоблаш. Агар юлдузнинг ёруғлиги унинг спектрини икки қисмда (масалан V (визуал) ва B (кўк)) ўлчанган бўлса у ҳолда температура

$$T_p = \frac{7920}{(B - V) + 0^m.72}$$

формула ёрдамида ҳисобланиши мумкин. Бундай усул билан ўлчанган T ҳам ранг температура дейилади.

3) Спектрал чизиқлар интенсивлигини ўлчаши йўли билан T-ни аниқлаш. Бирорта кимёвий элемент атомлари ёки ионларнинг кўплаб чизиқлари юлдуз спектрида бўлса у ҳолда атомларни уйғонган ҳолатлар бўйича

²⁰James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

тақсимланишини топиш мумкин. Больцман ёки Саха формулалари термодинамик мувозанатда уйғонган ҳолатлар (сатҳлар) бўйича атомларни тақсимланишини ифодалайди ва бу тақсимланиш ҳолатни уйғониш потенциали (χ) ва муҳитни температурасига (Т) боғлиқ.

$$\frac{N_n}{N_1} = \frac{g_n}{g_1} e^{-\frac{\chi_1 - \chi_n}{kT}} . \quad \text{Больцман формуласи}$$

бу ерда g -энергетик сатҳини статистик вазни, N_1 ва N_n —биринчи ва n -нчи сатҳларда атомлар сони. Чизикларни интенсивлигини ўлчаб N топилади ва Больцман формуласига асосланиб Т-хисобланади. Бундай усул билан ҳисобланган Т-уйғониш температураси дейилади. Агар кимёвий элементни атомлари ва ионлари чизиклари юлдуз спектрида бўлса у ҳолда Больцман ва Саха формулалари ёрдамида температурани ва электрон концентрациясини ҳисоблаш мумкин. Бундай усул билан топилган Т – ионизация температураси дейилади.

Ҳар хил усуллар билан ҳисоблаб топилган Т лар бир бирига яқин бўлади ва юлдуз атмосферасининг температурасини кўрсатади. Юлдузларнинг температураси 1000 дан 50 000 К гача оралиққа тўғри келади, яъни юлдузларни энг паст ва юқори Т-лари 50 марта фарқ қилади, холос. Бундай усуллар билан ўлчанган температура юлдузнинг атмосфера қатламларининг температурасилигини унутмаслик керак. Температура юлдузнинг ички қатламларида бундан юқори бўлади.

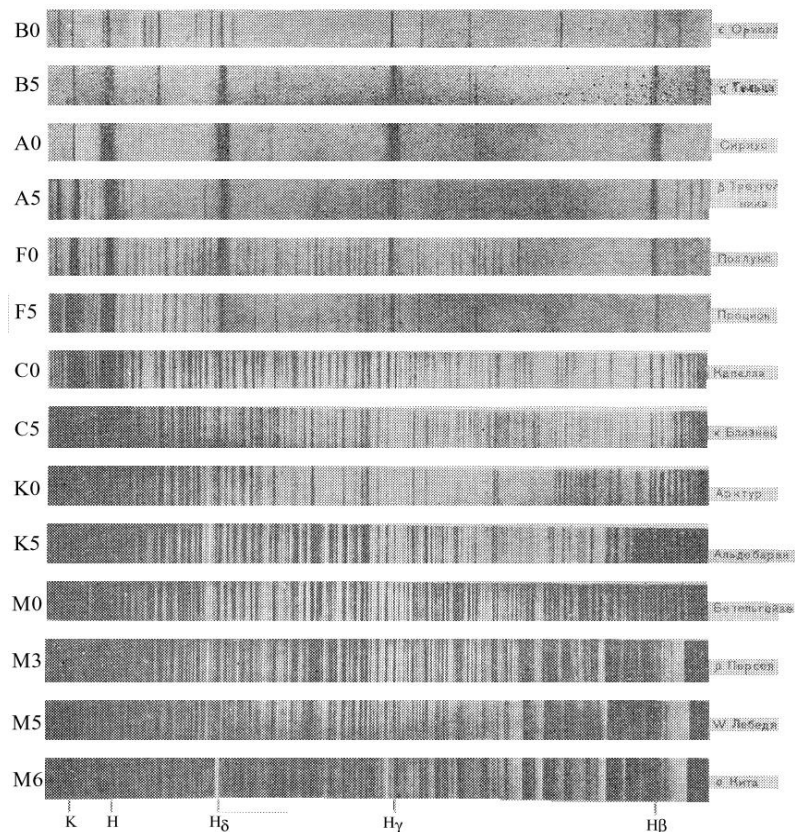
Ёрқинлик температура (Т) нинг тўртинчи даражасига боғлиқлигини ҳисобга олсак, юқорида топилган юлдузларнинг юза температуралар фарқи уларнинг ёрқинликларини $2.5 \cdot 10^5$ марта ўзгаришини таъминлайди. Демак L ни ўзгариш диапазони (10^{12})ни қоплаш учун R ни ўзгариш диапазони 10^5 мартадан кам бўлмаслиги зарур.

Юлдузлар спектри. Спектрал синфлаштириш. Кўплаб стационар юлдузлар спектрини таҳлил қилиб, улардаги чизиклар тўлқин узунлиги ва интенсивлиги ҳар хил эканлигига ишонч ҳосил қилиш мумкин. Чизикларни интенсивлигига кўра юлдузларни маълум кетма-кетликда жойлаштириш ёки спектрал синфларга ажратиш мумкин. Бундай иш биринчи навбатда водород ($H_\alpha, H_\beta, H_\gamma, H_\delta$) ва гелий ($\lambda\lambda 5875 \text{ \AA}, 6678 \text{ \AA}$) ва кейин метал ионлари (Н ва К Са II) атомлари (D_1, D_2, Na), молекулалар чизикларига нисбатан АҚШнинг Гарвард университетида бажарилган ва у гарвард спектрал синфлаштириш деб аталади. 1918-24 йилларда эълон қилинган ва Генри Дрепер (HD) каталоги деб аталадиган 9 томлик жадвалда 225330 юлдузни спектрал синфи белгиланган. Ҳозирги кунга келиб жами 500 000 дан ортиқ юлдузни спектрал синфи аниқланган. Спектрал синфлар латин алифбосининг бош ҳафлари билан белгиланади: О, В, А, F, G^c , К, M^s , (L, T). Бу ҳарфлар кетма-кетлигини

эслаб қолиш учун гарвард университети талабалар шундай ҳазил ўйлаб топишган: Oh, BeAFineGirlKissMe²¹.

О-синфга мансуб юлдузлар спектрида гелий иони (He II) ва оқори даражада ионланган азот (N III λ 4514 Å, N IV λ 3479 Å), углерод (C III λ 4647 Å) кислород (O III λ 3700 Å, O IV λ 3385 Å) чизиқлари кўринади.

В-синфга мансуб юлдузлар спектрида нейтрал гелий (He I λ 5875 Å) ва пастан даражада ионланган азот (N III λ 6578 Å, λ 4267 Å), углерод (C III λ 6578 Å, λ 4267 Å), кислород (O III λ 4649 Å, λ 4119 Å) ваводород атомичизиқлари (H α λ 6563 Å, H β λ 4861 Å, H γ λ 4340 Å) кузатилади.



Расм- 6. Хар спектрал синфга мансуб юлдузларнинг синфи

А-синф, водород атоми чизиқлари (H α λ 6563 Å, H β λ 4861 Å, H γ λ 4330 Å) энг интенсив кўринади. Сумбуланинг α -си спектрида водород атоми чизиқлари H α , H β , H γ , H δ ва іакозо энг интенсив, гелий чизиқлари йўқолган.

F- интенсив водород Сириус (α CM) чизиқлари H α , H β . . . билан биргаликда металл ионлари (Ca II λ 3934 Å, 3956 Å) чизиқлари кўринади. Процион (α CMi) мисол бселаолади.

G- асосий чизиқлар металллар (Na, Mg, Fe, Ca) ники водород чизиқлари іам кўринади, бироқ анча хиралашган. Куёш G-синфга мансуб.

K-кальций иони (Ca II) чизиқлари ва металллар чизиқлари (G тасма λ 4305 Å да λ 4315 Å) яққол кўринади, молекулалар (TiO)

²¹Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

чизиклариватасмаларикўринадобошлайди. Алдебаран (Саврнинг α -си, α Tau) мисол бўлаолади.

M-молекулалар (T_i , O_1 , C_2 , CN) тасмалар ва чизиклар орасида T_i O тасмалари ажралиб туради. Бетелгейзе (Орионнинг α -си, α Ori) мисол бўлаолади.

L- синфга мансуб юлдузлар спектрида ишқор металллар (Li, Na, K, Cs) чизиклари кузатилади.

T-синфга кирадиган юлдузлар спектрида метан (NH_4) ва ишқор металллар чизиклари кўрилади.

Охирги иккита синф (L, T) яқинда (2000 й.) кашф этилди. Гдан бошланган C-синф спектрида углерод (C_2 , CN) молекулалари чизиклари айниқса ажралиб тургани учун бундай юлдузлар углеродли деб аталади. Шунингдек K-синф ёнида жойлашган S-синф спектрида цирконий, иттирий ва лантан оксидлари чизиклари кўрилади²².

Юлдузларнинг физик кўрсаткичларини яна ҳам аниқроқ белгилаш мақсадида спектрал синфлар кетма-кетлиги келтирилади, асосий синфлар ораси сента оралиқ синфга ажратилади: O5, O6, O7, O8, O9, B0, B1, B2, . . . , B8, B9, A0, A1, . . . A8, A9, J0, . . . ва ҳакозо.

б) Гарвард спектрал синфлаштиришнинг физик асослари.

Спектрал синфлардаги чизиклар турли туманлиги юлдузларнинг кимёвий таркиби ҳар хил экан деган ҳулосага олиб келмаслиги керак. Чунки чизикни ҳосил бўлиши муҳитни температурасига боғлиқ. Юлдуз спектрида у ёки бу атом чизикларини кўринишини зарур шарти юлдуз атмосферасида шу элемент атомларини мавжудлиги бўлса, етарли шарти атмосферада температура шароити атомларни уйғонган ҳолатга ўтказиш учун етарли бўлиши керак. Демак спектрал кетма-кетлик асосида температуралар ҳар хиллиги ётади. Атомларни уйғонган ҳолатлар бўйича тақсимланиши Болцман ва Саха формулалари билан ифодаланади. Ҳар бир кимёвий элементни кўпчилик атомлари маълум температурада (T_y) уйғон ҳолатларга ўтади. Агар $T > T_y$ бўлса атомлар ионланади ва бу чизикни ҳосил қилишда иштирок этаётган атомлар сонини камайишига олиб келади. Ёки $T < T_y$ бўлса бу ҳолда ҳам шу чизикни ҳосил қилишда иштирок этадиган атомлар сони кам бўлади. Водороднинг кўпчилик атомларини уйғонган ҳолатларга ($\chi = 10$ эВ) ўтказиш учун $T_y = 10^4$ К бўлиши керак.

Бундай шароит A синфга мансуб юлдузларда мавжуд. Агар температура $T > 10^4$ (B синф) ёки $T < 10^4$ (F синф) бўлса водород чизиклари H_α , H_β , H_γ , H_δ –лар интенсивлиги $T = 10^4$ (A-синф) даги қарагандан кам бўлади, бундай фарқ температура айирмаси $|T - T_y|$ ортган сари кучайиб бораверади ва у маълум даражага $5 \cdot 10^3$ ° етгач водород чизиклари умуман кўринмайди. Гелий атомларини уйғониш потенциал $\chi > 20$ эВ, яъни водородникидан икки марта катта, демак гелий атоми чизиклари ҳосил бўлиши учун $T \approx 20 \cdot 10^4$ бўлиши керак. Бундай шароит B синфга мансуб юлдузларда мавжуд. A –синф юлдузларида температура гелий атомларини уйғонган ҳолатларга ўтказиш

²²James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

учун етарли эмас. Шунинг учун уларда гелий чизиклари кучсиз. К, М-синф юлдузларида температура анча паст (4500-3500 К) ва молекулалар ҳосил бўлиши учун шароит етарли.

Шундай қилиб, ҳар бир кимёвий элемент атомлари чизиклари маълум температурадаги (синфдаги) юлдузларда максимал интенсивликка эга бўлади. Бу синфдан чап ёки ўнг томонда жойлашган синфларда интенсивлик камая боради. Спектрал синфлар чизикларни интенсивлиги бўйича белгиланади. Температурани аниқлаш учун оралиқ синфлар киритилган. А билан В ораси ўнта оралиқ синфга бўлинган.

Агар юлдузни спектри олинган бўлса, уни спектрал синфини ва температураси (Т) ни аниқлаш мумкин. Бундай йўл билан аниқланган Т туташ спектрда энергияни тақсимланиши ёки ранг кўрсатқичи (В-У) бўйича аниқланган температурага мос келиши исботланган. Шунинг учун спектрал синфлар ўрнида T_e ёки В-У қўлланилади. Жадвал 1 да бош кетма-кетлик спектрал синф, T_e ва В-У келтирилган.

1-жадвал

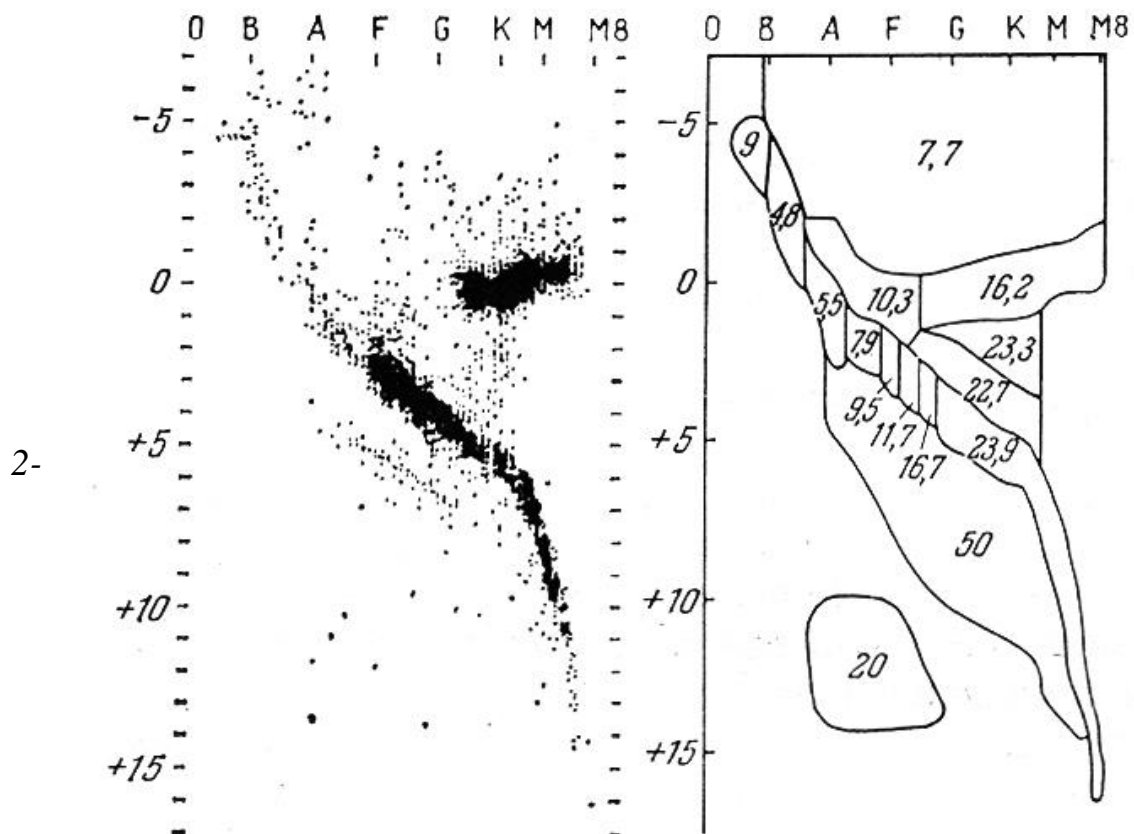
	O5	B0	A0	F0	G0	K0	M0	L	T
T_e	40 000	28 000	9900	7400	6030	4900	3480	1700	1300
В-У	-0.33	-0.31	0.00	0.27	0.57	0.89	1.45	(3)	(5)

в) Герцшпрунг-Рассел диаграммаси

XXаср бошларига чабир неча юз юлдуз нузоқлиги (йиллик параллакси) ўлчанади ва абсолют катталиги (М) ҳисоблаб топилади. Шунингдек уларнинг спектрал синфлари ҳам аниқланади. 1905 – 1913 йилларда даниялик Э. Герцшпрунг (1873-1967) ва америкалик Г.Н. Рассел (1877-1957) бир бирига боғлиқ бўлмаган ҳолда юлдузлар диаграммасини туздилар. Улар ордината ўқи бўйлаб юлдузларнинг абсолют катталиклари ва абсцисса ўқи бўйлаб спектрал синфларини қўйдилар. Бундай диаграммада ҳар бир юлдуз битта нуқта сифатида ўрин эгаллайди. “Герцшпрунг-Рассел диаграмма” синоми билан фанга кирган, бу диаграмма 2-расмда тасвирланган²³.

Диаграммада юлдузлар маълум тартибда жойлашадилар. Кўпчилик (90%) юлдузлар диаграммани юқори чап томонидан бошланиб ўнг паст томонига чўзилган ингичка соҳада жойлашадилар. Бу юлдузларни бош кетма-кетлиги дейилади. Диаграммани ўртасидан биров чапроқ ва юқорироқда бир тўда юлдузлар ўрин эгаллайдилар. Улар гигант юлдузлар деб аталади, чунки улар бош кетма-кетликдаги шундай спектрал синфдаги карлик (хира) юлдузлардан юзлаб марта ёркиндирлар ва бу уларнинг радиуси ўнлаб марта катталиги билан боғлиқ. Диаграммани юқори қисмидан яна ҳам катта (10^4 марта) ёркинликка эга юлдузлар ўрин оладилар. Бундай юлдузлар ўта гигант деб аталади ва улар камчиликни ташкил этади.

²³Arnab Rai Choudhuri, *Astrophysics for Physics*, Cambridge University Press, 2010, 471 p.



расм-7. Гершпрунг-Рассел диаграммаси ва айрим юлдузлар гуруҳларининг фазовий ҳаракат тезликлари

Диаграммани пастки чап ярим қисмида қайноқ бироқ шундай температурадаги бош кетма-кетлик юлдузларидан юзлаб минглаб марта кам ёрқинликка эга юлдузлар жойлашадилар. Бу юлдузлар бош кетма-кетлик юлдузларидан ўнлаб марта кичик бўлганликлари учун оқ миттилар деб аталаганлар.

Карлик юлдузлар спектрал синфи олдида кичик d (dwarf), субкарликлар-sd, гигантлар-g, ўта гигантлар-sg ёки харф қўйиб белгиланганлар. Масалан, сА ёки sgA-A синфга мансуб ўтагигант, gG-G синфга кирувчи гигант, sdM-M синфга кирувчи суб карлик, dG-G синфга кирувчи бош кетма-кетлик юлдузи ва wA-A синфга кирувчи оқ миттилар. Бундай ажратишда спектрал чизиқларни кенглиги ва интенсивлиги асос қилиб олинган. Бу белгилар олдин чиққан жадваллар ва китобларда учрайди. Ҳозирги замонда улар қўлланилмайди. Улар ўрнида рим рақамлари I, II, III, IV, V, VI, VII билан ифодаланадиган ёрқинлик синфлари қўлланилади.

Юлдузларни айланиши ва магнит майдони. Қуёш ўз ўқи атрофида айланади ва унинг айланиш тезлиги экваторида 2 км/с. Қуёшнинг умумий магнит майдони кучланганлиги 0.5 гс га тенг ва у ўзгарувчан (22 йиллик цикл)дир. Юлдузлар ҳам ўз атрофида айлананиши ва унинг тезлигига мос равишда кучланганликка эга ўзгарувчан магнит майдон ҳосил қилиб туриши керак. Агар юлдуз ўз атрофида айланаётган бўлса унинг бир чети бизга томон ҳаракат қилса қарама-қариши биздан узоклашадиган ҳаракат қилади. Демак

юлдузнинг бутун гардиши бўйича йиғинди нурланиш спектрида чизиқлар доплер эффекти туфайли кенгайган бўлади. Шунинг учун бир хил синфга мансуб иккита юлдуз чизиқлари фарқи уларни ўқ атрофида айланиши ва магнит майдони билан боғлиқ бўлиши мумкин. Ҳақиқатдан чизиқлар профилини ўрганиш шуни кўрсатдики, O5-F0 синфга мансуб бош кетма-кетлик юлдузлари ўқ атрофида айланиши экваторида 300-400 км/с га етиши мумкин. F5-M синфга мансуб юлдузларники 10 км/с дан ошмайди. ўтагигант ва гигант O-F юлдузлар бош кетма-кетлик юлдузларига нисбатан секин айлансалар, G-M юлдузлар тез (100 км/с гача) айланадилар²⁴.

Ҳозирги замон усуллари юлдузлар магнит майдони кучланганлиги $H > 200$ гс бўлса ўлчай оладилар. Юздан юлдуз магнит майдонга эга эканлиги аниқлаган.

4.2 Гравитацион коллапс

Қисқа вақт (1-2 кун) ичида ёруғлигини минглаб ёки миллионлаб марта ошириб юборадиган, унгача ҳеч қандай кўрсаткичи билан кўзга ташланмаган, чакнаш пайтида эса атрофидаги юлдузлар орасида яққол кўринадиган юлдуз янги ёки ўтаянги юлдуз деб аталади. Маълум вақт давомида (ўнлаб йиллар) янги олдинги ҳолатига қайтади, ўтаянги ўрнида эса нейтрон юлдуз ҳосил бўлади. Янги ва ўтаянги ҳодисаси нафақат ёруғликни ўзгариши билангина фарқ қилмай балки, улар юлдуз фаолиятида бутунлай бошқа-бошқа жараёнлардирлар. Юлдуз бир неча марта янги сифатида чакнаши мумкин, бироқ бир марта ўтаянги сифатида чакнайди. Янги юлдузлар қатори чакновчи митти юлдузларга уланиб кетади.

Бироқ уларни ҳосил қиладиган юлдузлар зич қўшалок бўлиши таъкидланмоқда.

а) янги юлдузлар. O ва B синфга мансуб ҳаво ранг карлик чакнаш сифатида кўринадиган бундай юлдузларни икки гуруҳга бўлиш мумкин. Биринчи гуруҳга жуда тез ва тез янгилар киради, уларнинг сўниш фазасида ёруғлигини ўзгариш эгриси нисбатан текис бўлиб (3-расм) максимумида абсолют визуал катталиги $M_V = -8 \div -14^m$ ораликда бўлади. Ёруғлигини ўзгариш амплитудаси $A = 11.9^m$ гача етади. Иккинчи гуруҳга паст даражада тез ва жуда секин янгилар киради. Уларнинг ёруғлик эгриси силлиқ бўлмай ички тузилишга эга ва ҳар хил янгиларники бир-бирига ўхшамайди. Бундай янгиларнинг абсолют визуал катталиги $M_V = -6 \div -7^m$ ораликда, ёруғлигини ўзгариш амплитудаси $A = 9.2^m$. Янгилар бошқа галактикаларда ҳам кузатилади²⁵. Масалан, Андромеда туманлиги (M 31)да 300 яқин янги қайд қилинган. Андромеда туманлигида ва бизнинг Галактикада (~200 та) янгилар юлдуз тизимнинг асосий текислиги яқинида, тизим маркази томон зичлашиб борадиган ҳолда кузатиладилар. Янгининг максимумида абсолют визуал катталиги ($M_{V, \max}$) билан уни уч бирликка камайиши учун кетган вақт (t_3) орасида қуйидаги статистик боғланиш топилган:

²⁴ Бочкарев Н.Г.б Магнитные поля в космосе, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 216 с.

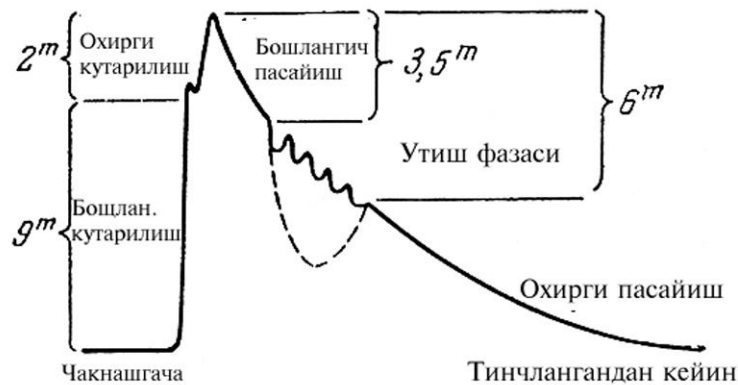
²⁵ Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.

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

1975 й. Окқушда кузатилган янги учун $t_3 = 4.1^d$ ва $M_{V,\max} = -10.2^m$. Кўпчилик обсерваториялар иштирокида ўтказиладиган махсус кузатишларда Андромеда туманлигида бир йилда 26 та янги қайд қилинди.

Янгиларни инфрақизил (ИК) нурларда кузатишга кўра айрим янгиларнинг ИК ёруғ оптик максимумдан кейин камайиш ўрнига ортиш кўрсатади. Мисол учун 1976 й.да чакнаган NQVal янгининг ИК ($\lambda = 3.2$ мкм) ёруғлиги 80 кун ичида 3^m бирликка ортди. Бу янги атрофида ҳосил бўлган ($T = 1000^\circ$) улкан чанг қобуғ билан боғлиқ.

Чакнаш пайтида максимумгача янгининг спектри ўтагигантга хос хусусиятлари кучая борадиган нормал юлдуз спектридан иборат. Бу хусусиятлар спектрал чизикларни жуда ингичкалашиб ва кескинлаша бориб намоён бўлади. Бу ютилиш чизиклари спектрни бинафша қисми томон силжиган ва бу силжиш кузатувчи томон йўналган бирнеча юз км/с тезликдаги ҳаракатга мос келади.



8-расм. Янги юлдуз ёруғлигини ўзгариш чизиги шакли.

Максимумдан кейин спектрда кескин ўзгаришлар рўй беради: қисқа тўлқинли томонига абсорбцион (ютилиш) чизиклар ёпишиб турган кўплаб эмиссион полоса (тасма)лар пайдо бўлади. Абсорбцион чизикларга энди 1000 км/с дан ортиқ ҳаракат мос келади. Максимумдан кейин, янги ёруғлиги 5-6^m бирликкача камайгач туташ спектр жуда хира, юлдузнинг спектри қайноқ газ спектрига ўхшаш эмиссион чизиклардан иборат. Бу пайтда янги спектри Вольф-Райе юлдузлариникига ўхшайди; чакнашнинг охириги брскичида эмиссион чизиклар йўқолади ва янги ёруғлигини пасайишига мос келадиган туташ спектрга эга бўлиб қолади.

Максимумдан кейин янги спектрини Вольф-Райе юлдузлар спектрига ўхшашлиги уларга қобуғи тез (1500 км/с гача) кенгаяётган юдуз статусини беришга имкон беради. Максимумдан кейин янги спектрида H, CaII, Ni, FeII, TiII, OI ва Si абсорбцион чизиклари кузатилади. Бу янгининг бош ютилиш спектридир. Булардан ташқари спектрда таъқиқланган чизиклар [OI] $\lambda\lambda 5577, 6300, 6363$, [NII] $\lambda 5755$ шунингдек кучайган HeI $\lambda 5876$ чизик куринади. Бош спектр-диффуз-чақмоқ спектрга айланади (чизиклар кенг, ёйиқ v_H 1500 км/с).

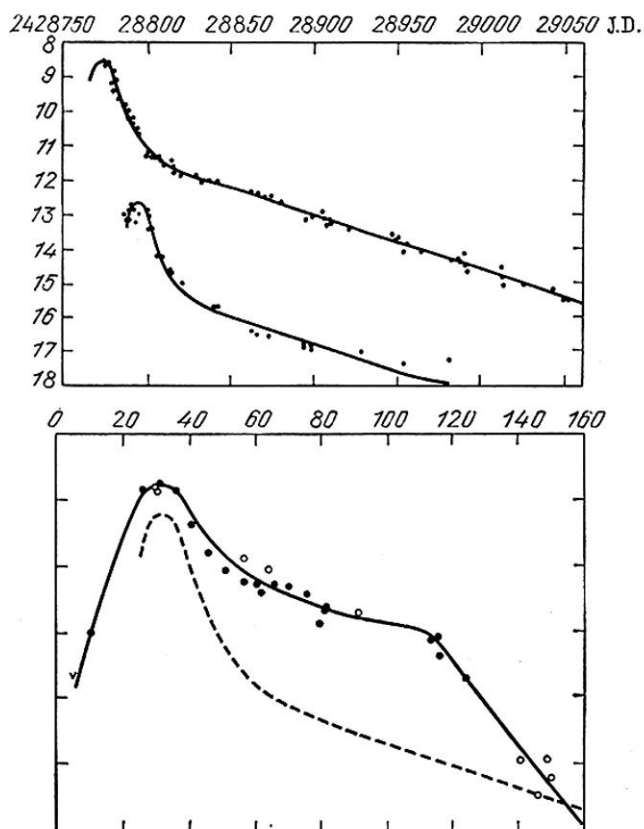
Ягини ёруғлиги 3.5^m бирликка пасайгач ягини ютилиш спектри В синфга мансуб юлдузларникига ўхшайди. Бундан кейин юлдуз ўтиш фазасига тушади: бунда ёки юлдуз ёруғлиги кичик тебранишлар кўрсата бошлайди ёки 5^m бирликка кескин пасайиб кетади. Бундан бирнеча ҳафта кейин юлдуз ёруғлиги олдинги умумий пасайиш даражасигача кўтарилади ва ягини сўниши давом этади. Спектрда ютилиш чизиқлари йўқолади, фақт кенг эмиссион чизиқлар қолади. Янги бу фазаси небуляр (туманликка ўхшаш) фаза деб аталади ва у янги чакнашдан аввалиги даражага тушгунча давом этади.

Янги ёруғлиги ва спектрини ўзгаришини “юлдуз шишади ва ёрилади” деб тушунтириш мумкин. Ҳақиқатдан чакнаш бошланишида унинг ёруғлигини ортиши ва спектрини дярли ўзгармаслигини унинг радиусини катталашини ёки юлдузни етарли даражада қалин ($r \gg 1$) қобуғ қатламини кенгайиши билан тушунтириш мумкин. Юлдуз диаметри Қуёшникидан бир неча юз марта катталашгач, қобуғ юпқалашади ва бир неча булутсимон бўлақларга бўлиниб кетади. Бу бўлақлар юлдуздан барча томонга ўзоқлаша бошлайдилар. Юлдуздан кетма-кет бир неча қобуғ қатламлар узилиб чиқади ва кеняди. Юлдуз атрофида туманлик ҳосил бўлади. Чакнаш натижасида янги юлдузнинг 10^{-4} – $10^{-5}m_{\odot}$ массаси фазога улоқтириб юборилади, ёки унинг атрофида газ туманлик ҳосил бўлади.

