

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

**ОЛИЙ ТАЪЛИМ ТИЗИМИ ПЕДАГОГ ВА РАХБАР 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**

**“ЮҚОРИ ЭНЕРГИЯЛАР ФИЗИКАСИ ВА
АСТРОФИЗИКАНИНГ ЗАМОНАВИЙ ҲОЛАТИ”
модули бўйича**

Ў Қ У В – У С Л У Б И Й М А Ж М У А

Мазкур ўқув-услугий мажмуа Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2017 йил 24 августдаги 603-сонли билан тасдиқланган ўқув режа ва дастур асосида тайёрланди.

Тузувчилар:

ЎзМУ профессори,
ЎзФА Астрономия институти
бўлим мудир **Б.Ж. Ахмедов**
ЎзМУ доценти **А.С. Рахматов**
ЎзМУ етакчи илмий ходими
А.А. Абдужаббаров

Такризчи:

Катцухиро Накамуро,
ЎзМУнинг физика факультети
ҳамда Осака шаҳар
университетининг нафақадаги
профессори (**Япония**).

*Ўқув -услугий мажмуа ЎзМУнинг кенгашининг 2017 йил _____ даги ___ -
сонли қарори билан тасдиққа тавсия қилинган.*

МУНДАРИЖА

I. ИШЧИ ДАСТУР	4
II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ.....	10
III. НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ	14
IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ	80
V. КЕЙСЛАР БАНКИ.....	81
VI. МУСТАҚИЛ ТАЪЛИМ МАВЗУЛАРИ.....	83
VII. ГЛОССАРИЙ	83
VIII. АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ	96

I. ИШЧИ ДАСТУР

Кириш

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

Жамият тараққиёти нафақат мамлакат иқтисодий салоҳиятининг юксаклиги билан, балки бу салоҳият ҳар бир инсоннинг камол топиши ва уйғун ривожланишига қанчалик йўналтирилганлиги, инновацияларнинг тадбиқ этилганлиги билан ҳам ўлчанади. Демак, таълим тизими самарадорлигини ошириш, педагогларни замонавий билим ҳамда амалий кўникма ва малакалар билан қуроллантириш, чет эл илғор тажрибаларини ўрганиш ва таълим амалиётига тадбиқ этиш бугунги куннинг долзарб вазифасидир. “Юқори энергиялар физикаси ва астрофизиканинг замонавий ҳолати” модули айнан мана шу йўналишдаги масалаларни ҳал этишга қаратилган.

«Юқори энергиялар физикаси ва астрофизиканинг замонавий ҳолати» курсининг мақсади тингловчиларни ҳозирда мавжуд бўлган замонавий янгиликлар, сўнгги хорижий адабиётлар билан таништириш ва ана шу янгиликлардан маҳорат билан фойдаланиш малакасини шакллантиришдир.

Модулнинг мақсади ва вазифалари

“Юқори энергиялар физикаси ва астрофизиканинг замонавий ҳолати” **модулининг мақсади:** педагог кадрларни қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш курси тингловчиларини юқори энергиялар физикаси ва астрофизика соҳасидаги сўнгги янгиликлар, замонавий экспериментал технологиялар ва хорижий адабиётлар ҳақидаги билимларини такомиллаштириш, бу борадаги муаммоларни аниқлаш, таҳлил этиш ва баҳолаш. Шунингдек уларда илғор тажрибаларни ўрганиш ва амалда қўллаш кўникма ва малакаларини шакллантириш.

“Юқори энергиялар физикаси ва астрофизиканинг замонавий ҳолати” **модулининг вазифалари:**

- Тингловчиларга таълим-тарбия масалалари бўйича илғор таълим технологияларининг концептуал асослари, келиб чиқиш тарихи тўғрисида маълумотлар бериш, замонавий модулли технологиялардан фойдаланиб тингловчиларни мазкур йўналишда малакасини оширишга кўмаклашиш;

•Юксак малакали мутахассис кадрлар тайёрлаш борасидаги ислохотларни амалга ошириш жараёнида илғор тажрибасини ўрганиш ва улардан самарали фойдаланиш маҳоратини ошириш.