Айрим янгилар зич қўшалок эканлиги аниқланган. Мисол учун Геркулес юлдуз туркумида 1934 й. да чакнаган янги NHer 1934 тўсилма қўшалок бўлиб ёруғлигини ўзгариш амплитудаси 2^m бирлик даври $4^h 39^m$ –қисқа. Шундай кўрсаткичга эга янгилар T-Aur ($B=4^h 54^m$), V603 Aql ($3^h 20^m$). Бу янгиларни массаси кам деган хулосага олиб келади: $m=(0.87 \pm 0.33)m_{\odot}$

б) Ўтаянги (SN) юлдузлар. ўтаянги (SN) чакнаши натижасида ажралиб чиқадиган энергия бутун бир галактика сочаётган энергияга яқин бўлади. 1885 йилда Андромеда туманлигида кузатилган N5 6^m юлдузий катталикка эга бўлган. Солиштириш учун Андромеда туманлиги йиғма ёруғлиги 4.4^m . Масимумда SN ларни абсолют катталиги ўртача $M_V=-15^m$, яъни янгиларникидан 7^m бирликка юқори. Айрим ўтаянгилар максимумда $M_V=-20^m$ га етади бу Қуёшникидан 10 млрд. марта ортиқ демакдир. Бизнинг Галактикада охири 1000 йил ичида уч марта (1054 й. да Саврда, 1572 й. да Кассиопеяда, 1604 й. да Илонэлтувчида) SN чакнаган. 1670 йилда Кассеопеяда чакнаган ўтаянги тасодифан қайд қилинмаган. Ҳозир бу юлдуз атрофида газ туманлик кузатилади ва кучли радионурланиш (CasA) сочилади²⁶.

²⁶T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume II, Cambridge University Press, 2010.



9-расм. SNI(a) ва SNII(b) турдаги ўта янгиларни ёруғлигини ўзгариши чизиги.

Бошқа галактикаларда кўплаб SN кузатилган. ўртача ҳар бир галактикада 200 йилда битта SN чакнайди. 1957-61 йилларда ўтказилган махсус халқаро патрул натижасида 42 ўтаянги кашф этилди. Ҳозиргача ўтаянгилар сони 500 дан ошди.

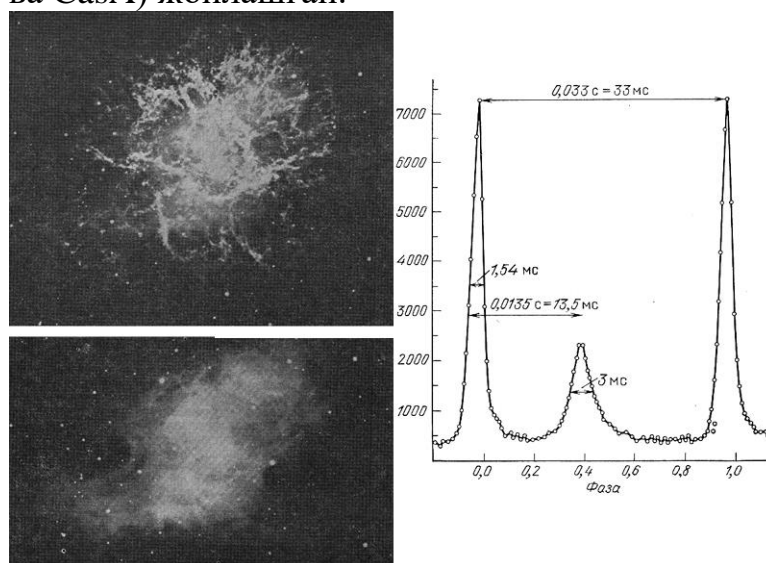
Ёруғлигини ўзгариш эгрисига кўра SN ларни икки турга бўлиш мумкин: SNI ва SNII. SNI-максимуми тез (бир ҳавта) ўтади ва ундан кейинги 25 кун ичида ёруғлиги кунига 0.1^m дан камая боради. Шундан кейин ёруғлигини пасайиши секинлашади (4 расм) ва шу тарзда то юлдуз қайд қилиб бўлмайдиган даражагача хиралашгунча бир хил сурат кунига (0.014^m дан) билан сўнади. SN ни ёруғлиги экспоненциал тарзда 55 кунда икки марта камая боради. Савр юлдуз туркумида 1054 йилда чакнаган юлдуз максимумида $m_v = -5^m$ катталиқка етган ва бир ой давомида кундузи кўринган, у кечаси 2 йил давомида телескопсиз оддий кўзга кўриниб турган. SNI максимумда $M_{pg} = -19^m$, ёруғлигини ўзгариш амплитудаси $A = -20^m$.

SNII-нинг ёркинлиги пастроқ: максимумда $M_{pg} = -17^m$, (A-номаълум) ва шу даражада бир неча вақт (20 кун) туради. Ундан 100 кун кейин ҳар 20 кунда 1^m бирликка камая боради (4 расмда б). SN лар галактика текислиги чегаралари яқинида кузатилади. SNI-ихтиёрий шаклдаги галактикаларда, SNII-фақат спирал галактикаларда кузатилади.

SNI спектри янгиларникидан бутунлай фарқ қилади. Спектридаги кенг эмиссион тасмалар ҳеч бир элемент атоми чизикларга мос келмагандан бу тасмалар чизик эмас балки туташ спектр соҳаларидир. Уларни ажратиб турувчи қора соҳалар кенгайган ва силжиган ютилиш чизиклари деган

хулосага келинди (Э.Р. Мустел, Ю.П. Псковский, Россия). Бу қора тасмаларни текшириш натижасида SNI пайтида юлдуздан массаси 0.3 m_{\odot} бўлган қобуғ ажралади ва 15 000 км/с тезлик билан кенгая бошлайди. Тезликлар кенг ораликни эгаллайди. Қобуғ бўлақларга ажралиб кетган. SNI-спектри оддий янги юлдузлар спектрига ўхшаш: қисқа тўлқинли томонига ютилиш чизиғи ёпишиб турган кенг эмиссион тасмалардан иборат. Водород чизиқлари интенсив. SNI-водороди ёниб тутаган юлдузлардир. SNI-эса ёш юлдузлардир²⁷.

SN чакнаши натижасида чакнаган юлдуз атрофида газ туманлик ҳосил бўлади. SN 1054 -ўрнида Қисқичбақасимон туманлик сифатида кўринади. SN 1054 ва SN 1572 (Кассиопея) ўрнида ҳозирги кунда кучли радионурланиш манбалари (TauA ва CasA) жойлашган.



10-расм. Қисқичбақасимон туманлик ва унинг ичида кузатиладиган пульсарнинг интенсивлигини ўзгариш чизиғи.

Қисқичбақасимон туманлик 16^m катталиқдаги ичида қўшалок юлдуз жойлашган. Юлдузларни бари қуйи спектрал синфга мансуб иккинчиси эса жуда қайноқ, кучли ультрабинафша ранг ортиқликка эга юлдуз. Бу юлдуз радио ва рентген диапазонларда импульслар тариқасида нурланиш сочади. Импульслар оралиғи –даври 0.033 сек. Бу нейтрон юлдуз бўлиб ўқ атрофида тез айланиши (секундига 33 марта) натижасида пульсар сифатида кўринади. NR 0532 рақам билан рўйхатга олинган бу пульсарни даври систематик равишда ортиб бормоқда (айланиш тезлиги камаймоқда): 2500 йилда 2.7 марта. Бундай секинлашув энергияни 10^{38} эрг/с га камайишини кўрсатади. (Расм-5).

4.3 Чандрасекар чегараси

Юлдузларнинг физик характеристикаларини, ички тузилишини ва кимёвий таркибини вақт бўйича ўзгариши юлдуз эволюцияси ёки ривожланиш жараёнида ўзгариши деб аталади. Стационар ҳолатдаги юлдузбу гидростатик (гравитацион куч ички босим кучига тенг) ва энергетик (атрофга сочилаётган нурий энергия юлдуз ўзагида

²⁷Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

ажралаётган энергияга тенг) мувозанатдаги газ (плазма) шар. Юлдузни «туғилиши» бу атроф фазога сочилаётган энергиясини ўзининг ички энергия манбаи ҳисобига тўлдириб турувчи гидростатик мувозанатдаги объектнинг ҳосил бўлишидир. Юлдузни «ўлиши» бу тикланмайдиган мувозанатни бузилиши ёки уни ҳалокатли ҳолатда сиқилишидир²⁸.

Юлдуз сиртидан энергия сочилиши унинг ички қатламларини совиши, уни сиқилиши натижасида ажралиб чиқаётган гравитацион потенциал энергия ёки ядро реакциялар ҳисобига рўй бериши мумкин. Совиш ва гравитацион сиқилиш, масалан, Қуёшни 10 миллион йил ҳозирги кундагидек нурланиш сочиб туриши учун етади. Ҳолбуки, Қуёш билан бирга ҳосил бўлган Ернинг ёши 4.5 миллиард йилга тенг, демак унинг энергияси сиқилиш энергияси эмас.

Юлдузнинг эволюцияси бошидан охиригача кузатиб бўлмайдиган жуда узоқ довом этадиган жараён. Шунинг учун, юлдуз эволюциясини текширишда ҳар хил массага эга юлдузларнинг ички тузилиши ва кимёвий таркибини вақт бўйича ўзгаришини намойиш этувчи эволюцион моделларни тузиш усули қўлланилади. Бу эволюцион моделлар кузатиш натижалари, масалан, ҳархил эволюция босқичидаги кўплаб юлдузларнинг ёрқинлиги билан температурасини боғловчи Гершпрунг-Рассел диаграммаси билан солиштирилади ва бу юлдуз эволюцион кетма-кетликда ўрнини аниқлашга ёрдам беради. Бу усул юлдуз тўдалари (тарқоқ ва шарсимон) учун қўлланилганда айниқса яхши натижа беради. Чунки тўда аъзолари бир вақтда бир хил кимёвий таркибдаги туманликдан ҳосил бўлганлар.

Юлдузларни эволюцион кетма-кетликлари уларнинг ичида массани, зичликни, температурани ва ёрқинликни ифодаловчи дифференциал тенгламаларни газларнинг ҳолат тенгласи, энергия ажралиш қонунлари, ички қатламларни нотиниқлигини ҳисоблаш формулалари ва бу қатламларнинг кимёвий таркибини вақт бўйича ўзгариш тенгламалари билан биргаликда ечилади.

а) юлдузларни ҳосил бўлишида гравитацион сиқилиш босқичи.

Энг кенг тарқалган қарашга кўра юлдузлар юлдузлараро муҳитдаги моддани конденсацияланиши натижасида ҳосил бўладилар. Бунинг учун юлдузлараро муҳит икки босқични ўтиши зарур: зич совуқ булут ва юқорирок темпертурадаги сийраклашган муҳит. Биринчи босқич юлдузлараро муҳитдаги магнит майдонда Релей-Тейлор нотурғунлиги туфайли рўй берса иккинчисига зич булут моддасини космик ва рентген нурлар томонидан ионлантириш натижасида рўй берган иссиқлик нотурғунлиги сабаб бўлади. ²ақиқатдан массаси $M = (10^5 - 10^6) M_{\odot}$ (M_{\odot} - Қуёш массаси) тенг, ўлчамлар 10 – 100 парсек, зарра концентрацияси $n = 10^8 \text{ м}^{-3}$ бўлган чанг+газ комплекслар кузатилади. Бундай комплекслар сиқилиши учун уларда зарраларнинг гравитацион боғланиш энергияси зарраларнинг иссиқлик ҳаракати, булутнинг яхлит ҳолда айланиш энергиялар йиғиндисидан ката бўлиши керак (Жинс критерияси). Агар фақат иссиқлик энергияси ҳисобга олинса Жинс критериясига кўра ҳосил бўлган булутнинг массаси

²⁸Arnab Rai Choudhuri, *Astrophysics for Physics*, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

$$M > M_j \cong 150 T^{2/3} n^{-1/2} M_{\odot},$$

бўлиши керак. Бу ерда T - келвинларда ҳисобланган температура, n – бир см^3 да зарра концентрацияси. Газ+чанг булутлар учун ҳозирги замонда аниқланган T ва n ларда уларнинг массаси $M > 10^3 M_{\odot}$ бўлиши керак²⁹.

Жинс критериясига кўра массаси ҳозир маълум бўлган ораликдаги ($0.01 - 100 M_{\odot}$) юлдуз ҳосил бўлиши учун сиқилаётган булутда $n = 10^3 - 10^6 \text{ см}^{-3}$ бўлиши керак. Бу газ+чанг булутларда кузатилаётгандан $10 - 100$ - марта кўп демакдир. Бироқ бундай зарралар концентрация булут ўзагида бўлиши мумкин. Демак массив булутда кетма-кет рўй берадиган бўлакларга ажралиш натижасида юлдуз ҳосил бўлиши мумкин. Бу юлдузлар тўда ҳолда пайдо бўлади, деган хулоса қилишга имкон беради.

Кейинчалик коллапс натижасида юлдузга айланадиган объект (булут бўлаги) протоюлдуз деб аталади. Бунда магнит майдонсиз ва айланмайдиган сферик симметрик протоюлдуз бирнеча босқичларни босиб ўтади. Даставвал биржинсли ва изотермик булут ўзининг иссиқлик нурланиши учун тиниқ ва коллапс энергия йўқотиш натижасида бошланади. Чанг газ зарраларини кинетик энергияси ҳисобига иссийбошлайди ва унда энергия иссиқлик узатувчанлик натижасида тарқалабошлайди ва протоюлдузни ташқи чегарасидан иссиқлик нурланиши сифатида фазога сочилади (энергия йўқотиш). Биржинсли булутда босим градиенти йўқ ва сиқилиш эркин тушиш сифатида бошланади. Сиқилиш бошланганданоқ булутда товуш тезлигида унинг марказга томон тарқаладиган сийраклашиш тўлқини ҳосил бўлади. Чунки коллапс зичлик юқори жойда тез, натижада протоюлдуз куюқ ўзакка ва кенг сийрак қобуққа ажралади. ўзакда зарра концентрацияси 10^{11} см^{-3} га етгач у ўзининг инфрақизил нурланиши учун нотиниқлашади. ўзакда ажралаётган энергия унинг сиртига нурий йўл билан чиқабошлайди. Температура адиабатик кўтарилабошлайди ва бу босимни кўтарилишига олиб келади ва ўзак гидростатик мувозанатга ўтади. Қобуқ моддаси ўзакка тушишини довом этади ва ўзак четида зарб тўлқини ҳосил бўлади. Бу пайтда ўзак параметрлари протоюлдуз массасига кам боғлиқ ва унинг массаси, радиуси, зичлиги, ва температураси куйидагича

$$M_{\dot{y}} = 5 * 10^{-3} M_{\odot}, \quad r_{\dot{y}} = 100 R_{\odot}, \quad \rho = 2 * 10^{-10} \text{ г/см}^3, \quad T = 200 \text{ К.}$$

Қобуғдан ўзакка модда тушиши (аккреция) натижасида унинг температураси 2000 К га етгунча адиабатик кўтарилади. Температура 2000 К га етгач водород молекулалари парчаланабошлайди ва адиабата кўсаткичи $4/3$ дан камаяди. Бу ҳолатда босимнинг ўзгариши гравитация кучларини енгишга етмайди. ўзак яна сиқилади (коллапс) ва унинг параметрлари энди куйидагича

$$M_{\dot{y}} = 5 * 10^{-3} M_{\odot}, \quad r_{\dot{y}} = 1 R_{\odot}, \quad \rho = 2 * 10^{-2} \text{ г/см}^3, \quad T = 2 * 10^4 \text{ К.}$$

Қобуғдан ўзакка модда аккрекцияси давом этади, температурани кўтарилиши давом этади. Энди ўзакда водородни ионланиши бошланади ва юқоридаги

²⁹Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.

Ўзакни қайта тузилиши рўй беради.

Ўзакниқобуғ ҳисобига катталашуви қобуғда модда тугагунча довом этади. Қобуғ моддасининг бир қисми юлдузнинг нурий босими таъсирида фазога тарқалиб кетади, ўзак ва қобуғдан иборат юлдузлар ИҚ нур манбаи сифатида кузатилади. Қобуғ оптик юпқа бўлгач протоюлдуз юлдуз мақомига эга объект сифатида кузатилади. Айрим массив юлдузларда қобуғ ўзакда ядро реакциялари бошлангунча қолади. Протюлдуз коллапси $10^5 - 10^6$ йил довом этади. ўзак томонидан ёритилаётган қобуғ қолдиқлари юлдуз шамоли тасирида тезлатилади. Бундай объектлар Хербиг - Аро объектлари деб аталади. Кам массадаги юлдузлар кўринабошлаганда улар Саврнинг Т – си сингари хусусиятларга эга бўлади.

Гидростатик мувозанатдаги кам массага эга юлдузлар ўзагидан энергия конвекция йўли билан чиқади. Массаси Қуёшниқининг учдан биридан кўп юлдузлар ўзагида нурий мувозанат қарор топади. Массаси уч Қуёш массасидан кўп юлдузлар ўзагида нурий мувозанат тезда шакилланади.

б) ядро реакциялари асосида юлдуз эволюцияси.

Дастлабки ядро реакциялар тахминан миллион К температурада дейтерий, литий ва бор иши билан бошланади. Бу элементларни дастлабки миқдори шу даражада кам уларнинг ёниши амалда протоюлдуз сиқилишини тўхтатаолмайди. Юлдуз марказида температура $\cong 10^7$ К га етганда ва водородни ёниши бошланганда уни гравитацион сиқилиши тўхтади. Чунки фақат водородни ёниш энергияси юлдуз фозога сочаётган энергияни тўлдириб туриш учун етарли. ўзагида водородни ёниши бошланган биржинсли юлдузлар Г-Д да дастлабки бош кетма-кетликни (БКК) ташкил қилади. Массив юлдузлар БКК га кам массалиларга қараганда тезроқ тушадилар. БКК га тушгандан бошлаб юлдуз эволюцияси ядроларни ёниши асосида (ядровий босқичлар жадвалда келтирилган) боради.

2-жадвал. Ядровий юлдуз эволюциясининг асосий босқичлар

Ядровий ёқилғи	Ёниш маҳсулоти	Ёниш температураси, К	Энергия чиқариш, эрг/г	Энергияни олиб кетувчи зарра	Довомийлиги, юлдуз ёши фоизларида
Н	He	$(1-3) \cdot 10^7$	$7 \cdot 10^{18}$	фотонлар	$\cong 90 \%$
He	С, О	$2 \cdot 10^8$	$7 \cdot 10^{17}$	фотонлар	≤ 10
С	Ne, Na,	$1 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{17}$	нейтрино	< 1
Ne	Mg	$1.3 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^{17}$	нейтрино	< 1
О	О, Mg	$1.8 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{17}$	нейтрино	< 1
Si	Si ÷ Ca Sc ÷ Ni	$3.4 \cdot 10^9$	$3.4 \cdot 10^{17}$	нейтрино	< 1
Ядровий ёқилғи	Ёниш маҳсулоти	Ёниш температураси, К	Энергия чиқариш, эрг/г	Энергияни олиб кетувчи зарра	Довомийлиги, юлдуз ёши фоизларида

Температура $\leq 18 \cdot 10^6$ бўлганда протон-протон цикли, ундан юқори бўлганда углерод-азот цикли (CNO) асосий энергия манбаи бўлади. Энг массив юлдузларда массанинг 50% конвекцияланади. Водородни тўла ёниш вақти массаси $M \cong 1 M_{\odot}$ бир куёш массасига тенг юлдузларда 10^{10} йил, $M \cong 50 M_{\odot}$ - юлдузларда $3 \cdot 10^6$ йил. Жадвалдан кўришиб турипти, бошқа реакциялар ҳисобига юлдузни яшаш вақти умумий яшаш вақтини 10% дан ошмайди. Шунинг учун Г-Д диаграммада кўпчилик юлдузлар ўрни бош кетма-кетликдир (БКК). Водородни ёниши ўзак моддасини ўртача молекуляр массаси оширади, гидростатик мувозанат учун марказда босим ва температура кўтарилади, эркинлик ошади, қобуғ тиниклашади. Катта миқдордаги энергия йўқотишни тامينлаш учун ўзак сиқилабошлайди, қобуғ эса кенгаябошлайди. Г-Д диаграммада юлдуз БКК дан ўнга силжийди. Массаси катта юлдузлар БКК ни биринчилар қатори тарк этади. $M \cong 15 M_{\odot}$ юлдузларни БКК да бўлиш вақти 10 млн йил, $M \cong 5 M_{\odot}$ ларники - 70 млн йил ва $M \cong 1 M_{\odot}$ ларники 10 миллиард йил.

в) юлдуз эволюциясининг охири босқичи. Массаси $M > 5 M_{\odot}$ бўлган юлдузларнинг марказий қисмларида жадвалда кўрсатилган барча реакциялар рўй бериши мумкин. Темир ўзакни ҳосил бўлиши айрим ҳолларда ундан ҳам олдин гидростатик мувозанат йўқотилиши мумкин ва гравитацион коллапс рўй беради. Коллапс натижасида зичлик 10^{12} г/см³ га етади ва модда нейтраллашади³⁰. Агар $M < 2 M_{\odot}$ бўлса айниган газ ва $\gamma = 5/3$ да босим ва тортишиш тенглашади. Акс ҳолда коллапс чексиз ва юлдуз қора ўрага айланади. Коллапс тўхтатилганда нейтрон юлдуз сиртида зарб тўлқин рўй беради ва у ташқи томон тарқалади ва қобуқни улоқтириб юборади (ўтаянги юлдуз).

4.4 Нейтрон юлдузлар. Квазарлар

Қора туйнуклар – бу фазо-вақтнинг шундай соҳасики, кучли гравитацион майдон ҳисобига у ерни хатто ёруғлик тезлигида харакатланувчи зарралар, шунингдек ёруғлик квантлари ҳам тарк эта олмайдилар. Ушбу соҳанинг чегараси ходисалар горизонти деб аталади, унинг ўлчами эса гравитацион радиус дейилади. Энг содда ҳолда – сферик-симметрик қора туйнуклар учун ушбу ўлчам Шварцшильд радиусига тенг. Назарий жихатдан бундай объектларнинг мавжудлиги Эйнштейн тенгламаларининг баъзи аниқ ечимлари томонидан келиб чиқади. Бундай ечимларнинг биринчиси Карл Шварцшильд томонидан 1915 йили топилган³¹.

Замонавий фан бизгасўнувчи массив юлдузлар билан боғлиқ кўпгина ҳайратомус ҳодисаларни таништиради. Уларни миллион йиллар давомида сақлаб келган ёнилғисининг етарли бўлмай қолиши билан юлдуз ортик

³⁰T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume II, Cambridge University Press, 2010.

³¹James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

мувозанат ҳолатини сақлаб қола олмайди ва ўз оғирлиги таъсирида маркази томон сиқилади, яъни коллапсга учрайди. Инсон ҳаётига ўхшаб юлдузлар ҳам ўзининг яшаш циклига эга. Улар чанг булутларида туғилади, ўсади ва миллион йиллар ёруғлик сочиб парланади ва ўлади. Юлдуз ўзининг дастлабки босқичларида ҳосил бўлган водороддан, кейин босқичларда гелийдан ва ниҳоят оғир элеменлардан иборат ички ёнилғиси ҳисобига ёруғлик сочади. Ҳар бир юлдуз ўзининг марказга тортувчи гравитацияси ва унга қарама қарши йўналишлардаги ички босим кучлари билан мувозанатга эга. Бу мувозанат ёнилғи темирга айланадиган вақтгача сақланади. Гравитация босим кучларидан катталашади ва юлдуз сиқила бошлайди.

Оқ миттилар, нейтрон юлдузлар ва қора туйнуклар. Маълумки, юлдуз энергия захираси жуда катта бўлишига қарамай бу энергия вақт ўтиши билан босқичма-босқич яроқсизлашиб боради. Юлдузлар худди инсонларга ўхшаб яшайди, қарийди ва ўлади. Уларнинг яшаш вақти- пайдо бўлганидан то ядро ёнилғи ресурслари юлдуз бўлиб нур сочиб туришига етарли бўлмай қолишигача бўлган вақтдир. Бу вақт ҳар бир юлдузнинг массасига боғлиқдир. Хусусан, энг яқин юлдуз- бу 5 миллиард йиллардан бери ядро синтези жараёни ҳисобига ҳозирда ўзининг актив босқичида бўлган Қуёшдир ва унинг ёнилғи захираси яна 5 миллиард йилга етади³². Қуёш ўз ёнилғисини сарфлаб тугатаётган босқичда ўзининг гравитацияси ҳисобидан Ер сайёраси ўлчамидан катта бўлмаган ўлчамгача сиқилади. Бунда у ҳосил бўлган электрон газ босими билан мувозанатлашгандан сўнг сиқилишдан тўхтаб оқ миттига айланади. Массаси Қуёш массасидан 3-5 марта катта бўлган Юлдузлар ўз умрини бошқача-нейтрон юлдузларга айланган ҳолда яқунлайди, бунда гравитация шундай кучлики электронларни атом ядросига жойлаштиради. Энди ички босим кучи электрон газ босими эмас балки нейтронлар босими ҳисобига гравитация кучларини мувозанатлайди ва 10 км гача сиқилиб боради.

Янада оғирроқ ва кўпроқ водород ёнилғи захирасига эга бўлган юлдузлар кучли гравитация кучлари таъсири остида тез ёнади ва яшаш вақти ҳам қисқа бўлади. Массаси жиҳатдан йирик бўлган юлдузлар том маънода бир неча миллион йил давомида “ёниб туради”, майда юлдузлар эса юзлаб миллиард йиллар давомида “яшайди”. Шундай экан, бу маънода бизнинг Қуёш “мустаҳкам ўрта” ликка киради.

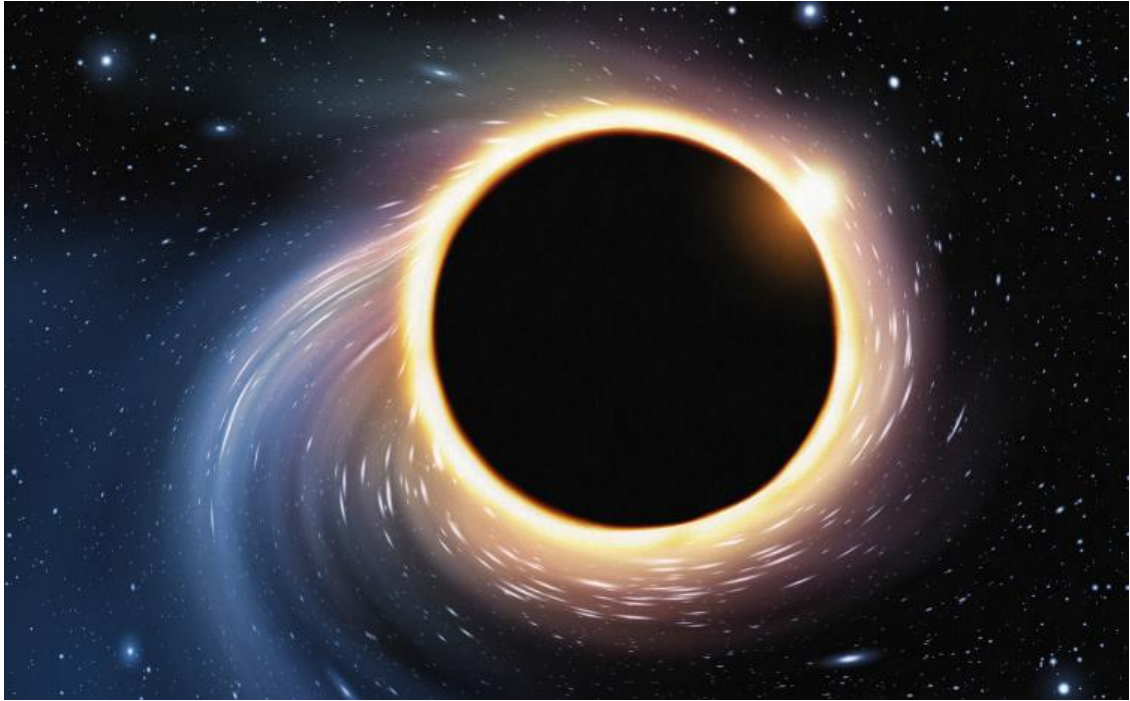
Назарий жиҳатдан юлдузлар дастлабки массаларига боғлиқ ҳолда уч ҳил кўринишда ҳаётини яқунлайди: 1. Агар юлдуз ядросининг дастлабки массаси Чандрасекар чегараси деб аталадиган (тахминан) 1.4 Қуёш массасидан кичик бўлса қисқа вақт қизил гигант ҳолатидан кейин оқ миттига айланади. Оқ митти ҳолида бир кеча миллион йиллар яшаб совуқ қора миттига, яъни ҳақиқий космик ўлик жисм- юлдузнинг мурдасига айланади. 2. Агар юлдузнинг дастлабки массаси Чандрасекар чегарасидан ошиб Волков чегараси деб аталадиган тахминан 2-3 Қуёш массасидан катта бўлса, ядро ёнилғисининг асосий қисми камайишидан кейин электрон газнинг босими қаршилик қила

³²Arbab Rai Choudhuri, *Astrophysics for Physics*, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

олмагач гравитация кучлари таъсири остида ташқи қатлами юлдузнинг марказига тушади. Бунинг натижасида юлдуз ҳажми 100000 марта камаяди, унинг ўртача зичлиги шунча марта ортади, радиуси эса атиги 10км атрофида бўлади. Деярли шу билан биргаликда юлдузнинг устки қатлами портлаш натижасида 10 000 км/с тартибидаги катта тезлик билан ҳар томонга отилиб кетади. Бу ҳодиса марказида нейтрон юлдуз ҳосил бўлиши билан якунланувчи ўта янги юлдузнинг портлашидек кузатилади³³. Бу Хитой ва Япон тарихида айтиб ўтилган 1054 йилда ҳозирда марказида нейтрон юлдуз жойлашган Краборид туманлиги ўрнида ёрқин юлдуз каби ярқираб, икки ҳафта давомида ҳаттоки кундузлари ҳам кўриниб турган. 3. Коллапсга учраётган юлдузнинг массаси кандайдир критик қийматдан катта бўлса (3 Қуёш массасидан) гравитация шунчалик катта бўладики буни ҳеч нарса тўхтата олмайди. Гравитация кучлари юлдузни ташкил қилувчи моддаларни шундай сиқиб борадики бунда юлдуз ўлчами энг кичик ўлчамгача кичраяди.



³³Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.



1-расм. Қора туйнукларнинг расмлари.

Бу учала компакт объектлар оддий юлдузлардан иккита фундаментал белги билан фарқланади. Биринчидан, ядро ёнилғисини сарфлаб улар гравитацион коллапсга термодинамик босим ҳисобидан қаршилик кўрсатади. Оқ миттилар гравитацион коллапсга электрон газ босими билан қаршилик қилади, нейтрон юлдузлар- нейтронлар босими билан. Қора туйнуклар эса ўзининг гравитация кучларига қаршилик қила олмасдан янога бир нуқтагача сиқилиб борган. Учала компакт объектлар Коинотнинг ёши тартибидаги даврда турғун объектлар ҳисобланиди. Уларни юлдузларнинг энг охири босқичидаги объект деб ҳисоблаш мумкин. Иккинчи фарқи- оддий ўзларининг массаси тартибидаги юлдузларнинг ўлчамларига нисбатан анча кичиклигидир³⁴.

Бу учала юлдузларнинг охири босқичидаги объектлардан энг биринчи бўлиб оқ миттилар астрономик кузатишлар натижасида топилган. Оқ митти тажрибада астрономлар бундай юлдуз қандай қилиб нур сочиб туришини тушинидан олдин топилган. 1914 йили америкалик астроном Адамс осмонимиздаги энг ёрқин юлдуз бўлган Сириуснинг йўлдоши Сириус В нинг спектрини анализ қилаётиб юқори ҳароратга - Сириус юлдузининг ҳароратига яқин ҳароратга эга ва массаси Қуёш массаси тартибида бўлса ҳам радиуси Ер радиусидан кичик деган ҳулосага келади³⁵.

Нейтрон юлдузлари тарихи эса аксинча, 1934 йил Бааде ва Цвикки нейтрон юлдузлар –юқори зичликка, кичик радиусга ва бошқа оддий юлдузларга нисбатан кучли гравитацияга эга бўлган юлдузлар ғоясини таклиф қилади. Нейтрон юлдузлар аслида астрономлар томонидан кашф этилгунга

³⁴L. Rezzolla, O. Zanotti, *Relativistic Hydrodynamics*, Oxford University Press, 2013, 752 p.

³⁵T. Padmanabhan, *Theoretical Astrophysics, Volume I-III*, Cambridge University Press, 2010.

қадар назарайётчилар томонидан бир аср олдин қалам учида кашф қилинган. Уларнинг астрономик кузатувларда топилиши бунчалик кечикишининг сабаби тез оради тўлиқ тушинарли бўлди. Агар космик жисмнинг радиуси 10км бўлса ҳаттоки унғача масофа энг яқин юлдузгача (Қуёшдан ташқари) масофага (10 ёруғлик йили) тенг бўлса ҳам уни энг қудратли телескоп ёрдамида ҳам кузатиш мумкин эмас. Ва ҳаттоки нейтрон юлдузгача масофа мумкин қадар кичик бўлса ҳам! Бундан келиб чиқадики нейтрон юлдузларни оптик усуллар билан кузатишлар мувофаққиятга учрайди.

Ва бирдан кутилмаган нарса содир бўлди: нейтрон юлдузлари топилди. Улар тамоман қидирилмаган жойдан, изламаган одамлар томонидан топилди. 1968 йил февралида машҳур Nature илмий журнали саҳифаларида таниқли инглиз астрономи Хьюш ва унинг ҳамкасблари томонидан пулсарларнинг кашф этилишига бағишланган мақола пайдо бўлади. Астрономиянинг ХХ асрдаги энг буюк кашфиёти 1967 йил Кембридже Университети Маллард радиоастрономик обсерваториясида Джоселин Белл томонидан очилган тез айланувчи нейтрон юлдузлар-пулсарларнинг кашф этилиши бўлган. Бу пулсарлар радио диапазонда урганилган³⁶. Уларнинг очилиши шарафига Белл, Энтони Хьюшларга 1974 йил Нобел мукофоти берилди. Ҳозиргача 2000 га яқин пулсарлар маълум, кейинчалик пулсарлар рентген диапазонида ва кейинроқ фақат шу диапазонда кўринадиган гамма-пулсарлар ҳам аниқланди.

Юлдузни шундай радиусгача сиқиб борамизки, бунда ундан фазога ёруғлик тарқилмайди. Бу радиус Шварцшильд радиуси дейилади. Қуёш учун бу 3 км атрофида. Агар Қуёш ҳам 3 км ва ундан кичик ўлчамгача сиқилса ёруғлик нурлари Қуёш ташқарисига чиқа олмайди. Қора туйнукга айланган осмон жисмлари Коинотда йўқолиб кетмайди. У ўзи ҳақида ташқи оламга ўзининг гравитацияси ҳисобидангина маълумот бералди. Қора туйнук яқинидан ўтган ёруғликни ютади (у Шварцшильд радиусидан кичик масофаларгача яқинлашса) ва ёнидан ўтаётган нурларни сезиларли масофаларгача оғдиради.

Ўта оғир юлдузлар оқ митти ҳам нейтрон юлдуз ҳам бўла олмайди, чунки уларнинг ички босимлари гравитацияни компенсация қилишга етарли эмас. Ҳаттоки бошқача кўринишдаги босимлар кучга кирган тақдирда ҳам гравитацион коллапс барибир қайтмас бўлиб қолаверади. Гравитация ҳал қилувчи куч бўлади, натижада юлдузнинг якуний ҳолати (ҳодисалар горизонти билан ўралган сингуляр нукта) фақтгина Эйнштейннинг гравитация назарияси ёрдамида ёритилади. Шундай қилиб, қора туйнуклар Коинотдаги жумбоқли хусусиятга эга бўлган сирли объектлардан бири. Маълумки, қора туйнук фазо-вақт соҳаси дейилади, гравитация майдони шунчалик кучлики, ҳаттоки ёруғлик ҳам бу соҳани ташлаб чиқиб кета олмайди. Бу жисм ўлчами узининг гравитацион ўлчамидан кичик бўлганда содир бўлади. Гравитацион радиус Қуёш учун 3км, Ер учун эса 9мм отрофида. А. Эйнштейннинг умумий нисбийлик назарияси қора туйнукларнинг ажабтовур хусусияти-қора туйнук учун муҳим бўлган ходисалар горизонти

³⁶Бочкарев Н.Г.6 Магнитные поля в космосе, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 216 с.

мавжудлигини кўрсатади. Қора туйнук ходисалар горизонти ичкарисиди ташқи кўзатувчига кўринмайди, ҳамма жараёнлар ходисалар горизонти ташқарисиди содир бўлади. Шу сабабдан, ходисалар горизонтига эркин тушаётган фазогир эхтимол тамоман бошқа Коинотни ва ҳаттоки ўз келажагини ҳам кўриши мумкин. Бу шуни билдирадики, қора туйнук ичкарисиди фазо ва вақт координаталари ўз ўрнини алмаштиради ва биз қора туйнук ичиди (ходисалар горизонти ичкарисиди) фазо бўйича эмас балки вақт бўйича саёҳат қиламиз.

Қора туйнукларнинг бундай ғайри оддий хусусияти кўпчиликка шунчви фантастика бўлиб туйилади ва уларнинг мавжудлигига шубҳа пайдо бўлади. Аммо шуни таъкидлаш жоизки, энг янги кузатув маълумотларига кўра қора туйнуклар ҳақақатан ҳам мавжуд. Масалан, XXI аср бўсағасиди бизнинг галактикамиз марказиди ўта оғир, массаси 4 миллион Қуёш массасига тенг бўлган қора туйнук мавжудлиги топилди. Бу- қора туйнуклар ва уларнинг хусусиятлари изланишидаги янги босқич келди ва яқин келажакди ушбу соҳади илмий тадқиқотлар сезиларли даражади ривожланишга эришишимизга олиб келиши керак дегани³⁷.

Шу ўринди биринчи навбатди машҳур физик, астрофизика ва назарий физика соҳасиди кўпгина ёркин ишлар муаллифи, бир вақтлар Исаак Ньютон ва Поль Дираклар раҳбарлик қилган Кембридже Университети кафедраси аъзоси Стивен Хокингни таъкидлаб ўтиш жоиз. Унинг изланишларининг асосий объекти бу қора туйнуклар физикасидир. Унинг асарлари орасиди “Вақтнинг қисқача тарихи” китоби энг содди тилди физиканинг қийин ва долзарб муаммоларини ҳаммага тушинарли қилиб ёзилган. Бу Хокинг ҳақиди ҳаммаси эмас. У жуда оғир касал бўлиб унинг ҳозирди фақатгина иккита ўнг кўл бармоқлари ҳаракати сақлаб қолинган ва охирги 30 йил давомиди гапиришдан ҳам маҳрум бўлган. У атрофидагилари билан нутқ синезатори ва компьютер ёрдамиди гаплашади. Шунга қарамасдан, у фоал ва доҳийна илмий изланишлар олиб бормоқди.

1974 йилди Стивен Хокинг қора туйнуклар атрофида вакуумдан зарраларнинг пайдо бўлиши кўриб чиқади. Унинг ҳисоблашлари шуни таъкидлайдики айланувчи қора туйнуклар нурланади ва бу қора туйнук айланишини секинлаштиради. Бу нурланиш спектри иссиқлик нурланишига мос келиши айтиб ўтади. Бироқ натижалар ярим классик усулди олинган, аслиди гравитация майдони умумий нисбийлик назарияси тенгламалари билан, қора туйнук яқиниди вакуум кванланган майдон назарияси билан ёритилиши керак³⁸. Кўпчилик олимлар Хокинг иккита назарияни бирлаштириб хатога йўл қуйди деб ҳисоблашади. Унинг қора туйнуклар учун олдин қабул қилинган барча қонунларни бузади. Кейинроқ эса Хокинг ҳақ бўлиб чиқади ва унинг натижалари эгриланган вақт-фазодасиги кванланган майдонларнинг қонунлари кўринишиди расман қабул қилинди. Шу сабабдан гравитацион, электромагнит ва бошқа турдаги нурланишларни кванланган майдонлар деб қаралади. Бошқача сўз билан айтганди тўлқинлар қанчалик

³⁷James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

³⁸T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.

квант механикаси тенгламалари билан ёритилмасин, улар ўзини бир вақтнинг ўзида ҳам тўлқин ҳам заррадек тутади.

Шунингдек, Хокинг ҳисоб китоблари қора туйнукларнинг нурланишини ҳам кўрсатади. Портлашдан ҳосил бўлган янги объект жуда кичик ҳароратга эга бўлади ($3 \cdot 10^{-8}$ К дан кичик), Қора туйнукнинг сиқилиши учун эса 10^{67} йилдан кўпроқ вақт керак бўлади. Сиқилиш натижасида унинг ҳарорати ошиб боради, нурланишлар ҳам кучаяди ва “буғланиши” тезлашади. Ниҳоят массаси бир неча миллион тоннагача камайганида ва унинг ҳодисалар горизонти радиуси атом ядроси ўлчамига тенг бўлиб, у жуда катта (юзлаб миллион К) ҳароратгача қизийди.

Хокинг ҳисолашларидан яна шуни кўриш мумкин: агар қора туйнук тўлиқ нурланиб кетса, унинг ҳолати тўғрисида маълумот узоқдаги кузатувчи учун бутунлай йўқолади. Бу классик назария доирасида тўғри. Бошқа томданқора туйнукнинг “буғланиши” ҳисобидан йўқотилган ахборот квант механикасининг ахборот мавжудлигининг тўғрисидаги унитарлик тамойилига зид ва уни аниқлаш қийин. Фараз қилайлик, бизда иккита ўнг қизил пайпоқ ва чап кўк пайпоқ бор. Агар биз чап кўк пайпоқни қора туйнукга ташласак ва кимдир ўнг қизил пайпоқни жуфтисиз топиб олса ва у ўйлайдики чап қизил пайпоқни қора туйнукга ташлаган деб тахмин қилади яъни модомики ҳеч қандай ахборот қора туйнукдан чиқиб кетолмас экан узоқдаги кузатувчи унинг ичида нима борлигини била олмайди³⁹.

Шундай қилиб, қора жисмнинг нурланиши унинг ички тузилиши тўғрисида ҳеч қандай ахборот олиб чиқмайди, демак Хокингнинг кашфиёти ҳам қора туйнукга тушиб қолган жисм ҳақида бирор нарса билишимизга ёрдам бера олмайди. Бошқа сўз билан айтганда, Хокинг такидлаётган қора туйнукнинг нурланиши унинг ички тузилиши тўғрисида бизга маълумот бермайди. Бу Хокинг томонидан киритилган ахборотни йўқолиш парадокси дейилади. У шуни таъкидлайдики, бизнинг Коинотдан ахборот йўқолар экан бошқа жойда пайдо бўлади. Лекин, квант назариясига биноан қора жисмга ютилган ахборот тўла йўқолади⁴⁰.

Ҳулоса ўрнида шуни такидлаш жоизки, қора туйнуклар– ўзида кўплаб синоат яшириб келаётган Коинотнинг жумбоқли объектларидир. Кўпгина баҳс ва мунозаларга сабаб бўлаётган кўп сонли парадокс ва муаммоларга қарамасдан ишонч билан айтиш мумкинки, ҳозирда жавобсиз қолаётган саволлар келажакда ўз жавобини топади.

Назорат саволлари:

1. Коинотда юлдузларнинг пайдо бўлиши ва эволюцияси.
2. Қизил гигант.
3. Юлдузларнинг температураси
4. Вин силжиш қонуни
5. Юлдузларнинг спектрал классификацияси

³⁹L. Rezzolla, O. Zanotti, *Relativistic Hydrodynamics*, Oxford University Press, 2013, 752 p.

⁴⁰Max Camenzind, *Compact Objects in Astrophysics*, Springer, 2007, 682 p.

6. Герцшпрут-Рассел диаграммаси.
7. Ранг кўрсаткичини ўлчаш.
8. Спектрал чизиқлар интенсивлигини ўлчаш.
9. Юлдузлар спектри.
10. Юлдузларнинг эволюцияси.

Фойдаланилган адабиётлар

1. James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.
2. Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.
3. Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.
4. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
5. Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.
6. Бочкарев Н.Г.б Магнитные поля в космосе, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 216 с.

Интернет маълумотлари

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

5-МАВЗУ: КОИНОТНИНГ ЙИРИК МАСШТАБДАГИ СТРУКТУРАСИ (2 соат).

РЕЖА

- 5.1. *Замонавий космология: асосий тушунчалар.*
- 5.2. *Замонавий космологиядаги муаммоалар.*
- 5.3. *Коинотнинг йирик масштабдаги структураси.*
- 5.4. *Коинотдаги галактикалар филамен орқали тақсимланиши.*

Таянч иборалар: Космология, галактикалар кластери, Сомон йўли, маҳаллий гуруҳ, кўшалок тизимлар.

5.1 Замонавий космология: асосий тушунчалар. Оламнинг йирик масштабдаги тузулиши – галактикалар ва уларнинг тизимларидан иборат турли фазовий масштаблардаги улкан юлдузли ороллардан иборат таркиб. **КЙМТ**ни ўрганишзамонавий ғоялар галактикаларнинг алоҳида тизимларини ўрганишга ва биздан турли масофаларда уларнинг осмонда тақсимланишини статистик ўрганишларгага асосланади. **КЙМТ**нинг мавжудлиги Оламда юз миллионлаб ёруғлик йиллари миқёсига қадар материянинг тарқалишининг бир жинсли эмаслигини акс эттиради. **КЙМТ**ни ўрганиш кенгайиб бораётган Коинотдаги галактикалар ва галактика кластерларининг пайдо бўлиш жараёнлари ва уларнинг кейинги эволюциясини тушуниш учун зарурдир.

Ҳатто, астрономик объектлар ва уларнинг космосдаги ўрни билан юзаки танишиш ҳам космик жисмларнинг турли миқёсдаги тизимларга мансуб эканлигини кўрсатади.

КУЗАТИЛАДИГАН КОИНОТ ТАРКИБЛАРИНИНГ АСОСИЙ ЭЛЕМЕНТЛАРИ.

Барча сайёралар (Қуёшга энг яқин иккитасидан ташқари) сунъий йўлдошлар билан ўралган ва улар билан биргаликда Қуёш атрофида айланиб, Қуёш тизимини ҳосил қилади. Бошқа кўплаб юлдузлар атрофида ҳам сайёралар борлиги топилган. Кузатилган юлдузларнинг ярмидан кўпи юлдуз жуфтлари ёки бир нечта юлдуз тизимларидир (Қуёш бу жиҳатдан ўзига ҳос юлдуз, чунки у йолғиздир). Юлдузлар ҳам кластерлар ҳосил қилади. Эътиборли кузатувчи уларни осмонда оддий кўз билан ёки дурбин ёрдамида ҳам топиши мумкин, телескоплар эса биздан турли масофаларда жойлашган юзлаб юлдузлар кластерларини тутиб олиши мумкин.

Коинотда кузатиладиган барча юлдузлар тўплами – Галактикалар тизимини ташкил этади. Лекин буни англаш астрономларга осон бўлмади. Юлдузлар қанчалик ҳиралашса уларгача бўлган масофа катталашади, улар Сомон йўли текислигига қараб шунчалик кўп концентрация қилишадики, уларни бир-биридан ажратиш мушкуллашиб кэтади. Шунинг учун, юлдузлар тўпламини ясси шаклдаги диск деган фикр анча ишончлидир. Аммо Галактиканинг шакли қандай, у чексизликгача чўзилиб кетадими ёки ўз чегарасигаэгами ва унда Қуёшнинг ўрни қандайсидеган саволлар пайдо

бўлади? Ушбу муаммони ҳал қилиш учун биринчи илмий уриниш 18-асрда қилинган. Булардан энг кўзга кўрингани, тарихга кўплаб фундаментал кашфиётларнинг муаллифи сифатида кирган инглиз астрономи Уилям Гершельдир. Масалан, У Уран сайёрасини кашф этди, биринчи бўлиб Қуёш тизимининг космосда ҳаракатланишини исботлади ва кўзга кўринмас (инфрақизил) нурларнинг мавжудлигини кашф этди. Юлдузлар дунёсининг тузилишини ўрганиш учун у осмоннинг танланган минтақаларида ҳар хил ёрқинликдаги юлдузларни синчковлик билан ҳисоблашларига асосланган ўзига хос услубни (юлдузлар статистикаси усули) таклиф қилди ва уни ўзи яратган телескоплар ёрдамида амалга оширди. Гершель бизнинг юлдузлар дунёмизнинг чекланганлиги ҳақида хулосага келди ва юлдузлар системасининг ўлчамларини катта ҳатлик билан бўлсада ўлчашга ҳаракат қилди. Шуниси эътиборга лойиқки, Гершель даврида ҳатто энг яқин юлдузларгача бўлган масофалар ҳам маълум эмас эди. Шу билан бирга, Гершель коинотдаги кўп сонли юлдуз ороллари - галактикалар мавжудлигига амин эди, гарчи бу тахмин 20-асрнинг 20-йилларида ўз исботини топган бўлсада.

Галактикалар ҳақиқатан ҳам коинотнинг асосий "қурилиш блоклари" бўлиб чиқди, айнан шу нарсаларда табиатда мавжуд бўлган барча юлдузларнинг аксарияти ва юлдузлараро газнинг катта массаси тўпланган. Замонавий йирик телескоплар биздан 10-12 миллиард ёруғлик йили масофасида жойлашган ва осмонга тарқалган кўплаб юз миллионлаб галактикаларни кузатиш имкониятига эга.

Галактикалар осмонда юлдузлар сингари нотекис тақсимланганлиги, уларнинг физик табиати аниқланишидан олдин маълум бўўлган. Кичик телескоплар билан олиб борилган кузатишлар осмоннинг баъзи жойларида жуда кўп туманликлар борлигини (галактикалар телескоп окуляри орқали шундай кўринишини) ва баъзи жойларда эса деярли йўқ деган хулосага келишди. Туманли доғларнинг тўпланиш тенденциясини Гершель қайд этди. Тўғри, осмонда кузатилган галактикаларнинг тарқалиши нафақат уларнинг фазовий кластерланишининг ўзига хос хусусияти, балки Сомон йўли соҳилида юлдузлараро чанг узок объектларнинг нурини кучли сингдириши билан ҳам боғлиқ, бу нарса 20-асрга келиб аниқланди. Маълумки юлдузлараро бўшлиқнинг хиралашганлиги туфайли у ерда галактикалар деярли йўқ. Аммо Сомон Йўлидан узокроқ ютилиш кам, лекин кузатилган галактикалар барибир нотекис тақсимланган. Шундай қилиб, жуда катта миқдордаги нисбатан ёрқин галактикалар (10-13 юлдуз катталиқдаги) Фаришта юлдуз туркумида катта кластерни ташкил этади.

5.2 Замонавий космологиядаги муаммоалар ҚЎШАЛОҚ ЮЛДУЗЛАР, ГУРУҲЛАР ВА ГАЛАКТИКАЛАР КЛАСТЕРЛАРИ ФИЗИК БОҒЛАНГАН ТИЗИМ СИФАТИДА.

Бизнинг Галактикамиздаги кўплаб юлдузлар жуфтлашган ва бир нечта тизимларни, ҳатто бутун юлдузлар кластерларини ҳосил қилганлиги бизга маълум. Ҳудди шу нарса галактикаларга ҳам тааллуқли

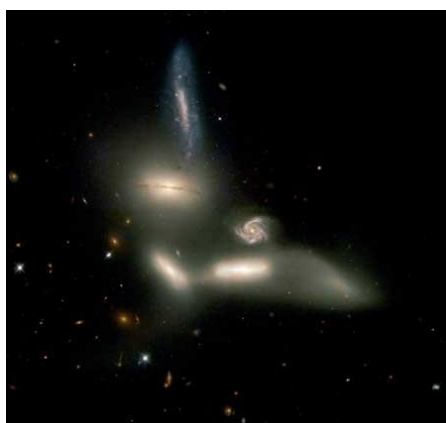
бўлиши ажабланарли эмас. Вақт ўтиши билан астрономлар битта галактикани топиш битта юлдузни топишдан ҳам қийинроқ эканлигига амин бўлишди. Бир неча ўн мингдан, бир неча ўн миллионлаб ёруғлик йилларига қадар бўлган турли хил қисмларгаэга бўлган алоҳида галактика тизимлари топилган.

Галактикалар томонидан ҳосил қилинган энг кичик тизимлар бирига ўхшаш ёрқинликдаги бир нечта қисмларни ўз ичига олган иккилик ва кўп тизимлар бўлиб, ундан кейин бир неча ўнлаб аъзолардан иборат галактикалар гуруҳлари ва ниҳоят, юзлаб ва минглаб алоҳида юлдуз ороллари бирлаштирган галактикалар кластерларидир. Сийрак газланган муҳит ҳам галактикалар билан бир қаторда концентрацияланган. У ушбу тизимларнинг шаклланиши ва эволюциясида муҳим рол ўйнайди. Галактикалар орасидаги гуруҳлар ёки кластерлар орасидаги газ, одатда жуда иссиқ, унинг ҳарорати миллионлаб ёки ўн миллионлаб даражага етиши мумкин. Кам зичлик туфайли у деярли кўринадиган нурларни чиқармайди, аммо унинг порлаши, шунга қарамай, газни шундай ҳароратда чиқарадиган рентген квантларининг оқимларини оладиган космик телескоплар орқали аниқланди. Сийраклик даражаси юқори бўлишига қарамай (зичлик Куёш яқинидаги юлдузлараро муҳит зичлигидан юзлаб ва минг марта кам), галактикалараро газ жуда катта массани ўз ичига олиши мумкин. Баъзи кластерларда газ массаси бутун галактикалар тўпламидаги юлдузларнинг умумий массасидан сезиларли даражада ошиб кетади.

Галактикалар тизимини излаш ва аниқлашнинг асосий қийинчилиги, биз осмонга проекцияланган галактикалар дунёсини икки ўлчовда кўришимиз билан боғлиқ. Осмоннинг ҳар қандай минтақасида ҳам яқин, ҳам узоқ галактикалар мавжуд ва бир-биридан фарқлаш ҳар доим ҳам осон эмас. Алоҳида галактикалар ёки ҳаттоки галактика тизимлари тасодифан бири-бирига проекцияланиши мумкин. Гуруҳларнинг бундай "ёлғон" ташкил этувчилари жуда кўп, шунинг учун ҳар бир галактика учун масофани мустақил равишда аниқлаш унинг ушбу тизимнинг бир қисми эканлигига ишонч ҳосил қилиш талаб қилинади.

8 юздан ортиқ тизимни ўз ичига олган қўшалок ва кўп қаррали галактикаларнинг биринчи каталоги 1937 йилда швед астрономи Эрик Холмберг томонидан Гайделберг расадхонасида олинган 6000 га яқин осмон тасвирларидаги галактикалар ўрнини синчковлик билан ўрганиб чиқиб тузилган. Ушбу каталогни тузиш пайтида радиусли тезлик фақат бир нечта галактикалар учун ўлчанган, шунинг учун Холмберг фақат осмонда галактикаларнинг бир-бирига яқинлигидан келиб чиққан. Унинг сўзларига кўра, барча галактикаларнинг тўртдан бир қисми қўшалок тизимларга тегишли. Кейинчалик, Холмберг тизимларининг сезиларли қисми хаёлий эканлиги аниқлади, бу асосан фотосуратларнинг етишмаслиги билан боғлиқ. Бироқ, бир нечта тизимдаги галактикаларнинг умумий улуши озми-кўпми тўғри баҳоланди ва Холмберг томонидан топилган баъзи статистик нақшлар бизнинг давримизда ўз аҳамиятини сақлаб қолди. Иккилик тизимдаги галактикаларнинг катта қисмини тахмин қилиш 1970-йилларда совет

астрономи Игор Караченцев томонидан тасдиқланган. У шимолий осмоннинг 600 дан ортиқ жуфтлиги тўғрисидаги маълумотларни ўз ичига олган изоляция қилинган жуфт галактика жуфтлигини замонавий каталогини тузди. Ушбу жуфт галактикаларнинг кўпи каталогни тузгандан сўнг, дунёдаги энг катта телескопларнинг тадқиқот дастурларига киритилган. Шаклланивчи жуфтликдан бир неча барабар кўп бўлган галактикалар учта (учлик), тўрт (квартет), бешта (квинтет), олтита (секстет) ва ундан ортиқ аъзони ўз ичига олган тизимларнинг бир қисмидир. Бундай шаклланишлар одатда бир нечта тизим ёки кичик галактикалар гуруҳлари деб аталади. Уларни ўрганиш галактикалар қандай пайдо бўлганлигини ва улар бир-бирининг эволюциясига қандай таъсир қилишини тушунишга ёрдам беради.



Умуман олганда, мавжуд бўлган галактикаларнинг аксарияти иккилик ва кўп тизимларга, гуруҳларга ва кластерларга тегишли.

Бир нечта тизимлар ва галактикалар гуруҳлари, шунингдек, гуруҳлар ва кластерлар ўртасида галактика катталиги ёки сони бўйича аниқ чегара йўқ. Одатда тизимдаги аъзоларнинг умумий сонини тахминан аниқлаш мумкин. Гап шундаки, бунинг учун ҳар бир галактикага, эҳтимол, маълум бир тизимга тегишли масофани тахмин қилиш керак. Тизимга тегишли кўплаб заиф галактикаларни шунчаки ўтказиб юбориш мумкин. Кузатилиши қийин бўлган, ёрқинлиги паст митти галактика, кўпинча улкан галактикалар яқинида жойлашганлиги аниқланганда, аъзолик янада эҳтиёткорлик билан олиб борилган тадқиқотлар билан кўпайиб боради.

Бизнинг галактика ҳам маҳаллий гуруҳ деб номланган жуда катта гуруҳга тегишли. Маҳаллий гуруҳнинг қирқдан зиёд аъзоси бор ва у 5 миллион ёруғлик йили бўйлаб жойлашган ҳудудга тарқалган. Уларнинг орасида иккита йирик спирал галактика - Андромеда туманлиги (M 31) ва бизнинг Галактикамиз ажралиб туради. Учинчи спирал галактика - Учбурчакдаги туманлик (M33) - бу иккаласидан ёрқинлиги жиҳатидан анча паст. Маҳаллий гуруҳга мансуб бўлган бир катта эллиптик галактика ҳам топилди (гарчи бу ҳали тасдиқлашни талаб қилса ҳам), лекин унинг атрофида жойлашган. Тасодифан у осмонда Сомон йўли соҳилида, Кассиопея юлдуз

туркумида жойлашган, бу ерда юлдузлараро чанг узок манбаларнинг нурини анча сусайтиради, шунинг учун нисбатан кичик масофага қарамай, бу галактика жуда кеч кашф этилган (сингдириш унчалик кучли бўлмаган инфрақизил нурларида (1968 йилда). Унинг кашфиётчиси, италиялик астроном Паоло Маффей номи билан аталган, у Маффей 1 объекти сифатида танилган. Ундан узокда Маффей 2 деб белгиланган спирал галактика жойлашган. Ушбу галактикалар Маҳаллий гуруҳда сақланидими ёки ундан мустақил равишда ҳаракат қиладими, ҳали аниқ эмас. Маҳаллий гуруҳда бир нечта тартибсиз галактикалар мавжуд бўлиб, уларнинг энг каттаси бизнинг Галактикамизнинг сунъий йўлдошлари бўлиб, осмондафақат экваторнинг жанубида оддий кўз билан аниқ кўринади. Бу катта ва кичик магеллан булутлари. Қолган Маҳаллий гуруҳ галактикалари – бужуда паст сирт ёрқинлиги бўлган митти галактикалардир. Улардан баъзилари бизнинг Галактикамиз томон, баъзилари Андромеда туманлиги томон тортишади, бошқалари эса Маффей-1 яқинида кичик гуруҳни ташкил қилади. Шундай қилиб, галактикалар гуруҳлари ўзларининг тузилишига эга бўлиши мумкин; улар ичида кўпинча бир-биридан узоклашмайдиган алоҳида кичик гуруҳлар кузатилади.

Жуфт ва бир нечта тизимда, бузилган шакллари бўлган галактикалар (одатда спирал) тез-тез кузатилади, уларнинг атрофида алоҳида ажралиб турмайдиган юлдузларнинг умумий нурли тумани бор. Одатда, узок юлдуз ёки газ "думлари" ва қўшни юлдуз тизимларини боғлайдиган тўсиқлар мавжуд. Бундай галактикалар (ёки уларнинг тизимлари) ўзаро таъсир қилувчи деб номланади. Улар нафақат жуфтлик ва гуруҳларда, балки галактикалар кластерларида ҳам учрайди, гарчи улар нисбатан кам учрасада (кластерларнинг марказий минтақалари бундан мустасно), бу галактикаларнинг юқори нисбий тезликлари билан боғлиқ. Умуман олганда, маълум бўлган барча галактикаларнинг бир неча фоизида ўзаро таъсирнинг аниқ белгилари кузатилади ва узок ўтмишда, миллиардлаб йиллар олдин, галактикаларнинг ўзаро таъсири ва бирлашиши жараёни анча интенсив бўлган деб тахмин қилиш учун асослар мавжуд.