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

“Юқори энергиялар физикаси ва астрофизиканинг замонавий ҳолати” модулини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида:

Тингловчи:

- юқори энергиялар физикаси ва астрофизикадаги асосий янгиликлар ва замонавий адабиётлар;

- ҳозирги замон эксперимент ва кузатувлардан самарали фойдаланиш ҳақида билимларга эга бўлиши;

Тингловчи:

- педагогик фаолият жараёнини модуллаштириш;

- интерактив методларни мақсадли равишда тўғри танлаш ва фойдаланиш

кўникмаларини эгаллаши;

Тингловчи:

- ўқув курсининг модулини тузиш;

- юқори энергиялар физикаси ва астрофизика модулини структуралаштириш;

- талабаларнинг мустақил амалий фаолиятини ташкил этиш;

- интерактив методлардан фойдаланиш

малакаларини эгаллаши;

Тингловчи:

- ўз соҳасига оид ахборотни мантиқий блокларга ажратиш ва аниқ, раво ҳамда тушунарли равишда баён этиш;

- модулли ёндашув асосида ўқув жараёнини ташкил этиш;

- тажриба технологияларига ёндашув асосида таълим ва тарбия жараёнини бошқариш;

- коммуникативликни ва мустақил фаолиятни ташкил этиш юзасидан

компетенцияларни эгаллаши лозим.

Модулни ташкил этиш ва ўтказиш бўйича тавсиялар

“Юқори энергиялар ва астрофизиканинг замонавий ҳолати” модули маъруза, амалий ва кўчма машғулотлар шаклида олиб борилади.

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

- ўтказиладиган амалий машғулотларда техник воситалардан, экспресс-сўровлар, тест сўровлари, ақлий ҳужум, гуруҳли фикрлаш, кичик гуруҳлар билан ишлаш, ва бошқа интерактив таълим усуллари қўллаш;

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

назарда тутилади.

Модулнинг ўқув режадаги бошқа модуллар билан боғлиқлиги ва

узвийлиги

“Юқори энергиялар физикаси ва астрофизиканинг замонавий ҳолати” модули ўқув режадаги биринчи блок ва мутахасислик фанларининг барча соҳалари билан ўзвий боғланган ҳолда педагог ходимларнинг умумий 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.

“Юқори энергиялар физикаси ва астрофизиканинг замонавий ҳолати”

Модул бўйича соатлар тақсимооти

№	Модул мавзулари	Тингловчининг ўқув юклараси, соат					
		Умумий соат	Жами аудитория соати	Аудитория ўқув юклараси			Мустақил таълим
				Жумладан			
				Назарий	Амалий	Кўчма машғулот	
1.	Юқори энергиялар физикаси ва астрофизика фанининг асосий мазмуни, мақсади ва вазибалари. Тарихий кириш.	2	2	2	-	-	-
2.	Коинотнинг катта портлаш натижасида яратилиши, инфляция жараёни. Фундаментал ўзаро таъсирлар.	4	4	2	2	-	-
3.	Коинотда юлдузларнинг пайдо бўлиши ва эволюцияси.	8	6	2	4	-	2
4.	Эксперимент ва кузатишларга мўлжалланган ускуналар. Тезлатгичлар. Телескоплар.	4	4	-	2	2	-
5.	Галактикалар ва уларнинг эволюцияси.	6	4	2	2	-	2
6.	Астрофизикадаги компакт объектлар. Қоронғи материя ва қоронғи энергия. Гравитацион тўлқинлар.	6	6	2	2	2	-

	Жами:30 соат	30	26	10	12	4	4
--	---------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------	----------

НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1-Мавзу: Юқори энергиялар физикаси ва астрофизика фанининг асосий мазмуни, мақсади ва вазифалари. Тарихий кириш.

Юқори энергиялар физикаси ва астрофизика фанининг асосий мазмунини ёритиш, ушбу фаннинг физиканинг бошқа фанлари билан боғлиқлигини тушунтириш. Ушбу фаннинг ривожланиш тарихи билан таништириш.

2-Мавзу: Коинотнинг катта портлаш натижасида яратилиши, инфляция жараёни. Фундаментал ўзаро таъсирлар.

Фундаментал ўзаро таъсирлар. Коинотнинг инфляцион модели. Кварк-глюон плазмаси, ядролар, мезонлар ва лептонлар. Бирламчи ядровий реакциялар ҳамда дейтрон, гелий ва литий ядроларининг ҳосил бўлиши. Бирламчи юлдуз ва галактикаларнинг пайдо бўлиши. Замонавий релятивистик космологияда материянинг янги формалари: Хозирги этапда коинотнинг тезланиш билан кенгайиши.

3-Мавзу: Коинотда юлдузларнинг пайдо бўлиши ва эволюцияси.

Галактикалар классификацияси. Галактикалардаги юлдузларнинг марказидаги термоядро реакциялар ва эволюцияси. Юлдузлар классификацияси, Герцшпрунг — Рассел диаграммаси.