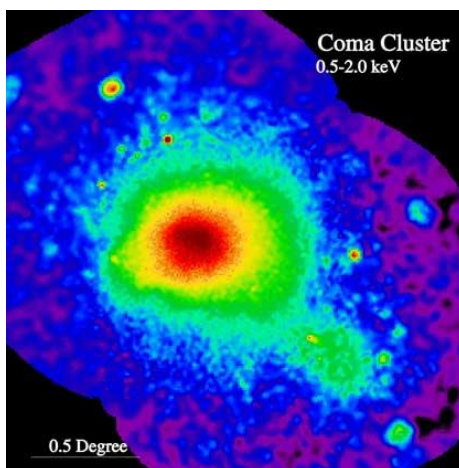


Ўзаро алоқада бўлган галактикаларнинг кузатиладиган хусусиятларининг сабаби яқин галактикаларнинг бир-бирига тортишиш таъсиридир. Ўзаро алоқада бўлган галактикаларнинг шакли шунчалик ғайриоддий ва тушунтириш қийинки, узоқ вақт давомида юлдуз тизимларини бир-биридан ажратиб турадиган физикага номаълум галактикалар орасидаги фаразий итарувчи кучларнинг таъсири эҳтимоли муҳокама қилинган. Гарчи кейинчалик бу ғоядан воз кечилган бўлса-да, ўзаро алоқада бўлган галактикаларни ўрганишда ҳали ҳам кўплаб муаммолар очиклигича қолмоқда.

Бизнинг Галактикамиз ўзининг иккита қўшниси - Катта ва Кичик Магеллан булутлари билан ҳам ўзаро таъсир қилувчи тизимни шакллантиради: бу иккита кичик галактикадан Галактикамиз томон узоқ вақт давомида ушбу тартибсиз галактикаларни ўраб турган ёки уларнинг бир қисми бўлган водороддан иборат узун газли ҳалқа чўзилган. Ушбу газ думи Магелланик оқими деб аталади. У ҳеч қандай телескопда кўринмайди ва фақат 21 сантиметр тўлқин узунлигида кам учрайдиган атом водородининг заиф радио эмиссияси билан аниқланади, бу газнинг ҳеч бўлмаганда қисми Галактикага тушади ва юлдузлараро газга аралашиб кетади. Ва бир неча миллиард йил ичида Магеллан булутлари ўзларининг ҳаракатланиш энергиясини йўқотиб, бизнинг Галактикамизга аралашиб кетади. Бирок, бу

ҳеч қандай фалокатларга таҳдид солмайди. Фақатгина галактикамиз дискида янги ёш юлдузларни шакллантириш жараёнини биров фаоллаштириши мумкин.

Қўшалок тизимларда, гуруҳларда ва кластерларда ўхшаш морфологик типдаги галактикаларни топиш мумкин: эллиптик, лентикуляр, спирал, тартибсиз, юқори нузли галактикалар ва митти тизимлар. Аммо бой "мунтазам" кластерларда, масалан, Кома сочларида (лотинча Кома деган маънони англатади, у Кома деган маънони англатади), асосан юлдузлар пайдо бўлишига сарф қилган ёки юлдузлараро газининг асосий захираларини "йўқотган" галактикалар мавжуд. Буларга эллиптик ва лентикуляр галактикалар киради. Эҳтимол, бундай кластерларнинг галактикаларидаги газ миқдори пастлиги сабаби улар юқори тезликда ҳаракатланадиган галактикалараро газсимон муҳит билан ўзаро алоқада бўлишидир. Фаришта кластери каби жуда кам учрайдиган, очиқ галактикалар гуруҳига келсак, кўп миқдордаги газни ўз ичига олган спирал ва тартибсиз галактикалар жуда кўп, айниқса кластер атрофларида. Очиқ кластерлар ичида галактикалар нотекис тақсимланиб, кўпинча алоҳида гуруҳларни ташкил қилади. Ушбу кластерларнинг шаклланиши ҳали тугамаган ва уларга кираётган галактикалар ҳали бир-бири билан тўғри "аралашиб" улгурмаган. Афтидан, баъзи галактикалар, тортишиш кучи таъсирида кластерга учиб келмоқда ва кластернинг иссиқ газида ҳаракатланиб, юлдузлараро газни йўқотишга ҳали улгурмаган.



Гуруҳлар ва кластерлар мисолида бизнинг давримизда галактикалар томонидан шаклланган йирик масштабли тузилиш элементлари қандай шаклланиб, ўзгариб бориши кўрсатилган.

Кўп тизимлар ва гуруҳларда галактикаларнинг характерли нисбий ҳаракат тезлиги 100-200 км/с, бой кластерларда эса ўн баравар юқорироқ. Юз миллионлаб йиллар давомида ушбу тизимлардаги галактикалар конфигурацияси таниб бўлмайдиган даражада ўзгариши керак ва 1-2

миллиард йил ичида галактика тизим катталиги билан таққосланадиган масофани босиб ўтиши мумкин. Бирок, галактикаларнинг умумий тортишиш майдони ва галактикалараро муҳит галактикаларни ушлаб турадиган ўзаро тортишиш кучини таъминлайди, уларнинг тарқалишига йўл қўймайди. Тизим ичидаги галактикаларнинг ҳаракатланиш тезлиги бўйича керакли тортишиш майдонини яратадиган модданинг массаси ва зичлигини ўлчаш мумкин. Бу, ўз навбатида, галактикалар сонининг тақсимланишидан галактикалар билан боғлиқ бўлган моддаларнинг зичлигини баҳолашга ўтишга имкон беради ва космосдаги моддалар зичлигининг тарқалиши нафақат кичик, балки бир ҳил эмасдеган хулосага келишимиз мумкин. катта тарозилар.

5.3 Коинотнинг йирик масштабдаги структураси

Галактика кластерлари мавжудлиги ҳақида маълум бўлганда, улар ўз навбатида янада каттароқ тизимларни ташкил этадими деган савол туғилди? Ва бундай иерархик тузилиш ҳар қандай тизим иккинчисининг бир қисми бўлганида ва у ҳатто каттароқ тизимнинг бир қисми бўлганида ва ҳоказоларда абадий узайиши мумкин эмасми? Илм биринчи саволга ижобий жавоб, иккинчисига эса салбий жавоб берди.

Шахсий кластерлардан каттароқ миқёси бўйича жуда катта галактикалар концентрацияси мавжудлигининг биринчи кўрсаткичи Уилям Херсел ва унинг ўғли Жон Гершельнинг ишларидан келиб чиққан. Сомон йўлидан узоқроқ жойда (улар энди биз уларнинг кўпчилиги галактикалар эканлигини биламиз) топилган туманликлар жуда нотекис тақсимланган бўлиб чиқди: туманликларнинг учдан бир қисми осмоннинг саккизинчи қисмида, Вирго кластерида жойлашган. 20-асрда. астрономик кузатувларнинг кескин кўпайган имкониятлари галактикаларнинг фазовий тақсимланишини ўрганишда жадал ривожланишга олиб келди. 1950-йилларда америкалик астроном Жерар де Ваукул "Супергалактика" атамасини киритди. Шундай қилиб, у тахминан юз миллион ёруғлик йили бўйлаб галактикаларнинг текисланган концентрациясини чақирди, унинг марказида Фаришта кластери жойлашган. Супергалактика осмонда бир неча ўн даражага чўзилган чўзилган минтақани камраб олади. Яқин атрофдаги галактика кластерларининг аксарияти бизнинг Галактикамиз текислигига деярли перпендикуляр бўлган Супергалактика текислиги ёнида жойлашган. Кўп ўтмай, галактика кластерларининг биринчи кенг каталоги муаллифи америкалик астроном Г. Абел Ваусоулера супергалактикасида анча узоқроқда жойлашган бир эмас, балки бир нечта "кластер кластерлари" мавжудлигини таъкидлади (у маҳаллий Супергалактика ёки Маҳаллий деб ҳам аталади. Суперсложинг). 1960-йилларда Ликс Обсерваторияси (АҚШ) астрономлари С. Шейн ва С. Виртанен ҳам Маҳаллий Супергалактика билан бир хил ўлчамдаги узоқ галактикаларнинг бир нечта "булутларини" кашф этдилар. Галактикаларнинг ғайритабиий катта концентрациясининг мавжудлиги, шунингдек, Паломар Скй Сурвей фотосуратига кўра жуда кўп миқдордаги галактикалар ва уларнинг кластерлари тарқалишининг кўп

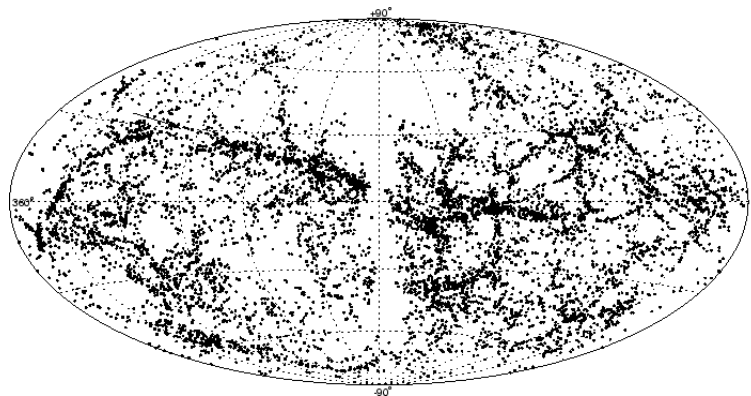
жилдли атласини тузган Ф. Цивикки (АҚШ) асарларидан келиб чиққан. Бир неча ўнлаб ўнлаб алоҳида галактикалар кластерларини бирлаштирган тизимга нисбатан қўлланиладиган "Галактикалар суперкластери" атамаси катъий қарор топди. Ҳозирги вақтда икки ёки ундан ортиқ алоҳида галактикалар кластеридан ташкил топган икки юздан ортиқ суперкластерлар аниқланди.

Кенг кўламли тузилмани ўрганишда сифат жиҳатидан янги даражага галактикаларнинг радиусли тезликларини (қизил силжишларини) оммавий баҳоларини олишда эришилди. Галактикаларга масофани тавсифловчи радиусли тезликларни билиш (қаранг Хаббл қонуни) бир миллиарддан зиёд ёруғлик йилидаги тарозиларни қамраб олувчи галактикаларнинг фазовий тақсимотининг уч ўлчовли хариталарини (осмоннинг баъзи танланган минтақалари учун) тузишга имкон берди.

Галактикалар тақсимотини ва уларнинг тезлигини таҳлил қилиш натижасида суперкластерларни кластерларнинг ўзи каби бир-бирига боғланган тизим сифатида кўриб бўлмайди, фақат каттароқ миқёсда мумкин бўлади. Суперкластерлар, маълум бўлдики, кластерларнинг алоҳида ороллари ёки алоҳида галактикалар эмас, шунчаки космосда галактикалар ва уларнинг тизимлари томонидан ҳосил бўлган мураккаб, уяли ёки филаментли структуранинг энг зич минтақалари.

Коинот уяли тузилишга эгами ёки йўқми деган саволни биринчи бўлиб 1970-йилларда Ян Ейнасто ва унинг ҳамкорлари (Тарту Обсерваторияси, СССР) илгари суришган. Турли мамлакатлардан келган астрономларнинг кўплаб асарлари Естония астрономлари томонидан қилинган тахминни тасдиқлади. Маълум бўлишича, коинотнинг энг катта масшабли тузилиши чиндан ҳам галактикалар ва уларнинг тизимлари турли ўлчамдаги ячейкалардан ташкил топган. Галактикалар ва уларнинг кластерлари бир-бири билан кесишган, тахминан 10 миллион ёруғлик йили қалинлиги эгри "деворларига" тўпланadi. Баъзи "деворлар" ни юз миллионлаб ёруғлик йиллари масофасида топиш мумкин. деворлари "ёпиладиган" жойларда, айниқса, жуда кўп галактикалар (суперкластерлар) мавжуд. Бу галактикаларнинг космосдаги концентрациясининг кўпайган жойлари ўзига хос узун иплар (занжирлар) ҳосил қилади. Ячейкалар ичида, деворлар орасидаги бўшлиқлар мавжуд (улар инглизча "бўшлиқ" дан "бўшлиқ" - "бўш жой" деб номланади), бу ерда галактикалар зичлиги ўртача кўрсаткичдан камида ўн баравар кам.

Осмоннинг деярли ярми бўйлаб чўзилган "Буюк девор" деб номланган яна бир узун "девор" га яна бир супергалактика марказида, қарийб 300 миллион ёруғлик йили узоқликдаги Кома сочлари деб номланади ва у яхши ўрганилган кластердир.



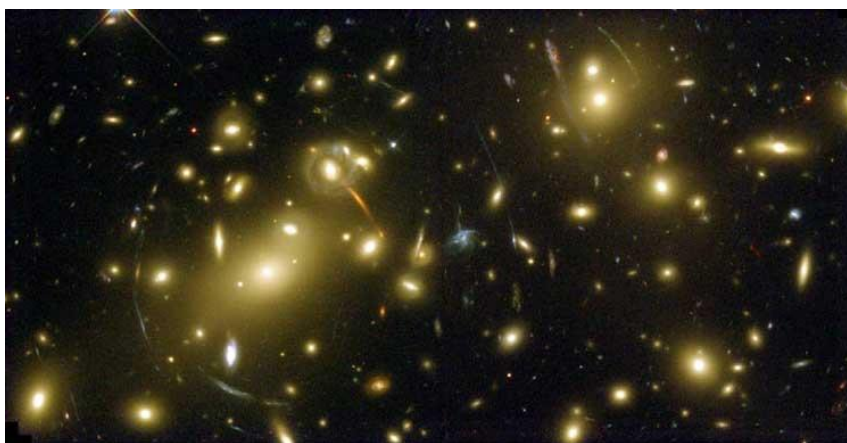
2003 йилда Англия-Австралия телескопи (Австралия) осмоннинг айрим минтақаларида экстрагалактик объектлар, шу жумладан жуда заиф ва узокроқ бўлганларнинг радиусли тезлигини масса билан ўлчаш дастурини яқунлади. Дастурни бажариш натижасида рекорд даражада (250 мингга яқин) алоҳида галактикалар учун масофавий ҳисоб-китоблар олинган. Ушбу ўлчовларга биноан осмоннинг қарама-қарши иккита минтақасида (Галактиканинг шимолий ва жанубий кутблари яқинида) ўтказилган галактикалар тарқалишининг уч ўлчовли расмини таҳлил қилиш шуни кўрсатдики, юқорида тавсифланган уяли тузилмани ҳар бир йўналишда бир миллиарддан ортиқ ёруғлик йили масофаси ва, эҳтимол, ҳали ҳам давом этмоқда. Шубҳасиз, бу бизнинг бутун коинотимизнинг тузилиши.

Бундай ҳолда, Коинотни бир неча юз миллион ёруғлик йили миқёсидан бошлаб бир ҳил деб ҳисоблаш мумкин экан. Ушбу ёки каттароқ катталиқдаги куб (қаерга жойлаштирилмасин) тахминан бир ҳил миқдордаги галактикалар, галактика кластерлари ёки "бўшлиқлар" ни ўз ичига олади ва кичикроқ масштабларда галактикаларнинг тақсимланишини бир ҳил деб бўлмайди, ҳатто тахминан. Ушбу муҳим хулоса олам эволюциясининг космологик назариясини ишлаб чиқишда ҳисобга олиниши керак.

ГРАВИТАЦИЯ ТАРКИБЛАР ПАЙДО БЎЛИШИНING САБАБЧИСИ. Бир томондан, катта ҳажмдаги уяли тузилиш элементларидан жуфтликлар, бир нечта тизимлар, гуруҳлар, галактикалар кластерларини ажратиб турадиган муҳим хусусият шундаки, биринчиси тортишиш кучи билан боғланган ҳосилалардир (тортишиш уларни кенгайишдан ва йўқ қилиш), иккинчиси эса йўқ. Оламнинг космологик кенгайиши туфайли суперкластерлардаги, Ячейкалар деворларидаги галактикалар бир-биридан узоклашишда давом этмоқда ва Хаббл қонуни ҳам улар учун бажарилмоқда ("деворлар" нинг тортишиш майдонларини ҳисобга олган ҳолда кичик ўзгаришлар билан) ва индивидуал кластерлар). Бироқ, илгари кластерлар тортишиш кучи билан боғлиқ бўлмаган тизимларни кенгайтормоқда, деган фикр илгари сурилган эди, чунки кластерлардаги галактикаларнинг нисбий тезлиги кутилмаганда юқори (кўпинча 1000 км/с дан юқори) бўлиб чиқди. Кластердаги барча галактикалар юлдузлари тўпламининг массаси, қоида тариқасида, тез ҳаракатланувчи галактикаларни бир-бирига боғлаб туришга

етарли эмас. Кластерларнинг тез кенгайиши ҳақидаги тахмин табиий бўлиб туюлиши мумкин ва фақат галактикаларнинг катта даври бошқа изоҳларни излашга мажбур қилди. Албатта, галактикалар орасидаги бўшлиқда ҳали ҳам иссиқ газ мавжуд. Кластерларда унинг массаси кўпинча индивидуал галактикаларнинг умумий массасидан ошиб кетади, аммо кўп ҳолларда бу галактикаларни ушлаб туриш учун етарли эмас. Бундан ташқари, тортишиш майдони асосий рол ўйнайдиган ёруғлик чиқармайдиган масса бўлиши керак.

Кластерларда кўринмас масса борлиги тўғрисида якуний хулоса шундан иборатки, уларнинг баъзиларининг тортишиш майдонлари анча узоқроқ галактикалар чиқарадиган кластерлардан ўтувчи ёруғлик нурларини четга суради. Агар галактикалар кластер орқасида яхши жойлаштирилган бўлса, уларнинг ёруғлик нурлари егилиб, кластердан бир оз масофада бирлашади, гўё улар унчалик сифатли бўлмаган шиша линзалардан ўтгандек. Кластернинг тортишиш майдонида узоқдаги галактикалар тасвирларини "чизиш" мумкин. Ушбу эффект яхши ўрганилган ва у "гравитацион линза" деб номланади.



5.4 Коинотдаги галактикалар филамен орқали тақсимланиши

Қоронғу массанинг табиати ҳали ҳам аниқлангани йўқ (уни ташкил этувчи элементар заррачаларнинг бир нечта вариантлари кўриб чиқилмоқда), аммо бу кўринмас восита коинотнинг катта миқёсли тузилмаларни шакллантиришда муҳим рол ўйнаши аниқ.

Замонавий концепцияларга кўра, коинотнинг кенгайишининг дастлабки босқичларида материя деярли идеал равишда бир текис тақсимланган. Буни, масалан, коинот кенгайишининг галактикадан олдинги босқичида оддий газ чиқарган осмон радиацияси фонидаги (реликт) ёрқинликдаги бир хил бўлмаганликнинг амплитудаси билан баҳолаш мумкин (бу бир хил бўлмаган миқдорлар фоизнинг мингдан бир қисмигача бўлган ва 90-йилларда фақат узоқ муддатли изланишлар натижасида топилган). Гравитация, яъни, ҳар қандай табиатдаги барча моддий зарраларнинг ўзаро тортилиши бир хилликни бузиш, моддаларни алоҳида

тузилмаларга тортиш ва зичликнинг ҳар қандай тебранишларини кучайтириш хусусиятига эга. Гравитациявий кучлар бир оз зичроқ майдонларнинг кенгайишини аста-секин секинлаштирди, шунинг учун дастлаб материянинг зичлигидаги кичик бир хил бўлмаган зичликлар вақт ўтиши билан тез суръатларда ўсиб бориши керак эди, улар жуда кам учрайдиган жойларни ўзлаштириши ва тобора "қарама-қарши" бўлиб қолиши, шунга қарамай кенгайишда давом этиши керак эди. Зичлик айниқса юқори бўлган жойларда тортишиш кенгайишни бутунлай тўхтатиши ва қисқаришга ўзгартириши мумкин. Вақт ўтиши билан бундай минтақаларда тортишиш билан боғланган тизимларга бирлашган галактикалар пайдо бўлди. Қоронғу массани жалб қилмасдан, кенгайиш жараёнининг 13-14 миллиард йиллари давомида фон нурланишининг ёрқинлигини тақсимлашда кўлга киритилган нозик зичликдаги усулсўзлүклерин шунчалик ўсиши мумкинлигини тушунтириш жуда қийин бўлар эди. галактикалар томонидан ҳосил қилинган мураккаб тузилмани кузатди. Юлдузлар ва галактикалар дунёси умуман пайдо бўлиши мумкин эмас эди ва агар оддий материянинг тортишиш майдони ёруғликсиз, яширин масса борлиги билан мустаҳкамланмаганида, Олам ҳам пайдо бўлмасэди.

Компютер ҳисоб-китоблари коинотнинг кенгайиши пайтида дастлаб аҳамиятсиз бўлган тасодифий зичликдаги ғалаёнланишлардан катта ҳажмдаги уяли тузилиш пайдо бўлиш имкониятини тасдиқлади. Физик жиҳатдан мақбул бўлган маълум бир дастлабки шароитларда рақамли моделлар "экранда" иплар ва Ячейкалар ҳосил бўлиш жараёнини ва уларда алоҳида галактикаларни кўпайтиришга имкон берди. Бундай компютер моделлари ҳақиқий коинотни қанчалик яхши ва тўлиқ тавсифлайди, ҳозирги пайтда бу ҳали муҳокама қилинаётган масаладир. Бу ерда ҳал қилинмаган кўплаб муаммолар мавжуд. Ҳар ҳолда, коинотнинг кенг кўламли тузилишини ўрганиш зарур бўғин бўлиб чиқди, усиз атрофимиздаги дунё қандай пайдо бўлганлигини англаб бўлмас эди.

Назорат саволлари:

1. Коинотнинг ўлчами қанча ёруғлик йили?
2. Буюк девор нима ва уларнинг ўлчамлари қандай?
3. Филамен нима?
4. Галактикалар қандай тақсимланган?
5. Коинотнинг бир жинслилиги нимани англатади?
6. Коинт қандай кенгаймоқда?
7. Коинотнинг кенгайиши Қуёш тизимига таъсир қиладими?
8. Коинотнинг кенгайиши натижасида галактикалар ҳам кенгайдими?
9. Хабл доимийси нимани англатади?
10. Космологик доимий нима?

Фойдаланилган адабиётлар

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

8. Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.
9. Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.
10. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
11. Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.
12. Бочкарев Н.Г.б Магнитные поля в космосе, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 216 с.

Интернет маълумотлари

5. http://hea.iki.rssi.ru/HEAD_RUS/links_k.htm
6. <https://books.google.com/books?isbn=0226069710>
7. <https://books.google.com/books?isbn=0226724573>
8. [https:// nuclphys.sinp.msu.ru/](https://nuclphys.sinp.msu.ru/)

6-Мавзу: ГРАВИТАЦИОН ТЎЛҚИНЛАР (2 соат).

РЕЖА

- 6.1. *Астрономияда гравитацион тўлқинлар.*
- 6.2. *Гравитацион тўлқинлар манбалари.*
- 6.3. *Қора ўралар ва нейтрон юлдузларнинг тўқнашуви натижасида ҳосил бўлган гравитацион тўлқинлар.*
- 6.4. *Гравитацион тўлқинларни қайд қилиши.*

Таянч иборалар: Гравитацион тўлқин, космик микротўлқин, қора ўра, нейтрон юлдуз.

6.1. Астрономияда гравитацион тўлқинлар

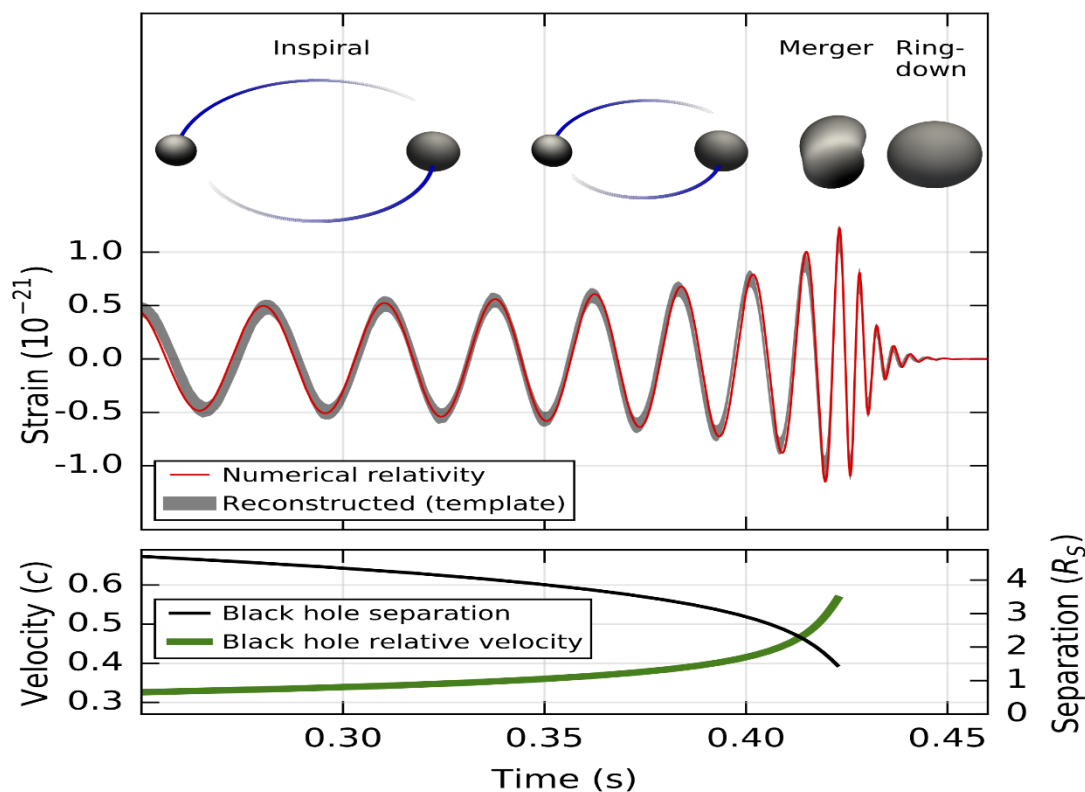
Гравитацион тўлқинлар Эйнштейн томонидан XX асрнинг бошларида умумий нисбийлик назарияси доирасида башорат қилинган эди. Орадан сал кам юз йил ўтибгина бу башоратлар ўз тасдиғини топди. 2015 йилда LIGO ва VIRGO обсерваторияси томонидан Ердан тахминан 1,3 миллиард масофада жойлашган нуқтада икки қора туйнук тўқнашувидаги пайдо бўлган гравитацион тўлқинлар аниқланди ва бу GW150914 ҳодиса сифатида қайд этилди. Бу илм фан соҳасида улкан ғалаба қўлга киритилиши сифатида эътироф этилди. Ва 2017 йилда Райнер Вайсс, Барри Барриш ва Кип Торнларга Нобель мукофоти топширилди. Юртимизда илм-фанга бўлган эътибор олиб борилаётган сиёсатнинг энг асосий йўналишларидан бири бўлиб қолди. Бунга мисол қилиб астрономия соҳасида олиб борилаётган ишларни келтиришимиз мумкин. Аниқ фактларни келтириб ўтадиган бўлсак, нафақат Ўзбекистондаги балки бутун дунёдаги энг қулай астрономик кузатув иқлимига эга Майданак тоғида жойлашган обсерваторияда диаметри тўрт ярим метрли телескопнинг қурилиш ишлари бошлаб юбоилганини келтириш мумкин. Бу соҳада олиб борилаётган ишлар таълим жараёнига ҳам инновацион технологиялар юқори суратлар билан кириб келишига ўз таъсирини ўтказмай қолмайди.

6.2. Гравитацион тўлқинлар манбалари

XX асрга қадар астрономлар осмон жисмларини фақатгина ёруғликнинг кўринма (инсон кўзи билан кўра оладиган) нурларидагина кузатиш билан чегараланар эдилар. XX асрга келиб техника ривожини натижасида астрономларнинг имкониятлари жадаллик билан ортди. Осмонни радиодиапазонда кузатиш (хамда эшитиш) имконияти пайдо бўлди (радиоастрономия). Маълумки, Ер атмосфераси хаёт учун хавфли бўлган ультрабинафша, рентген ва гамма нурланишларни ютиб қолади. Бироқ осмон жисмларини электромагнит нурланишнинг бундай тўлқин узунликларида кузатиш уларнинг табиати хақида кўплаб янги маълумотларни бериши мумкин. Бундай имконият ўтган асрнинг 70 йилларида пайдо бўлди, ўшанда астрономик ускуналарни аввал ракетага, сўнг сунъий йўлдошларга, сўнг эса сайёраларга космик аппаратларга ўрнатила бошланди. Шундай қилиб астрономлар осмон жисимларини электромагнит спектрининг барча соҳаларида кузатиш имконига эга бўлдилар. Оддий қилиб айтганда астрономлар Коинотни барча тўлқин узунликларида кузата бошладилар.

Коинотда баъзи-бир жараёнлар пайтида (масалан, юлдузлар ичидаги ядровий реакцияларда ёки ўта янги юлдузлар пайдо бўлиши пайтларида) электромагнит тўлқинлардан ташқари куплпб нейтринолар пайдо бўлади. XXI аср бошларига келиб нейтрино астрономияси юзага келганлиги констатация қилинди. 2015 йилнинг кузида биз астрономиянинг яна бир янги йўналиши, гравитацион тўлқинлар астрономиясининг пайдо бўлишина гувоҳи бўлдик. 2016 йилнинг 11 феввалида АҚШ Миллий илмий фонди (National Science Foundation – NSF) томонидан гравитацион тўлқинларнинг илк бора тажрибада қайд этилгани эълон қилинди. Ушбу кашфиёт оламшумул кашфиёт бўлиб, замонавий астрофизикада янги илмий йўналишларни очади⁴¹.

⁴¹James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.



- 1.
2. 2-расм. Иккита қора туйнукларнинг қўшилиши натижасида тарқалган гравитацион тўлқинларнинг қайд этилиши.

Гравитацион тўлқинлар мавжуд бўлиши назарий жихатдан Альберт Эйнштейн томонидан умумий нисбийлик назариясини яратганидан сўнг 1916 йилдаёқ айтилган эди. Орадан 100 йил ўтиб, гравитацион тўлқинлар кашф этилди. АҚШ даги гравитацион тўлқинларни қайд этувчи LIGO – обсерваторияси томонидан 2015 йилнинг 14 сентябрида иккита қора туйнукларнинг бирлашиши натижасида янги битта Қора туйнукнинг пайдо бўлиши натижасида ажралиб чиққан гравитацион тўлқинларни қайд этди⁴². Гравитацион тўлқинлар табиатан кичик интенсивликка эга бўлиб, уларнинг интенсивлиги гравитацион тўлқин манбасининг массасига тўғри пропорционалдир. Қора туйнуклар массалари етарлича катта бўлганлиги туфайли улардан келаётган гравитацион тўлқиннинг интенсивлиги тажриба қурилмалари аниқлиги интервалида бўлди. Гравитацион тўлқинлар ёруғлик тезлигида тарқалувчи, фазодаги массив объектларнинг ўзгарувчан тезланиши натижасида фазода пайдо бўлувчи югурувчи тебранишлардир. Иккинчи тарафдан эса гравитацион ўзаро таъсир жуда ҳам кучсиз (табиатдаги бошқа мавжуд ўзаро таъсирларга нисбатан), унинг устига квадрупол характерга эга бўлган гравитацион тўлқинлар амплитудаси кичик бўлгани учун уларнинг мавжудлигини тажрибада тасдиқлаш узоқ йиллар давомида имконсиз вазифа бўлиб келган.

1974 йили Рассел Халс ва Джозеф Тейлор томонидан PSR B1913+16 қўшалок нейтрон юлдузидан иборат тизимни кузатуви натижасида гравитацион тўлқинларнинг мавжудлигининг билвосита тасдиғи олинди ва 1993 йилда

⁴²T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.

ушбу олимлар физика бўйича Нобел мукофотиغا сазовор бўлдилар. Юлдузларнинг бир-бирининг атрофида айланиши натижасида улар гравитацион тўлқинлар тарқатишади ва бунинг натижасида уларнинг ҳаракат кинетик энергияси камайиб боради. Юлдузлар энергияларининг камайиши уларнинг ҳаракат орбиталари радиусларининг камайишига, бу эса ўз навбатида айланиш даврларининг камайишига олиб келади. Умумий нисбийлик назарияси томонидан қилинган ушбу ҳисоб-китоблар кузатув натижалар билан мос келди.

Гравитацион тўлқинларни бевосита қайд этиш масаласи 1960 йилларда Джозеф Вебер тажрибалари ва ундан кейин Вебер томонидан тақлиф этилган ҳамда такомиллаштириб борилган гравитацион тўлқинлар резонанс детекторлари ёрдамида қайд этишга уринишлари билан боғлиқ. Ушбу детекторларнинг ишлаш принципи гравитацион тўлқинларнинг катта – тахминан бир метрлик одатда алюмин цилиндр бўйлаб ўтишида унинг сиқилиши ва кенгайиши натижасида унда тебранишларни вужудга келиши ва ушбу цилиндр қўнғироқ сингари “жаранглай” бошлаб, уларни қайд этиш имкони пайдо бўлишига асосланган.

Гравитацион тўлқинлар детекторларининг кейинги авлоди эса Майкельсон интерферометрларини ишлатишга асосланган. Ушбу асбобларнинг ишлаш принципи гравитацион тўлқин интерферометрнинг елкалари орасида ёруғлик йўллариининг фарқини катта аниқлик билан ўлчашга асосланган. Хозирги пайтда ўлчаш аниқлиги юқори бўлган гравитацион тўлқин интерферометрлари АҚШ да жойлашган LIGO обсерваторияси (елкаларининг узунликлари 4 км дан бўлган иккита интерферометр) ва Европадаги VIRGO (елкасининг узунлиги 3 км га тенг бўлган интерферометр) обсерваториялари бўлиб, ушбу обсерваториялар ўзаро ҳамкорликда ишлашади.

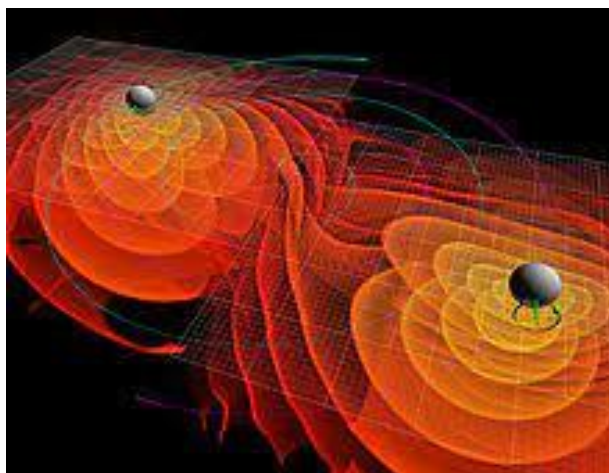
Иккита қора ўранинг қўшилиши натижасида ажралиб чиққан амплитудаси 10^{-21} бўлган гравитацион тўлқинлар 2015 йилнинг 14 сентябрида LIGO обсерваториясида даставвал Ливингстондаги, сўнгра 7 миллисекунддан сўнг Хэнфорддаги интерферометрлар ёрдамида қайд этилган. Бунда ўлчаш мумкин бўлган сигналнинг давомийлиги бор йўғи 0.2 секунд бўлган. Ушбу ходисага GW150914 рақами берилди (бунда ходисанинг санаси — ЙЙООКК шаклида ёзилган).

Ушбу ҳамкорликда ишлаётган олимлар қайд этилган сигнални қайта ишлаш 2015 йилнинг 18 сентябрдан 5 октябргача давом этган. Бу пайтга келиб илмий жамиятда оламшумул кашфиёт ҳақида гап-сўзлар тарқала бошлади. Айнан шу пайтда мен ва Астрономия институтининг катта илмий ходими Ахмаджон Абдужаббаров илмий сафар билан Германиянинг Франкфурт университетининг Назарий физика институтида эдик ва ушбу оламшумул кашфиётнинг хорижий олимлар орасида муҳокамасида қатнашиш бахтига муяссар бўлдик. Шундай қилиб, ўзбекистонлик олимлар ҳам ушбу оламшумул янгиликдан хабардор бўлган камсонли мутахассислар қаторида бўлиб қолди.

6.3 Қора ўралар ва нейтрон юлдузларнинг тўқнашуви натижасида ҳосил

бўлган гравитацион тўлқинлар

LIGO ва Virgo расадхоналарида иш олиб бораётган физикларнинг хабар беришича, гравитация тўлқинларининг янги манбаси аниқланган. Унда нейтрон юлдузнинг ўзига қўшни бўлган қора туйнукка кулаши натижасидан гравитацион мавжланиш содир бўлгани айтилмоқда. Бу – олимлар томонидан кузатилган гравитация тўлқинларининг янги бир эҳтимолий манбаси бўлиб, бунгача гравитацион тўлқинлар иккита қора туйнукларнинг ўзаро тўқнашуви ва бирлашиб кетишидан ёки иккита нейтрон юлдузнинг тўқнашувидан ҳосил бўлгани аниқланган эди. Эндиликда эса астрофизиклар биринчи марта қўшалок тизим – нейтрон юлдуз ва қора туйнукнинг тўқнашуви ҳосил қилган фазо-вақт мавжланиши қайд қилган. 2016 йилнинг 11 февралда халқаро LIGO илмий ҳамкорлигидаги мутахассислар Вашингтонда махсус матбуот анжуманида гравитацион тўлқинлари ҳақиқатда мавжудлиги ва қайд этилганини эълон қилишди (Маълумот учун, 1887 йилда Герцга ўзи томонидан мавжудлиги айтилган электромагнит тўлқинларини қайд этиш учун бир йил етарли бўлган). Қайд этилган сигналнинг шакли умумий нисбийлик назарияси доирасида қилинган иккита массаси мос равишда 36 ва 29 Қуёш массасига тенг бўлган қора ўраларнинг қўшилишида чиқадиган гравитацион тўлқиннинг шакли билан мос келди. Натижада ҳосил бўлган қора ўранинг массаси эса 62 Қуёш массасига тенг экан. 0,43 секундда ажралиб чиққан гравитацион тўлқиннинг энергияси 3 Қуёш массасига тенг бўлган энергияга тенг экан. Солиштириш учун бизнинг Қуёшимиз 10 миллиард йил давомида ўзининг массасининг мингдан бир қимини нурланиш энергияси тариқасида йўқотади. Ушбу GW150914 объектигача бўлган масофа эса тахминан 1,3 млрд ёруғлик йилига ёки 41 мегапарсекка тенг. Сигнал манбасининг жойлашганлик йўналиши детекторларда сигналнинг ўтиш вақтлари фарқи билан аниқланади. Иккита детектор мавжуд бўлганда эса, ушбу вақтлар фарқи фақат детекторларни туташтирувчи тўғри чизик ва манбагача бўлган йўналиш орасидаги бурчакнигина аниқлаш имконини беради. Юлдуз осмони харитасида гравитацион тўлқиннинг жойлашган соҳаси ингичка халқа кўринишида бўлади. Ушбу халқанинг ингичкалиги ўлчаш натижаларининг аниқлигига боғлиқ – қанчалик аниқ ўлчашлар олиб борилса, шунчалик халқа ингичкалашиб бораверади. GW150914 объектидан келаётган сигналнинг кечикиши $6,9 \pm 0,5 - 0,4$ мс га тенг ва бу манба жойлашган соҳа юлдузлар осмон харитасида майдони 140 кв. градус ёки 590 кв. градусга тенг ярим ой шаклида эканлиги аниқланди ва бу унинг оптик ва рентген нурлар диапазонида кузатиш имкони йўқлигини билдирди.



LIGO даги кейинги кузатувлар энди VIRGO (кейинчалик аниқлиги янада юқорирак бўлган Япониянинг KAGRA) обсерваторияси билан ҳамкорликда 2016 йилнинг август ойидан бошлаб ўтказилиши режалаштирилган. Гравитацион тўлқинларни қайд этишда яна битта интерферометрнинг қатнашиши гравитацион тўлқинларнинг қутбланишини аниқлаш ва манба жойлашган соҳанинг кичиклаштириш имконини беради. Учта битта тўғри чизикда жойлашмаган детекторнинг мавжудлиги манбанинг жойлашган координатасини аниқлаш ва ушбу манбани ЎзРФА Астрономия институти ва LIGO обсерваторияси билан ҳамкорлик доирасида Майданак баландтоғ обсерваториясида оптик диапазонда кузатув олиб бориш имкониятини очиб беради. Бундан ташқари, LIGO обсерваторияси ёрдамида гравитацион тўлқинларни қайд этиш орқали аниқланиши кутилаётган нейтрон юлдузларнинг қўшилиши ходисаси натижасида кенг диапазонда кучли электромагнит тўлқинлар ҳам тарқалиши мумкин. Ушбу ҳолатда турли астрономик ходисаларни турли узунликдаги электромагнит тўлқинлар ёрдамида кузатиш ва гравитацион тўлқинлар ёрдамида ушбу ходисалар ҳақида тўлароқ маълумот олиш мумкин бўлади.

Маълумки, осмонни турли диапазондаги электромагнит тўлқинлар ёрдамида ўрганиш коинот ҳақида янги маълумотлар олиш имконини беради. XX асргача кўп асрлардан бери астрономлар фақат оптик диапазонда кузатувлар олиб борилган. Бироқ, XX асрга келиб коинотни ўрганиш рентген нурлар, радиотўлқинлар, ультрабинафша ва гамма нурлар ёрдамида кузатувлар олиб бориш имконини берувчи телескоплар орқали ҳам амалга оширила бошлади. XXI асрда эса гравитацион тўлқинларни қайд этиш янги гравитацион тўлқин астрономиясини яратилиши ва ривожланиши билан боғлиқ бўлади. Ушбу янги соҳа ёрдамида турли компакт гравитацион объектлар – қора ўралар, нейтрон юлдузлар ва бошқа объектлар табиати, ички тузилиши ҳақида тўлароқ маълумот олиш мумкин бўлади.

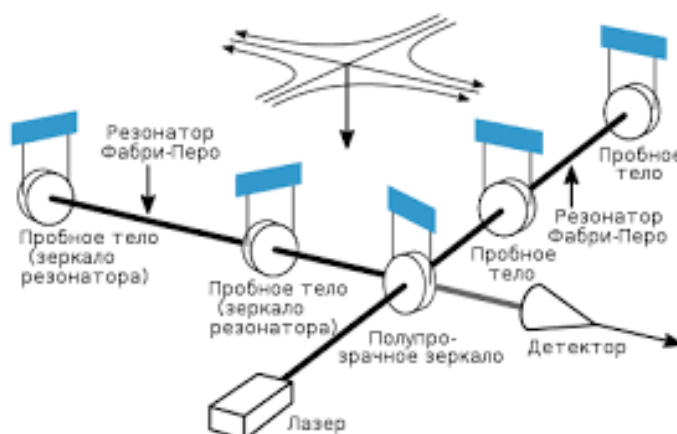
Айтиш жоизки, 2019 йил апрель ойида олимлар нейтрон юлдузнинг қора туйнукка қулашидан ҳосил бўлгани тахмин қилинган кучсиз сигнални қайд қилган эди; бироқ буни қатъий далиллашнинг иложи бўлмаётганди. Маълум қилинишича, олинган янги натижалар етарлича ишончли бўлиб, энди нейтрон

юлдуз ва қора туйнук тўқнашувидан юзага келган мавжланишга шубҳа қилмаса ҳам бўлади.

Кузатувларда иштирок этган олимлар қайд этилган гравитация тўлқини биздан 900 миллион ёруғлик йили масофада жойлашган нейтрон юлдузнинг ўзига яқин бўлган қора туйнукка бориб қулашидан ҳосил бўлган ва жараёни улар осмоннинг 23 квадрат градус билан чегараланган қисмидан қайд этган. Бу жуда катта миқёс бўлиб, таққослаш учун айтадиган бўлсак, масалан Ой Ердаги кузатувчига нисбатан осмоннинг фақат 0,2 квадрат градус қисмини эгаллайди. Агар астрономлар мазкур 23 квадрат градус осмон қисмидан шу ҳодисага алоқадор чакнашларни ва ёки нурланишларни қайд этса, бу кашфиёт ҳақ эканини янада тасдиқлайдиган фактга айланади. Олимлар шу ва шу каби қўшалок тизимлар тўқнашувидан ҳосил бўлган гравитацион мавжланишларни кузатиш орқали Хаббл доимийсининг аниқ қийматини белгилаш ҳамда Коинотнинг кенгайиш тезланишини, шунингдек, мавҳум энергия (қора энергия) табиатини янада чуқурроқ ўрганишни мақсад қилган.

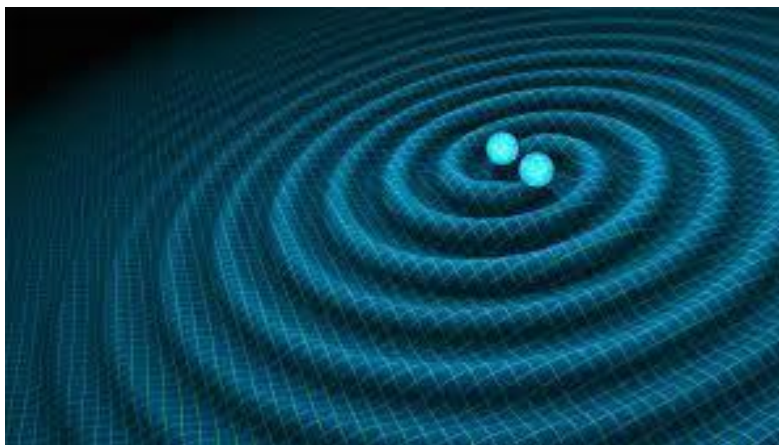
6.4. Гравитацион тўлқинларни қайд қилиш

Гравитациявий тўлқинларнинг мавжудлиги биринчи марта 1916 йилда тахмин қилинган Алберт Эйнштейн томонидан умумий нисбийлик асосида. Ушбу тўлқинлар тортишиш майдонидаги тўлқинлар каби тарқаладиган ўзгаришларни акс еттиради. Гравитациявий тўлқин икки жисм орасидан ўтганда, улар орасидаги масофа ўзгаради. Ушбу масофадаги нисбий ўзгариш тўлқин амплитудасининг ўлчови бўлиб хизмат қилади. Аниқроғи, детекторнинг ўзига хос йўналишида тортишиш тўлқини, биринчи яқинлашувда, космос вектори томонидан белгиланган масофада еркин осилган жуфтликдан иккинчи жисмга таъсир қилувчи Нютон кучи сифатида қаралиши мумкин.



Гравитацион тўлқин детектори (тортишиш тўлқинлари телескопи) - бу тортишиш тўлқинларини аниқлаш учун мўлжалланган техник қурилма. Умумий нисбийликка кўра, тортишиш тўлқинлари, масалан, коинотнинг

бирон бир жойидаги иккита қора туйнукларнинг бирлашиши натижасида, фазовий вақтнинг ўзи тебраниши туфайли синов зарралари орасидаги масофаларнинг ўта заиф даврий ўзгаришини келтириб чиқаради. Синов жисмларининг бу тебранишлари детектор томонидан қайд қилинади. Бундан ташқари, бундай детекторлар геофизик табиатнинг тортишиш бузилишларини ўлчашга қодир. Масалан, ЛИГО ва ВИРГО интерферометрларида сидерал даврийлик билан модуляциялар қайд етилди. Енг кенг тарқалган икки турдаги тортишиш тўлқинлари детекторлари. 1967 йилда Жозеф Вебер (Мериленд университети) томонидан кашшоф қилинган турлардан бири бу тортишиш антеннаси - одатда паст ҳароратгача совутилган массив металл бар. Детекторнинг ўлчамлари унга тортиш кучи тўлқини тушганда ўзгаради ва агар тўлқиннинг частотаси антеннанинг резонанс частотасига тўғри келадиган бўлса, антенна тебранишларининг амплитудаси шунчалик катталаниши мумкинки, тебранишларни аниқлаш мумкин. Вебернинг кашшоф тажрибасида антенна пўлат симларга осилган, узунлиги 2 м ва диаметри 1 м бўлган алюминий цилиндр еди; антеннанинг резонанс частотаси 1660 Ҳз, пьезоэлектрик датчикларнинг амплитуда сезгирлиги 10-16 м еди. Вебер тасодифлар учун ишлайдиган иккита детектордан фойдаланган ва сигнал аниқланганлиги ҳақида хабар берган, уларнинг манбаси катта еҳтимоллик билан марказ Галахй. Бироқ, мустақил тажрибалар Вебернинг кузатувларини тасдиқламади. Ҳозирги вақтда ишлайдиган детекторлардан МиниГРАИЛ шарсимон антенна (Лейден университети, Голландия), шунингдек АЛЛЕГРО, АУРИГА, ЕХПЛОРЕР ва НАУТИЛУС антенналари ушбу принцип асосида ишлайди.



Юқорида тавсифланган детекторларнинг турлари паст частотали тортишиш тўлқинларига сезгир (10 кҲз гача). Яқин иккилик туридаги тортишиш тўлқинларининг даврий манбаларига мос келадиган ундан ҳам паст частотали сигнал (10^{-2} – 10^{-3} Ҳз) оптик-метрик параметрли резонанс таъсирига асосланган усул ёрдамида қайд етилган бўлиши мумкин [3]. [4]. Тажрибада одатдаги радио телескоп ёрдамида космик радио манбаларни (масерларни) кузатишлари қўлланилади. Гравитациявий тўлқин

детекторларининг юқори частотали версиялари ҳам ишлаб чиқилмоқда, масалан, иккита интервалли осилаторнинг ўзаро частотали силжиши ёки микротўлқинли нурларнинг қутбланиш текислигининг айланиш цикли қўлланмасида айланиши асосида.

Гравитациявий нурланишни электромагнитга айлантириш орқали конденсацияланган диелектрик муҳит томонидан юқори частотали тортишиш тўлқинларини аниқлаш жараёни еҳтимоли тўғрисида гипотеза илгари сурилди.

Назорат саволлари:

1. Икки қора ўра тўқнашувидан нимани кузатиш мумкин?
2. Гравитацион тўлқинлар манбалари нималар?
3. Гравитацион тўлқин қайд қилгичлари қандай қўринишда бўлади?
4. Гравитацион тўлқинлар қачон қайд этилди?
5. Гравитацион тўлқинларнинг оддий тўлқиндан фарқи.
6. Интерферометр нима?
7. Гравитацион тўлқинларнинг тугулиши бизга нима беради?
8. Иккита компакт объект тўқнашмаса ҳам гравитацион тўлқин ҳосил бўладими?
9. Гравитацион тўлқинларнинг кашф этилиши.
10. Гравитацион тўлқин обсерваториялари.

Фойдаланилган адабиётлар

1. James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.
2. Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.
3. Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.
4. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
5. L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.
6. Бочкарев Н.Г.б Магнитные поля в космосе, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 216 с.

Интернет маълумотлари

1. http://hea.iki.rssi.ru/HEAD_RUS/links_k.htm
2. <https://books.google.com/books?isbn=0226069710>
3. <https://books.google.com/books?isbn=0226724573>
4. <https://journals.aps.org/prd/abstract/10.1103/PhysRevD.96.083003>
- 5.

7-Мавзу: ЎТА МАССИВ ҚОРА ЎРАЛАР

РЕЖА

7.1. Галактика марказидаги ўта массив қора ўралар.

7.2. Айланувчи қора ўралар атрофида оптик жараёнлар.

7.3 Айланувчи қора ўралар атрофида энергетик жараёнлар.

Таянч иборалар: ўта массив қора ўра, айланувчи қора ўра, энергия ажралиши, аккреция диски.

7.1. Галактика марказидаги ўта массив қора ўралар

Астрономлар инсоният тарихидаги қора туйнукнинг илк суратини турли қитъаларда жойлашган саккизта – Шимолий Америка, Ҳавайи, Европа, Жанубий Америка ва Жанубий кутбга ўрнатилган радиотелескоп ёрдамида олишга муваффақ бўлди. Ушбу қора туйнук Messier 87 (M87) галактикасида жойлашган бўлиб, 200 миллиардлаб юлдузларни ўзида тутиб туради. У Ердан 55 миллион ёруғлик йили масофада жойлашган. Бу сониясига 300 минг километр тезликка эга ёруғлик нури қора туйнукка 55 миллион йилда етиб боришини англатади.

Фотосурати олинган қора туйнукнинг массаси Қуёшникидан 6,5 миллиард марта катта. Қуёш массаси эса Ерникидан 333 минг марта катта. Бизнинг Сомон Йўли галактикамиз марказидаги Ўқотар А* супермассив қора туйнук ундан анча кичик – тахминан 4,5 миллион Қуёш массасига тенг. Яна бир жиҳати бу қора туйнук коинотдаги энг каттаси эмас.

Ёруғ ҳалқанинг бир қисми қалинроқ ва ёрқинроқ эканлиги қора туйнукнинг атрофидаги плазма соат мили йўналишида ёруғлик тезлигига яқин тезлик билан айланаётганидан далолат беради – Doppler beaming эффектига биноан биз томонга ҳаракатланган модда ёрқинроқ кўринади. Бироқ, M87 қора туйнугининг хусусий айланиш тезлигини аниқ ҳисоблаш учун тасвир сифати ҳозирча етарли эмас. Бу кичкинагина сурат – умумий нисбийлик назариясининг яна бир тасдиғи ва одамзотнинг олам тўғрисидаги тасаввурлари тўғри эканининг исботидир. Кашфиётнинг илм-фандан ташқарида ҳам катта аҳамияти бор.

Тарихдан бугунгача. Замонавий физиканинг икки катта «фарзанди» бор. Шулардан бири – коинот катта миқёсда қандай ишлашини тушунтириб берадиган умумий нисбийлик назарияси. 1915 йилда Альберт Эйнштейн томонидан эълон қилинган бу ғояга кўра, гравитация, яъни бутун олам тортишиш кучи аслида масса таъсирида фазо ва вақтнинг эгриланишидир. Массага эга бўлган ҳар қандай жисм ўзи атрофида фазо ва вақтни эгрилайди, масса қанча катта бўлса, эгрилик ҳам шунча кучли бўлади.

Эйнштейн майдон тенгламаларининг биринчи аниқ ечимини немис физиги Карл Шварцшильд топган. Унинг ечимини 1939 йилда Толмен – Опенгеймер - Шнайдер шар шаклида тақсимланган чанг модданинг коллапсини ва атрофидаги фазо-вақт эгрилигини ўрганаётиб ғаройиб бир натижа олган: берилган массали модда маълум бир ўлчамгача сиқилса, унинг тортишиш кучини енгиб бўлмай қолади, модданинг ҳаммаси марказдаги бир нуқтада тўпланади, унинг атрофида эса фаразий математик сирт – ҳодисалар горизонти ҳосил бўлади. Бу фаразий сиртдан «ичкарига» ўтган ҳар қандай

нарса қайтиб чиқа олмайди, ҳатто ёруғлик ҳам. Айнан шу сабабли бундай жисмлар кейинчалик ўтган асрнинг 60 йилларида Америкалик олим Жон Арчибалд Уиллер томонидан «қора туйнук»/«қора ўра» деб ном олган.

Шу пайтгача қора туйнуклар (ёки уларга жуда ўхшаш жисмлар) мавжудлигига кўплаб далиллар топилган, лекин улар бевосита кузатилмаган эди. Шу ўринда «қора туйнукдан ёруғлик ҳам чиқмаса, уни қандай кузатиш мумкин» деган савол туғилиши табиий. Гап шундаки, одатда қора туйнуклар атрофида у ён-атрофдан «суғуриб» олган модданинг қолдиқлари – чанг ва газ тўдалари бўлади. Модда қора туйнукка қулаб тушаётганида унга яқинлашган сайин унинг атрофида тобора тезроқ айланиб, катта ҳароратларгача қизийди ва ўзидан нурланиш чиқара бошлайди. Бундан ташқари, коинотдаги миллиардлаб манбалардан чиқаётган нурланиш ҳам қора туйнукнинг ёнидан ўтади. Ҳодисалар горизонти яқинида гравитация жуда кучли бўлгани сабаб нурларнинг йўли эгриланади, яъни қора туйнук ўзига хос линза вазифасини ўтаб, нурланишни фокуслайди ва яқинлашган фотонларни ютиб юборади. Натижада биз у томон қараганда ёруғ ҳалқа ичидаги қора доғ – ўзига хос шарпани кўрамыз. Шарпанинг шакли қора туйнукнинг параметрларига боғлиқ равишда турлича бўлиши мумкин, ва унинг геометрик параметрлари асосида қора ўранинг физик параметрларини аниқлаб бўлади. Демак, қора туйнукларни топишнинг бир йўли – умумий нисбийлик назарияси доирасида ҳисоб-китоблар орқали шарпанинг шакли қандай бўлиши мумкинлигини аниқлаш ва осмонда шунга ўхшаш объектларни қидириш.

Бироқ юлдуз массасидаги қора туйнуклар одатда жуда кичик (масалан, бизнинг Қуёшимизникидек массага эга бўлган қора туйнук радиуси атиги 3 километрга тенг бўлади), шу сабабли кузатиш учун галактикалар марказларида жойлашган ўта массив қора туйнуклар афзалроқ. Лекин бир радиотелескопда қора туйнук шарпасини кўришнинг иложи йўқ – бунинг учун телескоп ўлчами Ер куррасига баробар бўлиши керак. Чунки кўринма ўлчамлари энг катта бўлган иккита қора ўранинг шарпаси Ойнинг кўринма катталигидан миллион баробар кичик бўлади.

Event Horizon Telescope (ҳодисалар горизонти телескопи) лойиҳаси бу масалани стандарт усулда ҳал қилди – Ер билан баробар битта катта телескопни ишлатиш ўрнига Ернинг турли жойларида жойлашган саккизта радиотелескопдан фойдаланиш режалаштирилди. 2017 йил апрель ойининг бошида радиотелескопларнинг ҳар бири жойлашган ҳудудда об-ҳаво кузатиш учун қулай бўлди ва тўрт кун давомида бу телескоплар М87 галактикаси марказини кузатди. Бунда олинган ахборот ҳажми шунчалик катта эдики, уларни тармоқ орқали жўнатишнинг иложи йўқ эди (бунинг устига, баъзи радиотелескоплар жойлашган ҳудудларда тармоқ йўқ, масалан Антарктидада), шу сабабли олинган маълумотлар қаттиқ дискларга ёзилиб, катта контейнерларда кема ва самолётлар орқали АҚШдаги Массачуссетс технологиялар институтининг Хэйстэк обсерваторияси ва Бонндаги Макс Планк радиоастрономия институти марказларига етказилди. Бу марказларда маълумотлар тўғрилиги ва бутунлиги қаттиқ текширилгач, улар тасвирни тиклаш учун олимларга берилди. Тасвир устида бир неча гуруҳ бир-биридан

мустақил равишда ишлади (инсон омили таъсирини камайтириш учун). Шу билан бир вақтда назариётчилар табиатда мавжуд бўлиши мумкин бўлган минглаб ҳолатлар учун қора туйнук шарпаси қандай бўлиши мумкинлигини суперкомпьютерларда моделлаштириб, назарий тасвирларни ҳосил қилди. Кузатув натижалари назарий ҳисоб-китобларга мос келгач, илк бор қора туйнук мавжудлиги исботланиб оммага тақдим этилди.

7.2. Айланувчи қора ўралар атрофида оптик жараёнлар

Бу дунё илм-фани учун муҳим янгилик бўлганидан бир вақтнинг ўзида олти шаҳарда (Брюссел, Вашингтон, Сантяго-де-Чили, Тайпей, Токио ва Шанхай) матбуот конференцияси ташкил қилиниб, сурат ҳақида журналистларга маълум қилинди. Шу вақтга қадар қора туйнуклар тўғрисидаги билимларимиз фақат назарий бўлиб келган эди. Уларнинг мавжудияти мутлақ илмий гипотеза ҳисобланиб, айримлар бу гипотезага ишонқирамай қараган ҳам.

Олимлар қора туйнуклар мавжудлигини билмаганми? Аниқроқ айтганда, бунга олимларнинг ишончи юз фоиз комил бўлмаган. Шу пайтгача қора туйнукларни инсоният ихтиёрида мавжуд имкониятлар билан кузатишнинг имкони туғилмаган. Буни чакмоқ ва момақалди роқ мисоли билан жўнроқ тушунтириш мумкин. Биз чакмоқнинг зарба тўлкини кучли гумбурлаш ҳосил қилишини биламиз ва бу шовқинни момақалди роқ сифатида қабул қиламиз. Бироқ иккала табиат ҳодисаси бир-бирисиз мавжуд бўла олмайди. Аммо чакмоқ куюқ булутлар ичида ёки осмонўпар бинолар ортида ҳам кечиши мумкин. Бундай ҳолатда фақат гумбурлашни эшитамиз ва чакмоқнинг ўзини кўрмаймиз, лекин қаердадир чакмоқ содир бўлганини ишонч билан айта оламиз. Чунки буни бошқача изоҳлаб бўлмайди. Бугунги кунгача қора туйнуклар билан ҳам ўхшаш вазият кузатилган. Уларнинг мавжудияти илмий фаразлар орқали (илк бор XVIII асрнинг охирида) башорат қилинган ва бу кўп марта турли ҳисоб-китоблар орқали тасдиқланган. Бироқ олимлар қўлида ушбу гипотезани исботлайдиган «ашёвий далиллар» йўқ эди. Энди эса бор.

Суратга олишга нима халал бериб келаётган эди? Гап шундаки, ўз номи билан қора туйнукни қуролланмаган кўз ёки бошқа жиҳозлар билан кўришнинг имкони йўқ. Биз фақат ёруғлик нурини қайтарган объектларнигина кўра оламиз, холос. Тасаввур қилинг, зимистон хонадасиз. Бундай хонада нимани кўриш мумкин? Албатта, ҳеч нарсани. Ҳатто, хона нарсалар билан тўлдирилган бўлса ҳам, сиз уларни кўра олмайсиз, фақат пайпаслаб, ҳис қилишингиз мумкин. Қоронғи хонада тунги кўриш асбобидан фойдаланишингиз мумкин: у кўринмас инфрақизил нурларни тутиб, уларни кўзимизга мослаб беради. Бироқ қора туйнукнинг тортиш кучи шу қадар улканки, уни қўлимизда мавжуд телескопларга мос ҳеч қандай нурланиш енгиб ўта олмайди – на радиотўлқинлар, на рентген нурлари ёки гамма нури.

У ҳолда қора туйнук қандай қилиб суратга олинди? Аниқ қилиб айтганда, суратда қора туйнукнинг ўзи эмас, балки унинг фаразий «ташки қобиғи» акс этган. У ҳодисалар горизонти (Event Horizon), деб ҳам аталади. Ички қисмда қора туйнукнинг тортиш кучи ҳеч қандай маълумотнинг чиқиб кетишига йўл қўймайди, лекин ташқарида нурларнинг тортиш кучидан халос

бўлиш имконияти мавжуд. Радиотелескопларнинг мураккаб тизимидан ташкил топган Event Horizon Telescope (ЕНТ) лойиҳаси қора туйнук томонидан ютилмаган, айнан ҳодисалар горизонти ташқарисидаги турғун орбита бўйлаб юрган нурларни суратга олишга муваффақ бўлган. Олимлар мазкур лойиҳа доирасида қора туйнукни «тутиш»га узоқ йиллардан буён уриниб келаётган эди. Йиғилган маълумотлар шунчалик кўплигидан уларни интернет орқали узатишнинг имкони бўлмаган ва маълумотлар сақланган юзлаб қаттиқ дисклар самолётларда ташилган. Бир сўз билан айтганда, қора туйнук Эйнштейн назарияси ҳақлигини исботлади.

Суратда нимани кўриш мумкин? Қоп-қора туйнукни ўраб турган «оловли ҳалқа» ақл бовар қилмас даражада қизиган ва қора туйнук томонидан ютилаётган газнинг ҳосиласидир. Газ шу қадар кучли нур таратганидан, шу галактикада жойлашган миллиардлаб юлдузларни тўсиб қўяди. Ҳодисалар горизонти ичидаги қора бўшлиқда бизга маълум физика қонунлари ишламай қолади. Хулоса ўрнида шуни такидлаш жоизки, қора туйнуқлар – ўзида кўплаб синоат яшириб келаётган Коинотнинг жумбоқли объектларидир. Кўпгина баҳс ва мунозаларга сабаб бўлаётган кўп сонли парадокс ва муаммоларга қарамасдан ишонч билан айтиш мумкинки ҳозирда жавобсиз қолаётган саволлар келажакда ўз жавобини топади. Дарвоқе, қувонарлиси, лойиҳанинг уч катта тармоғидан бири бўлган назария ва моделлаштириш ишларида бизнинг олимлар ҳам қатнашган. Ўзбекистон Фанлар академияси Астрономия институтининг профессори Бобомурот Аҳмедов бошчилигидаги назарий астрофизика бўлими ходимлари ЕНТ лойиҳасининг назария ва моделлаштириш ишларида иштирок этиб, қора туйнуқлар шарпаларига тегишли ҳисоб-китобларни бажарган ва ўттиздан ортиқ қора ўранинг оптик хусусиятларига бағишланган илмий мақолалар дунёнинг энг нуфузли журналларида чоп этилган ва хаволалар орқали дунё илмий жамияти томонидан эътироф этилган. Масалан, бўлим ёш ходимларидан бири физика – математика фанлари доктори Аҳмаджон Абдужабборов эса шарпаларни тавсифлаш учун янги математик формализм яратган.

7.3 Айланувчи қора ўралар атрофида энергетик жараёнлар

Замонавий фан бизгасўнувчи массив юлдузлар билан боғлиқ кўпгина ҳайратомус ҳодисаларни таништиради. Уларни миллион йиллар давомида сақлаб келган ёнилғисининг етарли бўлмай қолиши билан юлдуз ортиқ мувозанат ҳолатини сақлаб қола олмайди ва ўз оғирлиги таъсирида маркази томон сиқилади, яъни коллапсга учрайди. Инсон ҳаётига ўхшаб юлдузлар ҳам ўзининг яшаш циклига эга. Улар чанг булутларида туғилади, ўсади ва миллион йиллар ёруғлик сочиб парланади ва ўлади. Юлдуз ўзининг дастлабки босқичларида ҳосил бўлган водороддан, кейин босқичларда гелийдан ва ниҳоят оғир элеменлардан иборат ички ёнилғиси ҳисобига ёруғлик сочади. Ҳар бир юлдуз ўзининг марказга тортувчи гравитацияси ва унга қарама қарши йўналишлардаги ички босим кучлари билан мувозанатга эга. Бу мувозанат ёнилғи темирга айланадиган вақтгача сақланади. Гравитация босим кучларидан катталашади ва юлдуз сиқила бошлайди.

Маълумки, юлдуз энергия захираси жуда катта бўлишига қарамай бу энергия вақт ўтиши билан босқичма-босқич яроқсизлашиб боради. Юлдузлар худди инсонларга ўхшаб яшайди, қарийди ва ўлади. Уларнинг яшаш вақти- пайдо бўлганидан то ядро ёнилғи ресурслари юлдуз бўлиб нур сочиб туришига етарли бўлмай қолишигача бўлган вақтдир. Бу вақт ҳар бир юлдузнинг массасига боғлиқдир. Хусусан, энг яқин юлдуз- бу 4,5 миллиард йиллардан бери ядро синтези жараёни ҳисобига ҳозирда ўзининг актив босқичида бўлган Қуёшдир ва унинг ёнилғи захираси яна 4,5 миллиард йилга етади. Қуёш ўз ёнилғисини сарфлаб тугатаётган босқичда ўзининг гравитацияси ҳисобидан Ер сайёраси ўлчамидан катта бўлмаган ўлчамгача сиқилади. Бунда у ҳосил бўлган электрон газ босими билан мувозанатлашгандан сўнг сиқилишдан тўхтаб оқ карликка айланади. Массаси Қуёш массасидан 3-5 марта катта бўлган Юлдузлар ўз умрини бошқача-нейтрон юлдузларга айланган ҳолда яқунлайди, бунда гравитация шундай кучлики электронларни атом ядросига жойлаштиради. Энди ички босим кучи электрон газ босими эмас балки нейтронлар босими ҳисобига гравитация кучларини мувозанатлайди ва 10 км гача сиқилиб боради.

Янада оғирроқ ва кўпроқ водород ёнилғи захирасига эга бўлган юлдузлар кучли гравитация кучлари таъсири остида тез ёнади ва яшаш вақти ҳам қисқа бўлади. Массаси жиҳатдан йирик бўлган юлдузлар том маънода бир неча миллион йил давомида “ёниб туради”, майда юлдузлар эса юзлаб миллиард йиллар давомида “яшайди”. Шундай экан, бу маънода бизнинг Қуёш “мустаҳкам ўрта” ликка киради.

Назарий жиҳатдан юлдузлар дастлабки массаларига боғлиқ ҳолда уч хил кўринишда ҳаётини яқунлайди: 1. Агар юлдуз ядросининг дастлабки массаси Чандрасекар чегараси деб аталадиган (тахминан) 1.4 Қуёш массасидан кичик бўлса қисқа вақт қизил гигант ҳолатидан кейин оқ карликка айланади. Оқ карлик ҳолида бир кеча миллион йиллар яшаб совуқ қора карликка, яъни ҳақиқий космик ўлик жисм- юлдузнинг мурдасига айланади. 2. Агар юлдузнинг дастлабки массаси Чандрасекар чегарасидан ошиб Волков чегараси деб аталадиган тахминан 2-3 Қуёш массасидан катта бўлса, ядро ёнилғисининг асосий қисми камайишидан кейин электрон газнинг босими қаршилиқ қила олмагач гравитация кучлари таъсири остида ташқи қатлами юлдузнинг марказига тушади. Бунинг натижасида юлдуз ҳажми 100000 марта камаяди, унинг ўртача зичлиги шунча марта ортади, радиуси эса атиги 10км атрофида бўлади. Деярли шу билан биргаликда юлдузнинг устки қатлами портлаш натижасида 10 000 км/с тартибидаги катта тезлик билан ҳар томонга отилиб кетади. Бу ҳодиса марказида нейтрон юлдуз ҳосил бўлиши билан яқунланувчи ўта янги юлдузнинг портлашидек кузатилади. Бу Хитой ва Япон тарихида айтиб ўтилган 1054 йилда ҳозирда марказида нейтрон юлдуз жойлашган Крабовид туманлиги ўрнида ёрқин юлдуз каби ярқираб, икки ҳафта давомида ҳаттоки кундузлари ҳам кўриниб турган. Шунини айтиб ўтиш жоизки 17 асда оптик телескоп кашфиётига қадар атиги бешта ўта янги юлдуз кузатиган ва улардан биттаси 1006 йилда Ибн Сино томонидан кашф этилган 3. Коллапсга учраётган юлдузнинг массаси қандайдир критик

қийматдан катта бўлса (3 Қуёш массасидан) гравитация шунчалик катта бўладики буни ҳеч нарса тўхтата олмайди, гравитацион коллапс қайтмас бўлиб қолади. Гравитация ҳал қилувчи куч бўлади, натижада юлдузнинг якуний ҳолати (ҳодисалар горизонти билан ўралган сингуляр нуқта) фактгина Эйнштейннинг гравитация назарияси ёрдамида ёритилади. Шундай қилиб, қора туйнуклар Коинотдаги жумбоқли хусусиятга эга бўлган сирли объектлардан бири. Маълумки, қора туйнук фазо-вақт соҳаси дейилади, гравитация майдони шунчалик кучлики, ҳаттоки ёруғлик ҳам бу соҳани ташлаб чиқиб кета олмайди. Бу жисм ўлчами узининг гравитацион ўлчамидан кичик бўлганда содир бўлади. Гравитацион радиус Қуёш учун 3км, Ер учун эса 9мм отрофида. А. Эйнштейннинг умумий нисбийлик назарияси қора туйнукларнинг ажабтовур хусусияти-қора туйнук учун муҳим бўлган ходисалар горизонти мавжудлигини кўрсатади. Қора туйнук ходисалар горизонти ичкараси ташқи кўзатувчига кўринмайди, ҳамма жараёнлар ходисалар горизонти ташқарисида содир бўлади.

Хулоса ўрнида шуни такидлаш жоизки, қора туйнуклар– ўзида кўплаб синоат яшириб келаётган Коинотнинг жумбоқли объектларидир. Кўпгина бахс ва мунозаларга сабаб бўлаётган кўп сонли парадокс ва муаммоларга қарамасдан ишонч билан айтиш мумкинки ҳозирда жавобсиз қолаётган саволлар келажакда ўз жавобини топади.

Назорат саволлари:

1. Қандай массали қора ўрани ўта массив деб атаймиз?
2. Ўта массив қора ўраларнинг мавжудлигини ким башорат қилган?
3. Ўта массив қора ўралар галактиканинг қаерида кузатилади?
4. Ўта массив қора ўралар қандай шаклланади?
5. Фаол ядроли галактика марказидаги ўта массив қора ўра атрофида нима ҳосил бўлади?
6. Ўта массив қора ўраларнинг айланиши улардан нима ажралиб чиқишига олиб келади.
7. Ўта массив қора ўраларни кузатишда қайси электромагнит тўлқин диапазонларидан фойдаланиш мумкин?
8. Аккрецияланиш нима?
9. Қандай ҳолда Ўта массив қора ўра атрофида аккреция диски ҳосил бўлади?

Фойдаланилган адабиётлар

7. James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.
8. Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.
9. Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.
10. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.

11. L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.
12. Бочкарев Н.Г.б Магнитные поля в космосе, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 216 с.

Интернет маълумотлари

6. http://hea.iki.rssi.ru/HEAD_RUS/links_k.htm
7. <https://books.google.com/books?isbn=0226069710>
8. <https://books.google.com/books?isbn=0226724573>
9. <https://journals.aps.org/prd/abstract/10.1103/PhysRevD.96.083003>

IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ

1-амалий машғулот. Катта портлаш ва инфляция.

Катта портлаш ва инфляция. Оламнинг ривожланишидаги ҳал қилувчи босқичлар, элементар зарралар шаклланиши ва барион модданинг устунлиги асимметрияси. (2 соат).

Космология - бу коинотнинг физик назарияси бўлиб, кузатиладиган маълумотларга ва назарий ҳулосаларга асосланади. Космологик моделларни яратишда тортишиш ва элементар заррачаларнинг замонавий физик назариялари қўлланилади. Улар маълум кузатув фактларининг умумийлигини тавсифлашга интилишади.

Кузатиладиган фактлар	Қисқача тавсифи	Эслатма
1. Гравитацион парадокс (Х. Зеелигер, 1895 й.)	Модда билан бир текисда тўлдирилган чексиз Коинотда Нютоннинг бутун олам тортишиш қонунига биноан, тортишиш кучини маълум бир нуқтада аниқ ҳисоблаш мумкин эмас.	1 ва 2- парадокслар чексиз стационар олам моделига зид келади.
2. Фотометрик парадокс (Ж. Шезо, 1744 й.; Г. Ольберс, 1826 й.)	Агар коинот чексиз бўлиб, у юлдузлар билан бир текис тўлдирилган бўлса, у ҳолда ҳар қандай йўналишда осмон бир текис ёниб туриши керак (ёрқинлиги қуёш юзасининг ёрқинлиги тартибида бўлади).	
3. Хабблнинг кенгайиш қонуни	Галактикалар спектрларида кузатилган қизил силжиш ва галактикаларнинг мос тушиш тезлиги масофасининг ошиши билан ортади, Хабл доимийси йўналишга боғлиқ эмас.	Қонунда коинотнинг беқарорлиги ҳақида айтилган
4. Фондаги микротўлқинли(реликт) нурланиш(РН). (А. Пензиас, Р. Вильсон, 1965 й.)	РН- изотропик электромагнит нурланиш, Планк спектрига эга $\lambda_m \sim 0,1 \text{ см}$. Фотонлар концентрацияси $200 \text{ 1/см}^3 = 2 \cdot 10^8 \text{ 1/м}^3$	Қуёш РН га нисбатан 370 км / с тезликда ҳаракат қилади
5. Барионлар зичлиги ва концентрацияси	$4 \cdot 10^{-28} \text{ 1/м}^3$. $n_b = \frac{4 \cdot 10^{-28}}{1,67 \cdot 10^{-27}} \approx 0,2 \text{ 1/м}^3$	
6. Коинот энтропияси	Коинот энтропияси деганда реликт фотонлар концентрациясининг барионлар концентрациясига нисбати тушунилади $S = n_\phi / n_b \sim 10^9$ ($n_b = \rho / m_b$, m_b - масса бариона).	$S = \frac{n_\phi}{n_b} \approx \frac{2 \cdot 10^8}{0,2} = 10^9$
7. Коинотнинг кўринадиган моддасининг	~75% водород, ~25% гелий, қолганлари 1% атропоид.	

кузатилган кимёвий таркиби		
8. Кузатиладиган галактикалар олами	Галактикалар кластерлар ҳосил қилиши мумкин, юлдузлар, газ, чанг, космик нурлар, магнит майдонлардан иборат.	
9. Коинотнинг йирик масштаблардаги таркиби	Галактикалар 100Мпк ўлчамдаги уясимон тузилмани ҳосил қилади. Уялар ичида галактикалар етишмовчилиги кузатилади (бўшлиқлар)	
10. Уч турдаги материя: кўринадиган, яширин массалар ва қоронғу энергия	Кўринадиган материя 4% ни, яширин масса 23% ни, қоронғу энергия эса 73% ни ташкил этади.	Қоронғу энергия тескари босимга (тортиш кучига қарши) эга ва коинотнинг тезлашиши билан кенгайишига олиб келади.
11. Коинотнинг бир ва жинслиги изотроплиги (космологик принцип)	Хусусиятларнинг йўналишга боғлиқмаслиги, уларнинг коинотнинг ҳамма жойида бир хил бўлиши; 100Мпк бўлган ўлчамларида кузатилади.	

Космологиянинг ривожланиш босқичлари

1. Нютон қонунларига асосланган бир хил изотропик олам модели.
2. Умумий нисбийлик назарияси тенгламаларига асосланган ностационар Олам модели А. Фридман томонидан олинган (1922).
3. Иссиқ Олам модели Г. Гамов томонидан яратилган (XX асрнинг 40-йиллари).
4. Инфляцион коинот модели А.Д.Линде, Старобинский ва бошқалар асарларида ишлаб чиқилган (XX асрнинг 70-йиллари).
5. 1998 йилдан бери қоронғу энергия таъсирида галактикаларнинг тезлаштирилган турғунлигини ҳисобга олган ҳолда моделлар кўриб чиқилмоқда.

2-Амалий машғулот. Қоронғи материя ва қоронғи энергия.

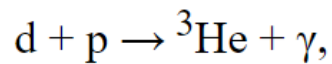
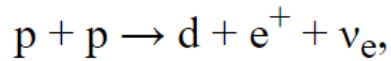
Қоронғи материя ва қоронғи энергияни баҳолаш бўйича масалалар ишлаш. Коинотнинг езланиш билан кенгайишини тахлил қилиш (2 соат).

Бугунги кунда дунёда қора ўралар атрофида астрофизик жараёнларга кўп олимлар томонидан эътибор қаратилмоқда. Қора ўралар – Коинотда ўзининг кичик ўлчами ва катта массаси билан бошқа осмон жисмларидан ажралиб турувчи ҳамда замонавий физиканинг бор чиройи ва экстремаллигини намоён этувчи экзотик астрофизик объектдир. Коинотда энг қоронғи объект бўлгани ҳолда қора ўралар атрофидаги фазо-вақтни эгрилаб, у ердаги моддаларни юқори ҳароратгача қиздиради ҳамда энг ёркин, юқори қувватли ва ўта массив объектлар ҳисобланади. Сўнгги йиллардаги кузатув ва экспериментал асбобларнинг ривожланиши билвосита ва бевосита бундай объектларнинг табиатда мавжудлигини тасдиқлади.

Ҳозирги кунда етакчи тадқиқотчилар томонидан диссертация мавзуси билан боғлиқ бўлган ва уларнинг долзарблиги ва заруратини белгилаб берувчи қатор муҳим кашфиётлар очилган. 2019 йил апрель ойида Ходисалар горизонти телескопи (ЕНТ - Event horizon telescope) ёрдамида илк бор М87 (Meisser 87) галактикаси марказида жойлашган қора ўранинг тасвири 1.3 мм ли тўлқин узунлиги диапазонда олинди. 2018 йилнинг июль ойида “Муз-куб” нейтрино обсерваторияси (Ice Cube Neutrino Observatory)да Галактикамиз ташқарисидан келаётган юқори энергияли нейтринолар топилганлиги тўғрисидаги муҳим кашфиёт эълон қилинди ва нейтриноларнинг манбаи биздан тахминан 1.75 Гпк масофадаги релятивистик джети бизга томон йўналган ўта-массив қора ўра – блазарни аниқлаш имконини берди. Юқори энергияли нейтринолар бирламчи космик нурларнинг атрофидаги муҳит ёки фотонлар билан адрон ўзаро таъсири натижасида пайдо бўлади. Энергияси $\sim 10^{15.5}$ эВ гача бўлган космик нурлар одатда галактик янги юлдузнинг портлашидан пайдо бўлади деб ҳисобланади. 2018 йилнинг май-июль ойларида Европа жанубий обсерваториясидаги (ESO) жуда катта телескоп (Very Large Telescope)нинг бир қисми бўлган GRAVITY қурилмаси ёрдамида спектрнинг инфрақизил қисмида қора ўра яқинидаги ҳаракатланувчи материя кузатилди ва унинг тезлиги ёруғлик тезлигининг 30 фоизини ташкил этишини кўрсатди. 2018 йил ўрталарида А. Эйнштейн томонидан яратилган умумий нисбийлик назарияси (УНН)ни ўта массив қора ўра атрофида айланувчи S2 юлдузи ҳаракатининг кузатуви ёрдамида муваффақиятли текшириш натижалари эълон қилинди. Бундан ташқари 2015 йилдан бошлаб лазер интерферометри обсерваторияларида бир неча бор қора ўраларнинг ва нейтрон юлдузларнинг қўшилиши натижасида вужудга келган гравитацион тўлқинларнинг қайд этилгани эълон қилинди.

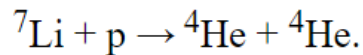
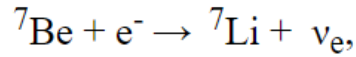
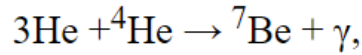
1- **Масала.** Ер сиртига Қуёшдан келадиган нейтринолар оқимини баҳоланг.

Ечиш: Қуёш энергиясининг чиқарилиши асосан водород айланиши ёки водород занжири деб аталадиган реакциялар натижасида юзага келади. Ушбу занжирнинг асосий реакциялари қуйидагича

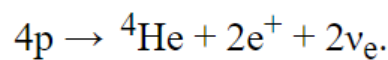


Ушбу реакциялар энергия ажралиб ${}^3\text{He} + {}^3\text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + 2p.$ жараёнида 24,6 МеВ чиқади. Масалан, ушбу

занжирнинг қўшимча тармоқлари ҳам мавжуд



Бирок, бошида кўрсатилган занжир асосий хисобланади. Қисқача уни қуйидагича ёзиш мумкин



Шундай қилиб, Қуёш чиқарадиган ҳар бир $E = 24,6$ МеВ энергия учун иккита нейтрино тўғри келади. Қуёшнинг ёрқинлиги $W = 4 \cdot 10^{33}$ эрг/с, Ер орбитасининг радиуси $R_3 = 1,5 \cdot 10^{13}$ см. Қуёшдан вақт бирлигида чиқадиган нейтриноларнинг умумий сони $N = 2W/E$ га тенг. Радиуси Ернинг орбитаси радиусига тенг бўлган сферанинг юзаси

$$S = 4\pi R_3^2.$$

Шунда Ер орбитасида нейтрино оқими зичлиги бўлади

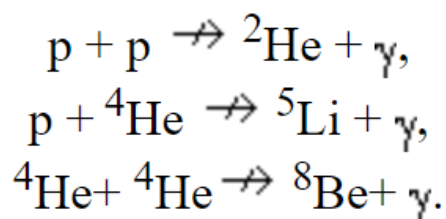
$$J = \frac{2W}{4\pi R_3^2 E} = \frac{2 \text{ нейтрино} \times 4 \cdot 10^{33} \text{ эрг/с}}{4 \times 3.14 \times (1.5 \cdot 10^{13} \text{ см})^2 \times 24.6 \text{ МэВ} \times 1.6 \cdot 10^{-6} \text{ эрг/МэВ}} = 7 \cdot 10^{10} \frac{\text{нейтрино}}{\text{с} \cdot \text{см}^2}.$$

2- **Масала.** Нима учун юлдузлардаги ядро синтези реакциялари кучсиз ўзаро таъсир туфайли юзага келадиган $p+p \rightarrow d+e^++\nu_e$ реакцияси билан бошланади ва бу реакция $p+p \rightarrow d+\gamma$ билан эмас, балки электромагнит таъсир ўтказиш натижасида юзага келади ёки кучли ўзаро таъсир натижасида юзага келадиган бошқа реакцияларми?

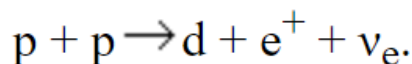
Ечиш:

Ядро синтези реакциялари бошланганда юлдузлар қуйидаги кимёвий таркибга эга: атомлар сони бўйича 90% водород ва ~ 10% атомлар гелий. Қолган элементларнинг умумий таркиби 1% дан кам.

Икки протон, иккита гелий ядроси ёки протон ва гелий ядроси тўқнашганда, узоқ умр кўрган боғланган атом ядролари ҳосил бўлмайди. ${}^2\text{He}$ ва ${}^5\text{Li}$ ядролари табиатда мавжуд эмас. ${}^8\text{Be}$ ядросининг ўртача яшаш даври $\sim 10^{-16}$ сек.



Гелий ва водород ядроларининг юлдуз муҳитида юзага келиши мумкин бўлган ягона реакция бу заиф ўзаро таъсир натижасида деутерон ҳосил бўлиш реакцияси.



Назарий ҳисоб-китоблардан келиб чиқадиги, тахминан ~ 1 МеВ тўқнашган протонларнинг кинетик энергиясида бу реакция кесими $\sim 10^{-23}$ барнга тенг.

$p+p \rightarrow d+\gamma$ реакция имконсиз бўлиб чиқади, чунки коинот эволюциясининг ушбу босқичида юлдуз муҳитида нейтронлар йўқ.

3- **Масала.** Қуёш нурланишининг Ерга тушадиган солиштирма кучи $w = 0,14$ Вт/см². Қуёш ўз массасини қанчалик тез йўқотмоқда? Агар келажакда бу тезлик давом этса, унда Қуёш қачонгача мавжуд бўлади?

Ечиш:

Радиуси Ернинг орбитасига тенг бўлган сфера юзаси $S = 4\pi R^2$. Қуёш томонидан чиқариладиган умумий қувват

$$W = w_{\text{уд}} S = 4 \pi w_{\text{уд}} R_{\text{З}}^2 = 4 \times 3.14 \times 0.14 \text{ Вт/см}^2 \times (1.5 \cdot 10^{13} \text{ см})^2 \approx 4 \cdot 10^{26} \text{ Вт} = 4 \cdot 10^{33} \text{ эрг/с}$$

Қуёш томонидан энергиясининг нурланиши масса $E = mc^2$ йўқотилишига тўғри келади. Қуёш томонидан оммавий йўқотиш тезлигини қуйидагича баҳолаш мумкин

$$\mu = W / c^2 = (4 \cdot 10^{33} \text{ эрг/с}) / (3 \cdot 10^{10} \text{ см/с})^2 = 4.4 \cdot 10^{12} \text{ г/с.}$$

Куёшнинг массаси $M_k = 1,99 \cdot 10^{30}$ кг ни ташкил қилади, масса йўқотиш тезлигини

$$t = M_C / \mu = 1.99 \cdot 10^{30} \text{ кг} / 4.4 \cdot 10^9 \text{ кг/с} = 4.5 \cdot 10^{20} \text{ с} = 1.4 \cdot 10^{13}$$

сақлаб турганда Куёш қуйидагича вақт мавжуд бўлади

Ушбу тахмин кучайтирилиб баҳоланган, чунки Куёш массаси маълум бир қийматдан пастроқ бўлса, Куёшдаги ядро синтез реакциялари жараёни имконсиз бўлиб қолади.

3-Амалий машғулот. Юлдузлар эволюцияси.

Юлдузларнинг айланиш бурчак моменти, инерция моменти, массаси, уларгача бўлган масофа ва бошқа турли физик катталикларини баҳолаш (2 соат).

1-Масала. Расмда ўрта (масса Куёш массасига яқин) ва катта юлдузларнинг эволюцияси кўрсатилган. Рақамлар эволюциянинг асосий босқичларини кўрсатади. Қуйидаги бешта тўғри фикрдан икkitасини танланг ва уларнинг рақамларини ёзинг.



- 1) 1 рақам билан водород ёниб кетадиган ўрта катталиқдаги юлдузнинг ривожланишининг стационар босқичи белгиланган.
- 2) 8 рақам билан юлдуз ривожланишининг дастлабки босқичи белгиланган.
- 3) 5 рақам билан оддий юлдузнинг қизил гигантга айланиши белгиланган.
- 4) 4 рақам билан қора туйнук белгиланган, унга эволюциянинг сўнгги босқичида катта юлдуз айланади.
- 5) 7 рақам билан катта юлдузнинг портлаши ва унинг суперновага айланиши белгиланган.

Ечиш:

- 1- баёнот тўғри. Биринчидан, ўрта катталиқдаги юлдуз гелийга айланиши билан водородни ёқиш жараёнини бошдан кечиради.
- 2- баёнот нотўғри. Ривожланишнинг дастлабки босқичи чап томонда ва юлдузлар туманлиги деб аталади.

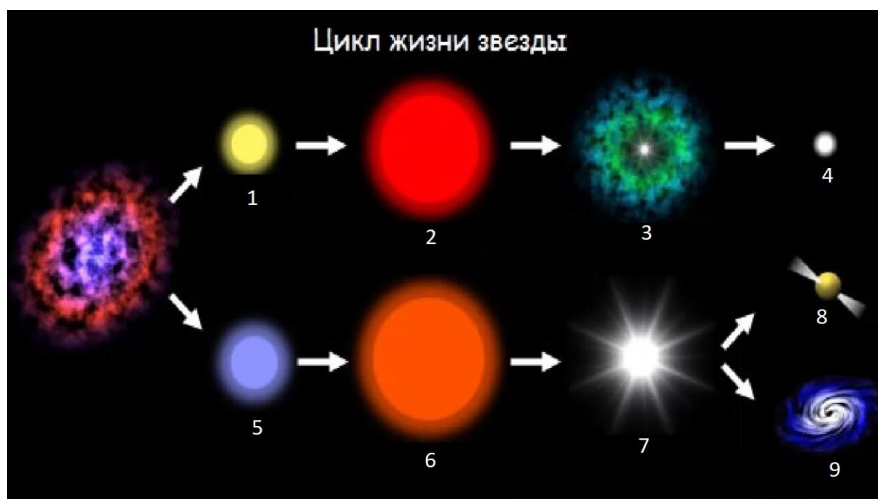
3- баёнот нотўғри. 5 рақамли юлдуз туманлигидан катта юлдуз ҳосил бўлишини билдиради.

4- баёнот нотўғри. Қобикни чиқариб юборган қизил супергигантнинг ядросидан оқ митти ҳосил бўлиш жараёни кўрсатилган.

5- баёнот тўғри.

Жавоб: 1 ва 5

2 - Масала. Расмда ўрта катталиқдаги (масса Қуёш массасига яқин) ва катта юлдузларнинг эволюцияси кўрсатилган. Рақамлар эволюциянинг асосий босқичларини кўрсатади. Қуйидаги бешта тўғри фикрдан иккитасини танланг ва уларнинг рақамларини ёзинг.



1) 3 рақам билан водород ёниб кетадиган ўрта юлдузнинг ривожланишининг стационар босқичи белгиланган.

2) 5 рақам билан ўрта катталиқдаги юлдузнинг ривожланишининг дастлабки босқичи белгиланган.

3) 4 рақам билан оддий юлдузнинг эволюциясининг сўнгги босқичида оқ миттига айланиши белгиланган.

4) 9 рақам билан қора туйнук белгиланган, унга эволюциянинг сўнгги босқичида катта юлдуз айланади.

5) 6 рақам билан ўрта катталиқдаги юлдузнинг портлаши ва унинг суперновага айланиши белгиланган.

Ечиш:

1- баёнот нотўғри. Қизил супергигант томонидан қобик чиқариш жараёни кўрсатилган.

2- баёнот нотўғри. 5 рақами юлдуз туманлигидан катта юлдуз ҳосил бўлишини билдиради.

3- баёнот тўғри.

4- баёнот тўғри.

5- баёнот нотўғри. Ўрта катталиқдаги юлдузлар портламайди, уларнинг ривожланиши тўлиқ эмас.

Жавоб: 3 ва 4

4-Амалий машғулот.: Гравитацион тўлқинлар.

Қора туйнуклар гравитацион радиусини аниқлаш бўйича масалалар ечиш. GW150914 объектининг гравитацион тўлқинлар орқали илк бор қайд этилиши. Гравитацион тўлқинлар обсерваториялари: LIGO, VIRGO, KAGRO, LISA (2 соат).

2017 йилда лазерли Интерферогравитацион-метрик кўрсаткичлар LIGO ва Virgo детекторлари биринчи марта иккита нейтрон юлдузининг тўқнашувини бевосита кузатишга муваффақ бўлишди. Гравитациявий тўлқинлар бизга иккала юлдузнинг хусусиятлари, шу жумладан уларнинг вазни ва уларнинг яқин атрофдаги юлдузларнинг тортишиш кучига қанчалик бардош бера олишлари тўғрисида билиб олишга ёрдам берди. LIGO ва Virgo алоҳида Нашр етилган мақолаларга кўра, тортишиш тўлқинларининг маълумотлари ёрдамида нейтрон юлдузи ядросининг марказини аниқлаш мумкин. Кўп йиллар давомида ядровий физиклар зич ядро танасининг хусусиятларини тавсифловчи ҳолат тенгламасини шакллантиришда қийналишди. Нейтрон юлдузи ичида зич ядро объекти мавжуд деб тахмин қилинади. Фундаментал физика параметрларига асосланган бундай тенглама, юлдузларнинг массаси ва радиуси, юлдузнинг максимал оғирлиги ва бошқа хусусиятлар ўртасидаги муносабатни баҳолашга имкон беради. Зич ядро танаси жуда мураккаб бўлганлиги ва кузатишлар натижасида тўпланиши мумкин бўлган маълумотлар камлиги сабабли бир қатор тенгламалар тузилган, аммо уларга асосланган башоратлар ўртасида катта фарқ бор. Хусусан, улар тўғри тенгламада массаси 1,4 Қуёш радиуси бўлган юлдуз 14 км дан кам деб тахмин қилиш керак. бундай тенгламанинг муҳим параметрлари ҳисобланадидро симметриясининг энергиясини кўрган. Ушбу параметр ядродаги протон ва нейтронларнинг нисбати ўзгарганда уларни ушлаб турадиган энергиядаги ўзгаришларни ўлчайди. Ядровий симметрия энергияси ва ядро танасининг зичлиги ўртасидаги боғлиқлик чегараларини белгилашди. Бу боғлиқлик тажрибаларда яхши аниқланмаган.

Масала: Қандай шароитда ва қандай астрономик объектларда гравитацион нурланиш пайдо бўлиши мумкин?

Гравитацион нурланиш қандай ва қандай шароитда пайдо бўлишини кўриб чиқайлик. Электромагнетизм билан таққослаганда, энергия (яъни майдоннинг амплитудаси сифатида масофада космосда пасайиш) "гравитация" дипол моменти ўзгарганда содир бўлади, деб ўйлаш мумкин. Бироқ, ёпиқ тизимнинг умумий моментини сақлаб қолиш туфайли, дипол нурланиши содир бўлмайди. Электродинамикада кичикликнинг навбатдаги тартибда зарядларнинг норелятивистик ҳаракатлари учун магнит диполли

нурланиш пайдо бўлади.

Ёпиқ тизимнинг умумий бурчак моментини сақланиши туфайли унинг аналоги тортишиш кучида ҳам йўқ. Дарҳақиқат, тортишиш кучидаги магнит дипол моментининг аналоги. Шунинг учун гравитацион нурланишининг мумкин бўлган энг паст режими бу тўрт кишилиқдир.

Агар нурланиш тезлиги ёруғлик тезлигига нисбатан кичик бўлган массаларнинг макроскопик ҳаракати натижасида келиб чиқса, у ҳолда гравитацион майдонининг тўртбурчак яқинлашишдаги манбадан узоқроқ ўлчамдаги амплитудаси тартибда бўлади

$$h \sim \frac{G}{c^4} \frac{\ddot{Q}}{r} \quad (1)$$

бу ерда Q – нурланувчи системанинг квадруполь моменти бўлиб, у тензор кўринишда қуйидагича ифодаланади:

$$Q_{ij} \sim \int \rho x_i x_j d^3x. \quad (2)$$

Умуман олганда $Q \sim M_q R^2$ га тенг бўлиб, бу ерда M_q квадруполь момент ҳосил қилаётган система массаси (кўриниб турибдики, агар система сферик-симметрик бўлса $M_q = 0$ бажарилади), R эса шу системанинг ўлчами. (2) ни (1) ифодага олиб бориб қўйсақ қуйидагига эга бўламиз:

$$h = \frac{1}{c^2} \frac{4GE_{кин}}{c^2 r}. \quad (3)$$

Бу ерда $E_{кин}$ квадруполь ҳаракат билан боғлиқ кинетик энергия. (2) формулани қайта ёзиш мумкин, бу массанинг тортишиш радиуси эканлигини таъкидлаб ўтамиз:

$$h \sim \frac{r_g}{r} \left(\frac{v}{c}\right)^2. \quad (4)$$

Ушбу ифода, гравитацион тўлқиннинг физик манбадан мумкин бўлган максимал амплитудасини, масалан, Хаббл масофасидан см (Қуёш массасидан) бизгача бўлганлигини аниқ кўрсатиб турибди. Ушбу тахмин иккинчи авлод кўп километрли лазер интерферометрларининг (ЛИГО-ИИ, ЕУРО-2008 ва бошқалар) режалаштирилган сезгирлигини ҳисоблаш асосида ётади. Электромагнетизмда бўлгани каби, тўлқин (Пойнтинг вектори) томонидан ўтказиладиган энергия оқими майдон кучининг квадратига мутаносиб бўлиши керак, яъни. тўлқин майдонининг ўзгарувчан амплитудаси ҳосиласи квадрати ва шунинг учун нурланган энергия вақт бўйича квадрупол моментининг учинчи ҳосиласи квадратига мутаносиб бўлиб чиқади. Рақамли коэффициентни ёзмасдан (бу тўртбурчак моментнинг аниқ таърифига боғлиқ),

ГW нурланишидан энергия йўқотилиши қуйидагича:

$$\frac{dE}{dt} = \frac{G}{c^5} \left(\frac{d^3Q}{dt^3} \right)^2. \quad (5)$$

(Еътиборли жихати шундаки, бу ифода вақт ҳосиласини бир неча тўлқин узунликлари бўйича ўртача ҳисоблашни аниқлатади, чунки гравитацион майдонининг энергиясини бир нуқтада локализация қилиб бўлмайди).

Энди, миқдорнинг ёрқинлиги ўлчовига эга эканлигини ва сон жиҳатдан [эрг/с] га тенг эканлигини айтиб ўтиш жойиздир. Ушбу асосий миқдор баъзан "Планк ёрқинлиги" деб номланади ва Планк энергиясини Планк вақтига бўлиш ёки ҳар қандай масса учун унинг тинчликдаги энергиясини минимал вақтга бўлиш йўли билан ҳосил қилинади. Бу ифодани дифференциаллаш орқали қуйидагига эга бўламиз:

$$\frac{dE}{dt} = L_0 \left(\frac{E_{\text{кин}}}{TL_0} \right)^2 \sim L_0 \left(\frac{R_G}{R} \right)^2 \left(\frac{v}{c} \right)^4.$$

бу ерда T квадрупол моментининг ўзгариши вақти, R унинг ўлчами ва $\frac{R}{T}$ квадруполь тезлиги тезлиги.

V. КЎЧМА МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ

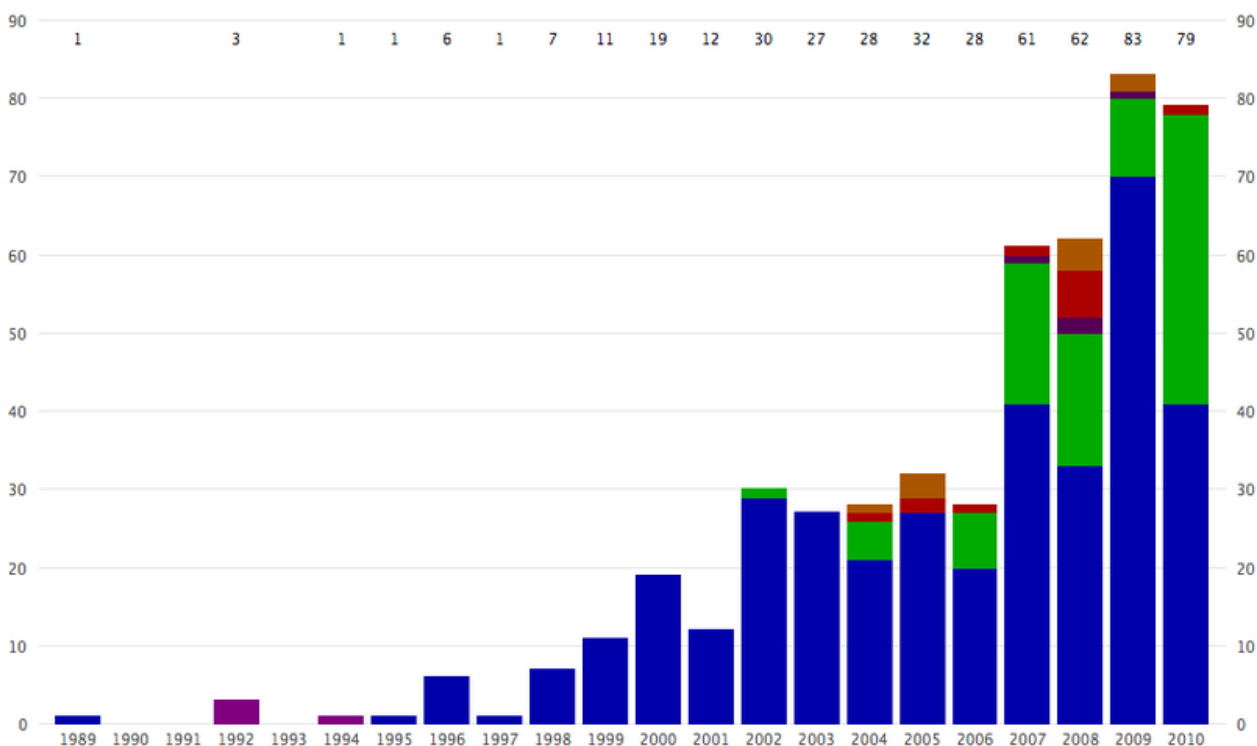
Кўчма машғулот. Экзопланеталар ва замонавий кузатувлар.

Планета тизимларининг шаклланиши ва замонавий астрономик кузатувларда экзопланеталар қайд этилиши. (4 соат).

Ўзбекистон Республикаси Фанлар Академияси Астрономия институтида мавзу бўйича махсус дастурлар ва унинг асбоблари билан танишиш ва кўриш.

Экзопланеталар

51 Пэгасус тизимидаги биринчи экзопланета спектроскопик усул билан кашф этилган бўлиб, унинг моҳияти экзопланетанинг тортишиш таъсиридан келиб чиққан ҳолда ота юлдуз спектридаги кўриш чизиқларининг Допплер силжишини кузатиш ва ўрганишдир. (барицентрнинг юлдуз + экзопланета тизимидаги силжишини спектрал кузатишлар). Спектроскопик усул 2010 йилгача экзопланеталарни кашф қилишнинг асосий усули бўлган - 1995-2010 йилларда 500 дан ортиқ экзопланеталарни кашф этган. 1-расмда 2010 йил октябргача турли хил усуллар билан янги экзопланеталарни кашф этиш хронологияси кўрсатилган. 2009 йилгача кашфиётнинг асосий усули спектроскопик усул (кўк) бўлганлиги аниқ кўриниб турибди. 2010 йилдан бошлаб фотометрик транзит усули (яшил) кашфиётлар сони бўйича спектроскопик усул билан фаол рақобатлаша бошлайди. Бунинг сабаби 2009 йил март ойида Кеплер космик телескопининг ишга туширилиши эди.



Шакл.1. 1989-2010 йилларда экзопланеталар кашфиётининг хронологияси Мовий - спектроскопик кашфиётлар, яшил - фотометрик кашфиётлар (транзит усули). Қолган ранглар (декодашсиз, кашфиётларнинг умумий сонининг тахминан 5%) тўғридан-тўғри суратга олиш (12 кашфиёт), микроленсия (10 кашфиёт), радио пулсарларидаги вақт ўзгариши (4 кашфиёт) ва вақтинчалик ўзгариш каби кашфиёт усулларини бирлаштиради. бошқа юлдузлар (4 кашфиёт).

2010 йил бошида Кеплер космик кемаси орбитада синов синовларидан муваффақиятли ўтганидан сўнг иш бошлади. Экзопланета тадқиқотлари тарихида янги давр бошланди - фотометрик транзитлар орқали экзопланеталарни кашф этиш даври (юлдуз + экзопланета тизимидаги тутилишларнинг фотометрик кузатувлари). Кичкина (2011 йил феврал ҳолатига

кўра) бир йил ичида Кеплер фотометрик транзит усули ёрдамида 1200 дан ортиқ янги экзопланеталарни кашф этди. Техник ва илмий тафсилотларга тўхталмасдан, биз экзопланеталарни кашф қилиш учун спектрал ва фотометрик усулларнинг рейтингларини оддий таққослашни келтирамиз: 15 йил ичида 500 та сайёра спектрал усул билан (йилига тахминан 30 та сайёранинг ўртача рейтинги) 1200 та сайёрага нисбатан. фотометрик усул билан 1 йилда (йилига 1000 дан ортиқ сайёраларнинг ўртача рейтинги). Шундай қилиб, Кеплер аппарати транзит усули спектроскопик усулдан 30 барабар кўпроқ самарадорлигини аниқ кўрсатди. Шунинг учун таклиф этилаётган лойиҳада экзопланеталарни ўрганиш учун фотометрик транзит усуллариغا ётибор қаратилган.

Транзит тутилишларининг вақт бўйича ўзгариши: янги экзопланеталарни осон топиш

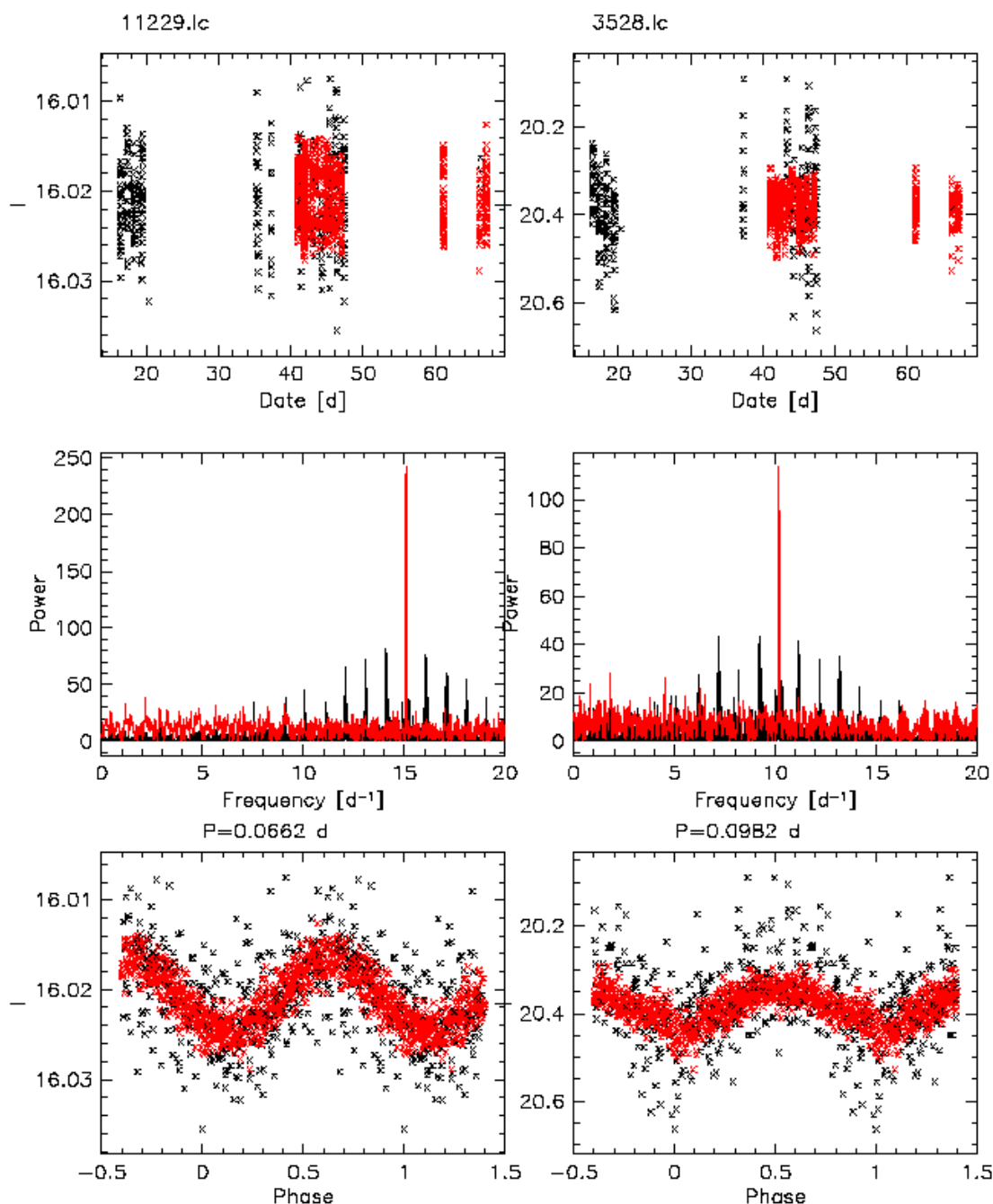
Олдинги бобда таъкидланганидек, транзит тутилишларни фотометрик кузатишлар янги экзопланеталарни кашф этишда катта устунликка эга. Транзит усулининг яна бир шубҳасиз афзаллиги шундаки, у тизимдаги бошқа экзопланеталарни кашф қилиш учун ишлатилиши мумкин, бу энди на спектроскопик, на фотометрик усулда кашф этилиши мумкин бўлмайди. Ушбу усул бир неча йил олдин таклиф қилинган ва транзит тутилиши вақтидаги ўзгаришларни ўрганишга асосланган (бундан буён ИВТ). Ушбу ИВТ усули таклиф қилинган лойиҳанинг асосини ташкил этади ва қуйида қисқача тавсифланади ва уни амалий амалга ошириш билан боғлиқ бошқа тафсилотлар.

Бугунги кунга келиб, фотометрик транзитларни намоёниш этувчи экзопланеталар билан 1000 дан ортиқ юлдуз тизимлари топилган. Транзитлар - юлдуз (экзопланета) тизимидаги асосий фотометрик тутилишлар (экзопланета) асосий юлдуз дискаси бўйлаб ўтиши (транзити). Одатда кузатиладиган транзит амплитудаси 20-40 миллиметр катталиқни ташкил этади ("иссиқ Юпитер" каби сайёралар тутилиши учун), одатда транзит вақти ўн дақиқадан бир неча соатгача. Транзитлар вақтинчалик ўзгаришларга (ИВТ) дуч келиши кутилмоқда - тутилишга кириш ва чиқиш вақтидаги асимметрия, тутилишнинг ўзи давомийлиги, транзит маркази позицияси. Назарияга кўра, ИВТ тизимда бошқа жисмлар борлиги сабабли транзит орбитасининг безовталаниши ёки безовталаниши (асосан эксцентрик ва мойиллик бурчаги) туфайли юзага келади. Ушбу нозик ўзгаришларни ўрганиш тадқиқотчиларга юлдуз атрофидаги "сайёралар оиласидаги" бошқа сайёралар тўғрисида энг ноёб маълумотларни тақдим этади ва аксарият ҳолларда транзит ўзгаришлари бундай маълумотларнинг ягона манбаи ҳисобланади.

Амплитуда-транзит давомийлиги коэффициенти қурол ва ҳарбий техникани ўрганиш учун уларни мунтазам ва оммавий кузатиш учун жуда яхши астроклиматик шароитларни талаб қилади. Иккита нарсанинг комбинацияси керак - юқори аниқлик (бу яхши оқим ва атмосферанинг юқори шаффофлигини аниқлатади) ва кузатувларнинг юқори цикли (бирлик вақтига имкон қадар кўпроқ кузатувларни олиш). Майданак расадхонаси ўзининг ажойиб астроклимати туфайли, ҳатто нисбатан кичикроқ телескопи билан қарийб 0,5-0,6 м ва замонавий ССД қабул қилувчиси билан, юқори (0,5-1% ёки 5-10 миллиметр катталиқдаги) ўртача фотометрик аниқликни таъминлай олади. Рдаги 10-15 қиймат оралиғидаги объектлар учун кузатувларнинг юқори иш циклини (вақтнинг бир дақиқасида бир ёки бир нечтасидан ўнлаб ўлчовгача) ушлаб турганда битта ўлчов.

Бугунги кунга қадар эълон қилинган дунё маълумотларига кўра, аллақачон учта тизим (70 га яқин истиқболли тизимдан) қурол-яроғ ўва ҳарбий техникани кузатган ёки гумон қилинган. Ехорplanet ГЖ 436б асида транзит вақтининг 20 секундга ўзгаришини кузатди. ХАТ-П-136 тизимида чизиқли (ҳисоблаб чиқилган) эфемеридан кутилмаган оғиш ~ 20 минут давомида кузатилди. WACP-36 экзопланетасини кузатишлари асосида 15 та масса массаси ва 3,75 кунлик айланиш даври билан WACP-3с белгисини олган иккинчи (ҳозиргача кузатилмаган) экзопланета борлиги билан барқарор модел яратилди. . Агар кейинги кузатишлар таклиф қилинган моделни ҳақиқатан ҳам тасдиқласа, у ҳолда WACP-3с экзопланетаси "патнинг учиди" кашф этилган биринчи экзопланетага айланиш имкониятига эга.

Шундай қилиб, ИВТ усули билан янги экзопланеталарни кашф этиш тарихи аллақачон ўзининг кашшофлари ва биринчи қахрамонларига эга. ИВТ услубининг ажойиб ва фойдали хусусияти шундаки, у қимматбаҳо спектрал ускуналарга эҳтиёж сезмайди (мос спектрографнинг ўртача нархи 2-5 миллион АҚШ долларини ташкил этади) ва космик расадхоналардан махсус ташкил қилинган тадқиқотларнинг янада қиммат версияси (бу ерда нархлар ошади) катталиқнинг 2 буйруғи билан). Ердаги расадхоналардан катталиғи 0,5 дан 1 м гача бўлган оддий телескоплардан фойдаланган ҳолда янги экзопланеталар топилади, ушбу лойиҳа ИВТ услубининг ушбу фойдали томонларидан фойдаланишга қаратилган жуда илмий аҳамиятга эга (илгари номаълум бўлган янги кашфиёт) экзопланеталар) нисбатан кам харажат билан.



Маҳаллий ва хорижий аналоглар билан таққослаганда техник-иқтисодий кўрсаткичлар

Лойиҳанинг асосий мақсадларининг амалий мақсадга мувофиқлигини намойиш этиш учун (юқори аниқлик юқори иш цикли билан бирлаштирилган), 2-расмда 2 та қисқа

муддатли (мос равишда 1,5 ва 2,5 соатлик даврлар) ўзгарувчан маълумотларнинг реал кузатувлари ва биргаликда ишлаш натижалари таққосланган 2008 йил кузида амалга оширилган битта дастур (МОНИТОР лойиҳаси) доирасида бир вақтнинг ўзида иккита телескопда олинган юлдузлар. Гавайидаги Мауна Кеа расадхонасида дунёдаги энг яхши фотометрик 3,6 метрлик СХФТ телескопи бўйича олинган кузатишлар ва натижалар қизил рангда, олинган кузатишларда Майданакнинг 1,5 метрли АЗТ-22 телескопи билан қора расадхонада белгиланган. Юқори панелларда кузатувларнинг ўзи, ўрта панелларда ишлов бериш ва даврларни қидириш натижалари кўрсатилган (периодограмлар қора рангда, СЛЕАН усули қизил рангда), пастки панелларда эса иккита ротатор учун ҳосил бўлган фазали ёруғлик егри чизиқлари кўрсатилган. Пастки чап панелда # 11229 юлдуз И бандида 16 га тенг, аммо ҳар иккала телескоп амплитуда атиги 0,01 катталиқдаги (10 миллимаград) ва 1,5 соатлик даврий жараёни ишончли тарзда аниқлайди (транзит тутилиши учун одатий кийматлар). Ўнг томондаги панелда # 3528 юлдузнинг И катталиги тахминан 20,5 га тенг, аммо ҳаттоки бундай кучсиз ўзгарувчига нисбатан ҳам ҳар иккала телескоп амплитуда 0,1 катталиқ (100 миллимагнитуда) бўлган даврий сигнални ишончли аниқлайди. Шундай қилиб, таққослаш шуни кўрсатадики, реал шароитда иккала телескоп ҳам кузатувнинг аниқ аниқлигини (10 дан 100 миллимагача) кенг миқёсда (16 дан 20,5 гача, оқимлар деярли 2 даража фарқ қилганда) аниқлайди. Дунёдаги энг яхши 3,6 метрли фотометрик СХФТ ва Майданак телескоплари ўртасидаги таққослаш лойиҳада белгиланган мақсадларнинг амалий мақсадга мувофиқлигига ишонч учун ишончли далил бўлиб хизмат қилмоқда.

Лойиҳанинг долзарблиги ва мақсадларининг қисқача тавсифи

Лойиҳанинг долзарблиги биринчи хатбошида асосланиб келтирилган ва 10-15 йил ичида янги илм-фанни ривожлантиришга улкан маблағлар кўплаб янги ташкилотлар томонидан инвестиция қилинганда, дунё экзопланетар тадқиқотларининг жадал динамикасига асосланади. институтлар ва кафедралар космик кемаларни учуришга. Бундан ташқари, ушбу лойиҳанинг долзарблиги (экзопланета транзитларининг фотометрик кузатувлари) 2010 йилдан буён дунё миқёсида сайёравий тадқиқотлар амалиётида фотометрик усулларга ўтишга мойил бўлганлиги билан тасдиқланади (иккинчи хатбошига қаранг). ва 1-расм).

Юқорида айтиб ўтилганларга асосланиб, таклиф қилинаётган лойиҳа вақтинчалик қидириш учун маълум бўлган 70-100 та транзит тизимидан иборат Майданак расадхонасининг 60 см узунлиқдаги иккита телескопи ёрдамида ССД ўлчовлари асосида узоқ муддатли (5 ва ундан кўп йилларга) фотометрик патрул сифатида ташкил этилган. транзит йўллариининг ўзгариши. 2012-2016 йилларда 5 йиллик кузатувлар натижасида. 70-100 истикболли тизим учун 100 мингдан ортиқ индивидуал ўлчовларни йиғиш ва референтлар каталоги ва фотометрик транзитлар атласини қуриш режалаштирилган. Бу ўрганилаётган тизимлар учун қурол-яроғ ўва ҳарбий техника тўғрисида статистик аҳамиятга эга маълумотларни олиш имконини беради. Транзит тутилишларини моделлаштириш, 5 йиллик кузатувлар натижасида олинган ИWTни ҳисобга олган ҳолда, юлдуз + экзопланета тизимида қўшимча (учинчи) жисмларнинг борлиги-йўқлиги тўғрисида етарлича ишонч билан гапириш имконини беради.

Лойиҳа ва транзит ўзгаришларини ўрганиш натижасида бошқа юлдузлар атрофида сайёра тизимларининг шаклланишини тушунишда ютуқларга эришиш режалаштирилган - илгари номаълум сайёраларни (янги Юпитерлар) осон кашф этиш, Нептун ва ҳатто янги Йерлар), шунингдек, экзопланеталар (янги ойлар) атрофида айланиб юрадиган сунъий йўлдошларни топиш ва ўрганиш.

VI. КЕЙСЛАР БАНКИ

Мини-кейс 1.

«Эксперт кенгаши: интилиш ва юксалиш?»

Тингловчиларни билимини баҳолашда уларни билиши талаб этилган меъёр даражасида синов ўтказилади. Материалларни яхши ўзлаштирган тингловчилар баҳоланган сўнг одатда эришган билимлари доирасида тўхтаб қолади ва кўшимча билиниши юксалтиришга интилмайди. Материалларни яхши ўзлаштирмаган тингловчилар баҳолаш синовидан озод қилишларини хоҳлайди ва унга интиладилар, аммо билими тиклаш интилмайдилар.

Нега бундай вазият кузатилади? Буни бартараф этиш учун ўзингизнинг таклифингизни беринг.

Мини-кейс 2.

“Юлдузларнинг яшаш даврларини Герцшпрунг-Рессел диаграммаси ёрдамида аниқлаш”

Герцшпрут-Рассел диаграммаси юлдузлар ёрқинлиги ёки температурасининг унинг массасига боғлиқлигини ифодалайди. Кузатувлар натижасида олинган ёрқинлик ёрдамида ва диаграммадан фойдаланган ҳолда унинг массасини аниқлаш мумкин бўлади. Юлдузларнинг яшаш даври уларнинг массаларига тескари пропорционал равишда боғланган. Юлдузнинг массаси қанчалик катта бўлса, унинг яшаш даври шунчалик кичик бўлади.

Нега юлдузлар яшаш вақти уларнинг массасига тескари пропорционал равишда боғлиқ? Юлдузлардаги термоядрореакцияларининг кечиш самарадорлиги унинг массасига қандай боғлиқ?

Мини-кейс 3

«Нега коинотнинг дастлабки даврларида у ёруғ бўлган, ҳозирда эса биз қоронғи коинотни кузатиб турибмиз?»

Маълумки Коинотдаги нурланиш зичлиги коинот кенгайиши билан унинг ўлчамларининг 4-даражасига тескари пропорционал равишда камайиб боради. Модданинг зичлиги эса коинот ўлчамларининг 3-даражасига тескари пропорционал равишда камайиб боради. Модданинг зичлиги нурланишнинг зичлигига нисбатан секинроқ камайгани учун, дастлабки пайтда катта зичликка эга бўлган ёруғлик тез орада модданинг зичлигидан камроқ бўлиб қолади.

Ушбу ходисани тушунтириш учун сиз ҳам ўзингизнинг фикрларингизни билдиринг. Нега ёруғлик зичлиги тез камаяди ва коинот ривожланишининг дастлабки даврида модда зичлигидан кўра катта зичликка эга бўлган?

Асосий кейсни ишлаб чиқиш.

Ҳар бир гуруҳ миникейсларни ишлаб чиқишда асосий кейсни ечимини топиш бўйича эришган билимлари бўйича ўзининг таклифини беради. Бунинг натижасида у ёки бу қарор қабул қилинади ёки хулосага келинади.

«Рефлексия савати»

Тингловчилар синф-устасини ишини баҳолайди. Ўзининг тақризини махсус саватга солишади.

Кейс ўтказиш бўйича умумий хулоса қилинг (ассесмент).



VII. МУСТАҚИЛ ТАЪЛИМ МАВЗУЛАРИ

Мустақил ишни ташкил этишнинг шакли ва мазмуни

Тингловчи мустақил ишни муайян модулни хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда қуйидаги шакллардан фойдаланиб тайёрлаши тавсия этилади:

- меъёрий ҳужжатлардан, ўқув ва илмий адабиётлардан фойдаланиш асосида модул мавзуларини ўрганиш;

- тарқатма материаллар бўйича маърузалар қисмини ўзлаштириш;

- автоматлаштирилган ўргатувчи ва назорат қилувчи дастурлар билан ишлаш;

- махсус адабиётлар бўйича модул бўлимлари ёки мавзулари устида ишлаш;

- тингловчининг касбий фаолияти билан боғлиқ бўлган модул бўлимлари ва мавзуларни чуқур ўрганиш.

Мустақил таълим мавзулари

1. Фундаментал ўзаро таъсир назарияларнинг кашф этилиш тарихи.
2. Коинотнинг турли моделлари.
3. Юлдузлардаги реакцияларнинг кесимлари.
4. Юлдузлар классификацияси ва каталоглари.
5. Галактикалар каталоглари.
6. Гравитацион линза системалари.
7. Пульсарлар ва магнетарлар.
8. Космологияда магнит майдонлар.
9. Юлдуз пайдо бўлишида магнит майдонининг роли.
10. Элементар зарраларнинг кашф этилиш тарихи.
11. Дунёдаги катта тезлатгичлар тўғрисида маълумотлар.
12. Дунёдаги катта радиотелескоплар тўғрисида маълумотлар.

VIII. ГЛОССАРИЙ

Термин	Ўзбек тилидаги шархи	Инглиз тилидаги шархи
Астрономия	Осмон жисмларни ўрганадиган табиий фан	Astronomy (from Greek: <i>ἀστρονομία</i> , literally meaning the science that studies the laws of the stars) is a natural science that studies celestial objects and phenomena.
Астрофизика	Осмон жисмларни ва жараёнларни физик методлар ва принциплар орқали ўрганадиган фан	Astrophysics is a science that employs the methods and principles of physics in the study of astronomical objects and phenomena.
Адронлар	Кучли ўзаро таъсирда иштирок этувчи элементар зарралар	In particle physics, a hadron is a composite particle made of quarks held together by the strong force in a similar way as the electromagnetic force holds molecules together.
Адронларнинг кварк моделлари	адронларнинг элементар ташкил этувчилар – кваркларнинг боғланган тизимидан иборат деб қаралувчи модели.	A quark is an elementary particle and a fundamental constituent of matter. Quarks combine to form composite particles called hadrons, the most stable of which are protons and neutrons, the components of atomic nuclei. Due to a phenomenon known as color confinement, quarks are never directly observed or found in isolation; they can be found only within hadrons, such as baryons (of which protons and neutrons are examples), and mesons.
Бозон	бутун сонли спинга эга бўлган заррача	In quantum mechanics , a boson is a particle that follows Bose–Einstein statistics . Bosons make up one of the two classes of particles , the other being fermions . The name boson was coined by Paul Dirac ^[4] to commemorate the contribution

		<p>of the Indian physicist Satyendra Nath Bose^{[5][6]} in developing, with Einstein, Bose–Einstein statistics— which theorizes the characteristics of elementary particles. Bosons are integer spin particles.</p>
<p>Буюк бирлашув</p>	<p>кучли, кучсиз ва электромагнит ўзаро таъсирларнинг ягона табиатига эга эканлиги ҳақидаги тасаввурга асосланган фундаментал физикавий ходисаларнинг назарий модели</p>	<p>Great integration of the fundamental interactions, also known as fundamental forces, are the interactions in physical systems that do not appear to be reducible to more basic interactions. There are four conventionally accepted fundamental interactions— gravitational, electromagnetic, strong nuclear, and weak nuclear. Each one is understood as the dynamics of a <i>field</i>. The gravitational force is modelled as a continuous classical field. The other three are each modelled as discrete quantum fields, and exhibit a measurable unit or elementary particle.</p>
<p>Вайнберг-Салам назарияси</p>	<p>электромагнит ва кучсиз ўзаро таъсирларнинг бирлашган назарияси.</p>	<p>Electromagnetic and weak interactions unified theory. In particle physics, the electroweak interaction is the unified description of two of the four known fundamental interactions of nature: electromagnetism and the weak interaction. Although these two forces appear very different at everyday low energies, the theory models them as two different aspects of the same force. Above the unification energy, on the order of 100 GeV, they would merge into a single electroweak force.</p>

<p style="text-align: center;">Галактика</p>	<p>юлдузлар, юлдуз туркумлари, юлдузлараро газ ва чанг, ҳамда қоронғи моддадан иборат гравитацион боғланган тизим</p>	<p>Stars, constellations, interstellar gas and dust, and dark matter to gravitationally bound system. The Milky Way is the galaxy that contains our Solar System. Its name "milky" is derived from its appearance as a dim glowing band arching across the night sky whose individual stars cannot be distinguished by the naked eye.</p>
<p style="text-align: center;">Гамма-Астрономия</p>	<p>турлича космик манбаларини уларнинг гамма диапазонидаги (тўлқин узунликлари $\lambda < 10^{-12}$ м, фотон энергияси эса $\varepsilon > 10^5$ эВ бўлган) электромагнит нурланишлари бўйича ўрганувчи астрономия бўлими.</p>	<p>Gamma-ray astronomy is the astronomical observation of gamma rays,^[nb 1] the most energetic form of electromagnetic radiation, with photon energies above 100 keV. Radiation below 100 keV is classified as X-rays and is the subject of X-ray astronomy. September 02 2011 Fermi Second catalog of Gamma Ray Sources constructed over 2 years. An all sky image showing energies greater than 1 billion electron volts (1 GeV) ub. Brighter colors indicate gamma-ray sources. Gamma rays in the MeV range are generated in solar flares (and even in the Earth's atmosphere), but gamma rays in the GeV range do not originate in the Solar System and are important in the study of extrasolar, and especially extragalactic astronomy.</p>
<p style="text-align: center;">Глюон</p>	<p>бирга тенг спинли ва нолга тенг тинчлик массали ҳамда кварклар орасидаги кучли ўзаро таъсирни ташувчи электрик нейтрал зарра.</p>	<p>Gluons are elementary particles that act as the exchange particles (or gauge bosons) for the strong force between quarks, analogous to the exchange of photons in the electromagnetic force between two charged particles.^[6] In layman terms, they</p>

		<p>"glue" quarks together, forming protons and neutrons. In technical terms, gluons are vector gauge bosons that mediate strong interactions of quarks in quantum chromodynamics (QCD). Gluons themselves carry the color charge of the strong interaction.</p>
<p>Ёруғлик йили</p>	<p>астрономияда қўлланиладиган узунлик бирлиги; ёруғлик бир йилда босиб ўтадиган масофага тенг. (1 Ё.й. = 9,4605 · 10¹⁵м)</p>	<p>A light-year (or light year, abbreviation: ly) is a unit of length used informally to express astronomical distances. It is approximately 9 trillion kilometres (or about 6 trillion miles). As defined by the International Astronomical Union (IAU), a light-year is the distance that light travels in vacuum in one Julian year (365.25 days). Because it includes the word <i>year</i>, the term <i>light-year</i> is sometimes misinterpreted as a unit of time.</p>
<p>Инфлатон</p>	<p>Бошланғич коинотни яратувчи скаляр заррача ва майдон.</p>	<p>The inflaton field is a hypothetical scalar field which is conjectured to have driven cosmic inflation in the very early universe.</p>
<p>Кучсиз ўзаро таъсир</p>	<p>бир неча аттометрдан (10⁻¹⁸м) кичик масофаларда элементар зарралар орасидаги ўзаро таъсир; бундай ўзаро таъсир хусусан атом ядроларининг бетта емирилишига олиб келади.</p>	<p>In particle physics, the weak interaction is the mechanism responsible for the weak force or weak nuclear force, one of the four known fundamental interactions of nature, alongside the strong interaction, electromagnetism, and gravitation. The weak interaction is responsible for the radioactive decay of subatomic particles, and it plays an essential role in nuclear fission. The theory of the weak interaction is</p>

		<p>sometimes called quantum flavordynamics (QFD), in analogy with the terms QCD and QED, but the term is rarely used because the weak force is best understood in terms of electro-weak theory (EWT).</p>
<p>Квазар</p>	<p>узоқлашган галлактиканинг фаол ўзагидан иборат бўлган қудратли космик электромагнит нурланиш манбаи.</p>	<p>Quasars or quasi-stellar radio sources are the most energetic and distant members of a class of objects called active galactic nuclei (AGN). Quasars are extremely luminous and were first identified as being high redshift sources of electromagnetic energy, including radio waves and visible light, that appeared to be similar to stars, rather than extended sources similar to galaxies. Their spectra contain very broad emission lines, unlike any known from stars, hence the name "quasi-stellar."</p>
<p>Кварклар</p>	<p>ҳозирга тасаввурга кўра барча адронларнинг таркибий қисмларини ташкил қилувчи фундаментал заррачалар.</p>	<p>A quark (/'kwɔ:rk/ or /'kwa:rk/) is an elementary particle and a fundamental constituent of matter. Quarks combine to form composite particles called hadrons, the most stable of which are protons and neutrons, the components of atomic nuclei.^[1] Due to a phenomenon known as color confinement, quarks are never directly observed or found in isolation; they can be found only within hadrons, such as baryons (of which protons and neutrons are examples), and mesons. For this reason, much of what is known about quarks has been drawn from observations of the hadrons themselves.</p>

<p style="text-align: center;">Коинот</p>	<p>моддий дунёнинг кузатиш мумкин бўлган қисми.</p>	<p>part of the material world that can be observed. The Universe is all of time and space and its contents. The Universe includes planets, natural satellites, minor planets, stars, galaxies, the contents of intergalactic space, the smallest subatomic particles, and all matter and energy. The observable universe is about 28 billionparsecs (91 billion light-years) in diameter at the present time. The size of the whole Universe is not known and may be either finite or infinite.</p>
<p style="text-align: center;">Коллайдер</p>	<p>зарядланган зарраларнинг қарама – қарши дасталарининг учрашуви юз берадиган тезлатгич.</p>	<p>A collider is a type of particle accelerator involving directed beams of particles. Colliders may either be ring accelerators or linear accelerators, and may collide a single beam of particles against a stationary target or two beams head-on. Colliders are used as a research tool in particle physics by accelerating particles to very high kinetic energy and letting them impact other particles. Analysis of the byproducts of these collisions gives scientists good evidence of the structure of the subatomic world and the laws of nature governing it. These may become apparent only at high energies and for tiny periods of time, and therefore may be hard or impossible to study in other ways.</p>
<p style="text-align: center;">Космик радионурланиш</p>	<p>космик объектларнинг радиотўлқинлар</p>	<p>Space objects in the field of radio electromagnetic radiation. Radio waves are a type of</p>

	<p>соҳасида электромагнит нурланиши.</p>	<p>electromagnetic radiation with wavelengths in the electromagnetic spectrum longer than infrared light. Radio waves have frequencies from 3 THz to as low as 3 kHz, and corresponding wavelengths ranging from 100 micrometers (0.0039 in) to 100 kilometers (62 mi). Like all other electromagnetic waves, they travel at the speed of light. Naturally occurring radio waves are made by lightning, or by astronomical objects.</p>
<p>Кучли ўзаро таъсир</p>	<p>бир нечта фемтометрдан (10^{-15} м) кичик масофаларда адронлар орасидаги ўзаро таъсир. Хусусан, атом ядроларидаги нуклонларнинг ўзаро боғланишини таъминлайди.</p>	<p>In particle physics, the strong interaction is the mechanism responsible for the strong nuclear force (also called the strong force, nuclear strong force), one of the four known fundamental interactions of nature, the others being electromagnetism, the weak interaction and gravitation. Despite only operating at a distance of a femtometer, it is the strongest force, being approximately 100 times stronger than electromagnetism, a million times stronger than weak interaction and 10^{38} times stronger than gravitation at that range.</p>
<p>Лептонлар</p>	<p>кучли ўзаро таъсирда иштирок этмайдиган элементар зарраларнинг умумий номи.</p>	<p>A lepton is an elementary, half-integer spin (spin $\frac{1}{2}$) particle that does not undergo strong interactions.^[1] Two main classes of leptons exist: charged leptons (also known as the electron-like leptons), and neutral leptons (better known as neutrinos). Charged leptons can combine with other particles to</p>

		<p>form various composite particles such as atoms and positronium, while neutrinos rarely interact with anything, and are consequently rarely observed. The best known of all leptons is the electron.</p>
<p>Майдон ягона назарияси</p>	<p>элементар зарралар хоссалари ва ўзаро таъсирларининг барча хилма – хиллигини унча кам сонли универсал тамойилларга келтиришга қаратилган материянинг ягона назарияси.</p>	<p>In physics, a unified field theory (UFT), occasionally referred to as a uniform field theory,^[1] is a type of field theory that allows all that is usually thought of as fundamental forces and elementary particles to be written in terms of a single field. There is no accepted unified field theory, and thus it remains an open line of research. The term was coined by Einstein, who attempted to unify the general theory of relativity with electromagnetism. The "theory of everything" and Grand Unified Theory are closely related to unified field theory, but differ by not requiring the basis of nature to be fields, and often by attempting to explain physical constants of nature.</p>
<p>Мюонлар</p>	<p>массаси электрон массасидан тақрибан 207 марта катта ва электромагнит ҳамда кучсиз ўзаро таъсирларда иштирок этувчи зарядланган элементар зарралар.</p>	<p>The muon is an elementary particle similar to the electron, with electric charge of $-1 e$ and a spin of $\frac{1}{2}$, but with a much greater mass. It is classified as a lepton. As is the case with other leptons, the muon is not believed to have any sub-structure—that is, it is not thought to be composed of any simpler particles. The muon is an unstable subatomic particle with a mean lifetime of 2.2 μs. Among all known unstable subatomic particles, only the</p>

		<p>neutron (lasting around 15 minutes) and some atomic nuclei have a longer decay lifetime; others decay significantly faster.</p>
<p>Нейтрон юлдузлар</p>	<p>юлдузларнинг ички тузилиши назариясига кўра озгина электронлар аралашган нейтронлардан ўта оғир атом ядролари ва протонлардан ташкил топган энг зич юлдузлар.</p>	<p>A neutron star is a type of compact star. Neutron stars are the smallest and densest stars known to exist in the Universe. With a radius of only about 11–11.5 km (7 miles), they can, however, have a mass of about twice that of the Sun. They can result from the gravitational collapse of a massive star that produces a supernova. Neutron stars are composed almost entirely of neutrons, which are subatomic particles with no net electrical charge and with slightly larger mass than protons. They are supported against further collapse by quantum degeneracy pressure due to the phenomenon described by the Pauli exclusion principle.</p>
<p>Нуклеосинтез</p>	<p>енгилроқ ядролардан оғирроқ ядролар ҳосил бўлишига олиб келувчи ядровий реакциялар занжири.</p>	<p>Nucleosynthesis is the process that creates new atomic nuclei from pre-existing nucleons, primarily protons and neutrons. The first nuclei were formed about three minutes after the Big Bang, through the process called Big Bang nucleosynthesis. It was then that hydrogen and helium formed to become the content of the first stars, and this primeval process is responsible for the present hydrogen/helium ratio of the cosmos. With the formation of stars, heavier nuclei were created from hydrogen and</p>

		helium by stellar nucleosynthesis , a process that continues today.
<p>Оқ миттилар</p>	<p>массалари Қуёш массаси таркибида бўлган ва радиуслари Қуёш радиусининг $\sim 0,01$ хиссасини ташкил қилувчи кичик юлдузлар.</p>	<p>A white dwarf, also called a degenerate dwarf, is a stellar remnant composed mostly of electron-degenerate matter. A white dwarf is very dense: its mass is comparable to that of the Sun, while its volume is comparable to that of Earth. A white dwarf's faint luminosity comes from the emission of stored thermal energy; no fusion takes place in a white dwarf wherein mass is converted to energy. The nearest known white dwarf is Sirius B, at 8.6 light years, the smaller component of the Sirius binary star. There are currently thought to be eight white dwarfs among the hundred star systems nearest the Sun.^[1] The unusual faintness of white dwarfs was first recognized in 1910. The name <i>white dwarf</i> was coined by Willem Luyten in 1922. The universe has not been alive long enough to experience a white dwarf releasing all of its energy as it will take close to a trillion years.</p>
<p>Парсек</p>	<p>астрономияда ишлатиладиган узунлик бирлиги; $1\text{пк}=3,0857 \cdot 10^{16}\text{м}$.</p>	<p>A parsec (symbol: pc) is a unit of length used to measure large distances to objects outside the Solar System. One parsec is the distance at which one astronomical unit subtends an angle of one arcsecond.^[1] A parsec is equal to about 3.26 light-years (31 trillion kilometres or 19 trillion miles) in length. The nearest star, Proxima Centauri, is about 1.3 parsecs (4.24 light-</p>

		<p>years) from the Sun. Most of the stars visible to the unaided eye in the nighttime sky are within 500 parsecs of the Sun.</p>
<p>Позитрон</p>	<p>катталиги жиҳатдан электрон зарядига тенг мусбат зарядли, массаси электрон массасига тенг бўлган элементар зарра, электронга нисбатан антизарра.</p>	<p>The positron or antielectron is the antiparticle or the antimatter counterpart of the electron. The positron has an electric charge of $+1 e$, a spin of $\frac{1}{2}$, and has the same mass as an electron. When a low-energy positron collides with a low-energy electron, annihilation occurs, resulting in the production of two or more gamma rayphotons (see electron–positron annihilation). Positrons may be generated by positron emission radioactive decay (through weak interactions), or by pair production from a sufficiently energetic photon which is interacting with an atom in a material.</p>
<p>Фермион</p>	<p>ярим бутун спинга эга бўлган заррача.</p>	<p>In particle physics, a fermion (a name coined by Paul Dirac from the surname of Enrico Fermi) is any particle characterized by Fermi–Dirac statistics. These particles obey the Pauli exclusion principle. Fermions include all quarks and leptons, as well as any composite particle made of an odd number of these, such as all baryons and many atoms and nuclei. Fermions differ from bosons, which obey Bose–Einstein statistics. A fermion can be an elementary particle, such as the electron, or it can be a composite particle, such as the proton. According to the spin-statistics theorem in any reasonable relativisticquantum field theory, particles with integerspin are</p>

		<p>bosons, while particles with half-integer spin are fermions.</p>
<p>Хаббл доимийси</p>	<p>кўринувчи Коинотнинг космологик кенгайиши туфайли галлактикадан ташқари объектларнинг узоклашиши тезликлари билан уларгача бўлган масофалар орасидаги боғланишлардаги мутаносиблик коэффициенти.</p>	<p>The value of the Hubble constant is estimated by measuring the redshift of distant galaxies and then determining the distances to the same galaxies (by some other method than Hubble's law). Uncertainties in the physical assumptions used to determine these distances have caused varying estimates of the Hubble constant. The value of the Hubble constant was the topic of a long and rather bitter controversy between Gérard de Vaucouleurs, who claimed the value was around 100, and Allan Sandage, who claimed the value was near 50. In 1996, a debate moderated by John Bahcall between Sidney van den Bergh and Gustav Tammann was held in similar fashion to the earlier Shapley-Curtis debate over these two competing values.</p>
<p>Юлдуз туркумлари</p>	<p>бирдай ёшдаги ва биргаликда вужудга келган гравтацион боғланган юлдузлар гурухлари.</p>	<p>Star clusters or star clouds are groups of stars. Two types of star clusters can be distinguished: globular clusters are tight groups of hundreds or thousands of very old stars which are gravitationally bound, while open clusters, more loosely clustered groups of stars, generally contain fewer than a few hundred members, and are often very young. Open clusters become disrupted over time by the gravitational influence of giant molecular clouds as they move through the galaxy, but cluster members will continue</p>

		<p>to move in broadly the same direction through space even though they are no longer gravitationally bound; they are then known as a stellar association, sometimes also referred to as a <i>moving group</i>.</p>
<p>Юлдузлар</p>	<p>гравитация кучларининг иссиқ модда (газ) нинг босими ҳамда нурланишлар билан мувозанати хисобига барқарор бўлган улкан нурланувчи плазмавий шарлар.</p>	<p>A star is a luminous sphere of plasma held together by its own gravity. The nearest star to Earth is the Sun. Other stars are visible to the naked eye from Earth during the night, appearing as a multitude of fixed luminous points in the sky due to their immense distance from Earth. Historically, the most prominent stars were grouped into constellations and asterisms, the brightest of which gained proper names. Extensive catalogues of stars have been assembled by astronomers, which provide standardized star designations. For at least a portion of its life, a star shines due to thermonuclear fusion of hydrogen into helium in its core, releasing energy that traverses the star's interior and then radiates into outer space.</p>
<p>Ядровий астрофизика</p>	<p>юлдузлар ва бошқа самовий объектларда содир бўлувчи барча ядровий жараёнларни тадқиқ қилувчи фан.</p>	<p>Nuclear astrophysics is an interdisciplinary branch of physics involving close collaboration among researchers in various subfields of nuclear physics and astrophysics, with significant emphasis in areas such as stellar modeling, measurement and theoretical estimation of nuclear reaction rates, cosmology, cosmochemistry, gamma ray, optical and X-ray astronomy, and extending our</p>

		<p>knowledge about nuclear lifetimes and masses. In general terms, nuclear astrophysics aims to understand the origin of the chemical elements and the energy generation in stars.</p>
Қора ўра	<p>гравитация кучлари жисмни унинг гравитациявий радиусидан кичикроқ ўлчамларгача сиқилиши натижасида юзага келувчи космик объект.</p>	<p>A black hole is a region of spacetime exhibiting such strong gravitational effects that nothing—including particles and electromagnetic radiation such as light—can escape from inside it. The theory of general relativity predicts that a sufficiently compact mass can deform spacetime to form a black hole. The boundary of the region from which no escape is possible is called the event horizon.</p>
Қоронғи модда	<p>Борлиқнинг 23% номаълум моддаси.</p>	<p>Dark matter is a form of matter thought to account for approximately 85% of the matter in the universe and about 23% of its total mass–energy density.</p>
Қоронғи энергия	<p>Борлиқнинг антигравитация хусусиятига эга 73% номаълум энергияси.</p>	<p>Dark energy is an unknown form of energy that affects and accelerates the universe on the largest scales.</p>

АДАБИЁТЛАРРЎЙХАТИ

I. Ўзбекистон Республикаси Президентининг асарлари

1. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажагимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қурамиз. – Т.: “Ўзбекистон”, 2017. – 488 б.
2. Мирзиёев Ш.М. Миллий тараққиёт йўлимизни қатъият билан давом эттириб, янги босқичга кўтарамиз. 1-жилд. – Т.: “Ўзбекистон”, 2017. – 592 б.
3. Мирзиёев Ш.М. Халқимизнинг розилиги бизнинг фаолиятимизга берилган энг олий баҳодир. 2-жилд. Т.: “Ўзбекистон”, 2018. – 507 б.
4. Мирзиёев Ш.М. Нияти улуғ халқнинг иши ҳам улуғ, ҳаёти ёруғ ва келажаги фаровон бўлади. 3-жилд.– Т.: “Ўзбекистон”, 2019. – 400 б.
5. Мирзиёев Ш.М. Миллий тикланишдан – миллий юксалиш сари. 4-жилд.– Т.: “Ўзбекистон”, 2020. – 400 б.

II. Норматив-ҳуқуқий ҳужжатлар

6. Ўзбекистон Республикасининг Конституцияси. – Т.: Ўзбекистон, 2018.
7. Ўзбекистон Республикасининг 2020 йил 23 сентябрда қабул қилинган “Таълим тўғрисида”ги ЎРҚ-637-сонли Қонуни.
8. Ўзбекистон Республикасининг “Коррупцияга қарши курашиш тўғрисида”ги Қонуни.
9. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июнь “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-4732-сонли Фармони.
10. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февраль “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги 4947-сонли Фармони.
11. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 20 апрель “Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-2909-сонли Қарори.
12. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 5 июнь “Олий таълим муассасаларида таълим сифатини ошириш ва уларнинг мамлакатда амалга оширилаётган кенг қамровли ислохотларда фаол иштирокини таъминлаш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги ПҚ-3775-сонли Қарори.
13. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 21 сентябрь “2019-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини инновацион ривожлантириш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПФ-5544-сонли Фармони.
14. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 май “Ўзбекистон Республикасида коррупцияга қарши курашиш тизимини янада

такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5729-сон Фармони.

15. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 17 июнь “2019-2023 йилларда Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университетда талаб юқори бўлган малакали кадрлар тайёрлаш тизимини тубдан такомиллаштириш ва илмий салоҳиятини ривожлантири чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-4358-сонли Қарори.

16. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 август “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг узлуксиз малакасини ошириш тизимини жорий этиш тўғрисида”ги ПФ-5789-сонли Фармони.

17. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 8 октябрь “Ўзбекистон Республикаси олий таълим тизимини 2030 йилгача ривожлантириш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПФ-5847-сонли Фармони.

18. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 29 октябрдаги “Илм-фанни 2030 йилгача ривожлантириш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПФ-6097 – сонли Фармони.

19. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2019 йил 23 сентябрь “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги 797-сонли Қарори.

Ш. Махсус адабиётлар

20. A.A. Abdujabbarov, B.J. Ahmedov, Photons Motion and Optical Properties of Black holes, Tashkent, 2019, 184 pp.

21. Andi Klein and Alexander Godunov. “Introductory Computational Physics”. Cambridge University Press 2010.

22. David Spencer “Gateway”, Students book, Macmillan 2012.

23. Dieter Vollath Nanoparticles-Nanocomposites-Nanomaterials. An introduction for beginners. – Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstr. Weinheim, Germany, 2013. – P. 322.

24. English for Specific Purposes. All Oxford editions. 2010, 204.

25. Harvey Gould, Jan Tobochnik, Wolfgang Christian. “An introduction to computer simulation methods. Applications to Physical Systems”. Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley, 2007.

26. <http://phet.colorado.edu>

27. Isabel Gedgrave” Modern Teaching of Physics”. 2009

28. Lindsay Clandfield and Kate Pickering “Global”, B2, Macmillan. 2013. 175.

29. Mitchell H.Q. “Traveller” B1, B2, MM Publiciations. 2015. 183.

30. Mitchell H.Q. Marileni Malkogianni “PIONEER”, B1, B2, MM Publiciations. 2015. 191.

31. Mustafa Akay. Introduction to Polymer Science and Technology & Ventus Publishing ApS, 2012, - P.169.
32. Rolf Klein. Material Properties of Plastics, - Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstr. Weinheim, Germany, 2011. – P. 68.
33. S. Siti Suhaily, H.P.S. Abdul Khalil, W.O. Wan Nadirah and M. Jawaid. Bamboo Based Biocomposites Material, Design and Applications. Additional information is available at the end of the chapter 2013.
34. S.M. Lindsay, Introduction to nanoscience, Oxford University Press, 2010
35. Steve Taylor “Destination” Vocabulary and grammar”, Macmillan 2010.
36. Thomas Hanemann. Polymer-Nanoparticle composites: From Synthesis to Modern Applications. – Materials, 2010. – P.50.
37. Viatcheslav Mukhanov, Physical Foundations of Cosmology Cambridge University Press, 2012, DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511790553>
38. Vittorio Degiorio, Maria Cristiani / Photonics. A short course/ Springer International Publishing Switzerland 2014.
39. William D. Callister Jr. Materials Sciences and Engineering. An Introduction. John Wiley & Sons. Inc. 2010. – P. 1000.
40. Архангельская И.В., Розенталь И.Л., Чернин А.Д. Космология и физический вакуум. Изд. стереотип. URSS. 2020. 214 с. ISBN 978-5-396-00993-6.
41. Асекретов О.К., Борисов Б.А., Бугакова Н.Ю. и др. Современные образовательные технологии: педагогика и психология: монография. – Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2015. – 318 с. <http://science.vvsu.ru/files/5040BC65-273B-44BB-98C4-CB5092BE4460.pdf>
42. Белогуров А.Ю. Модернизация процесса подготовки педагога в контексте инновационного развития общества: Монография. — М.: МАКС Пресс, 2016. — 116 с. ISBN 978-5-317-05412-0.
43. Гулобод Қудратуллоҳ қизи, Р.Ишмухамедов, М.Нормухаммедова. Анъанавий ва ноанъанавий таълим. – Самарқанд: “Имом Бухорий халқаро илмий-тадқиқот маркази” нашриёти, 2019. 312 б.
44. Джораев М., Физика ўқитиш методикаси. Гулистон давлат университети. Гулистон, 2017. – 256 б.
45. Ибраймов А.Е. Масофавий ўқитишнинг дидактик тизими. методик қўлланма/ тузувчи. А.Е.Ибраймов. – Тошкент: “Lesson press”, 2020. 112 бет.

46. Игнатова Н. Ю. Образование в цифровую эпоху: монография. М-во образования и науки РФ. – Нижний Тагил: НТИ (филиал) УрФУ, 2017. – 128 с. http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/54216/1/978-5-9544-0083-0_2017.pdf

47. Ишмухамедов Р.Ж., М.Мирсолиева. Ўқув жараёнида инновацион таълим технологиялари. – Т.: «Fan va texnologiya», 2014. 60 б.

48. Муслимов Н.Ава бошқалар. Инновацион таълим технологиялари. Ўқув-методик қўлланма. – Т.: “Sano-standart”, 2015. – 208 б.

49. Нохара Х. Реформа государственных университетов и научных исследований в Японии. // Экономика образования. – 2008. – № 3. – С. 77–82

50. Олег Верходанов, Юрий Парийский. Радиогалактики и космология. Litres, 2018-12-20. — 304 с. — ISBN 978-5-457-96755-7.

51. Олийтаълим тизимини рақамли авлодга мослаштириш концепцияси. Европа Иттифоқи Эрасмус+ дастурининг қўмағида. https://hiedtec.ecs.uniruse.bg/pimages/34/3_UZBEKISTAN-CONCEPT-UZ.pdf

52. С.Г.Моисеев, С.В.Виноградов. Основы нанофизики. Ульяновск, 2010.

53. Усмонов Б.Ш., Ҳабибуллаев Р.А. Олий ўқув юртларида ўқув жараёнини кредит-модуль тизимида ташкил қилиш. Ўқув қўлланма. Т.: “Tafakkur” нашриёти, 2020 й. 120 бет.

54. Щербак Е.Н. Зарубежные образцы системы управления высшим образованием (на примере образовательных стандартов Франции и США) // Образование и право. – 2012. – № 9 (37). – С.79-87

IV. Интернет сайтлар

55. <http://edu.uz> – Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги

56. <http://lex.uz> – Ўзбекистон Республикаси Қонун ҳужжатлари маълумотлари миллий базаси

57. <http://bimm.uz> – Олий таълим тизими педагог ва раҳбар кадрларини қайта тайёрлаш ва уларнинг малакасини оширишни ташкил этиш бош илмий-методик маркази

58. <http://ziyonet.uz> – Таълим портали Ziyonet

59. <http://www.nobelprizes.com/>

60. <http://www.wittenborg.eu>

61. <http://www.physics.ox.ac.uk>

62. <http://www.phy.cam.ac.uk>

63. <http://www.physics.uni-heidelberg.de>

64. www.cultinfo./fulltext/1/008/077/561/htm

65. <http://www.unibo.it>

66. <http://www.iau-aiu.net/>

67. <https://en.wikipedia.org/wiki/>

68. <http://www.aca-secretariat.be/>
69. <https://ui.adsabs.harvard.edu/>
70. <https://arxiv.org/>