4-Мавзу: Галактикалар ва уларнинг эволюцияси.

Галактикалар классификацияси. Галактикаларнинг пайдо бўлиш механизмлари. Галактикаларнинг эволюцияси, галактикаларнинг актив ядроси.

5-Мавзу: Астрофизикадаги компакт объектлар. Қоронғи материя ва қоронғи энергия. Гравитацион тўлқинлар.

Астрофизикадаги компакт объектлар – оқ миттилар, нейтрон юлдузлар ва қора туйнуклар. Замонавий релятивистик космологияда материянинг янги формалари: қоронғи материя ва қоронғи энергия. Хозирги этапда коинотнинг тезланиш билан кенгайиши. Қўшалок қора туйнуклар эволюцияси ва кўшилиши: GW150914 объектининг гравитацион тўлқинлар орқали илк бор қайд этилиши.

АМАЛИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1-Амалий машғулот

Коинотни катта портлаш натижасида яратилиши, инфляция жараёни. Фундаментал ўзаро таъсирлар.

Хаббл доимийсини ҳисоблаш бўйича масалалар ечиш. Бирламчи ядровий реакциялар, хусусан дейтрон, гелий ва литий ядроларининг ҳосил бўлиши реакциялар энергияларини ҳисоблаш.

2-Амалий машғулот

Коинотда юлдузларнинг пайдо бўлиши ва эволюцияси.

Юлдузларнинг айланиш бурчак моменти, инерция моменти, массаси,

уларгача бўлган масофа ва бошқа турли физик катталикларини баҳолаш.

3-Амалий машғулот

Эксперимент ва кузатишларга мўлжалланган ускуналар. Тезлатгичлар. Телескоплар.

Ядро реакцияларини экспериментда кузатишлар ва ушбу масалага мўлжалланган ускуналар, тезлатгичлар. Катта адрон коллайдери (ЦЕРН) ва бошқа илмий марказларда мавжуд бўлган тезлатгичлар ва ускуналар. Телескоплар, Хаббл ва Чандра телескопи. Майданак телескопи ва унинг ёрдамида ечиладиган вазифалар.

4-Амалий машғулот

Галактикалар ва уларнинг эволюцияси.

Галактикалар массаларини ва ўртача зичликларини баҳолаш бўйича масалаларни ечиш.

5-Амалий машғулот

Астрофизикадаги компакт объектлар. Қоронғи материя ва қоронғи энергия. 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.

КЎЧМА МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

Кўчма машғулотлар модул соҳаси бўйича етакчи олий таълим кафедралари ва илмий тадқиқот муассасалари лабораториялари ҳамда ишлаб чиқариш корхоналари бўлимларида ташкил этилади. Мазкур машғулотлар соҳага оид долзарб мавзуларда тажриба-синов ва лаборатория машғулотлари ҳамда танишув амалиёти шаклларида олиб борилади. Шунингдек, таъкидланган муассасалар ва корхоналар етакчи мутахассислари томонидан республика ва хорижий илмий марказларда соҳа йўналишида амалга ошириладиган илғор илмий ва амалий тадқиқотлар бўйича таҳлилий шарҳлар берилиши масқадга мувофиқдир.

Кўчма машғулотлар учун қуйидаги мавзулар тавсия этилади:

1 мавзу: Эксперимент ва кузатишларга мўлжалланган ускуналар.

Тезлатгичлар. Телескоплар.

2 мавзу: Астрофизикадаги компакт объектлар. Қоронғи материя ва қоронғи энергия. Гравитацион тўлқинлар.

- Ўзбекистон Миллий университетининг қошидаги Амалий физика институти илмий-лаборатория хоналарида;

- ЎзРФА Астрономия институти ва бошқа марказлар билан тузилган шартномалари асосида ташкил этилади ҳамда ўрнатилган тартибда расмийлаштирилади.

МУСТАҚИЛ ТАЪЛИМ

Мустақил ишни ташкил этишнинг шакли ва мазмуни

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

- ўқув ва илмий адабиётлардан фойдаланиш асосида модул мавзулари

билан танишиш ва ўрганиш;

- тарқатма материаллар бўйича маърузалар қисмини ўзлаштириш;
- амалий машғулотларда берилган топшириқларни бажариш;
- автоматлаштирилган ўргатувчи ва назорат қилувчи дастурлар билан ишлаш;
- махсус адабиётлар бўйича модул бўлимлари ва мавзулари устида ишлаш.

ЎҚИТИШ ШАКЛЛАРИ

Мазкур модул бўйича қуйидаги ўқитиш шаклларидан фойдаланилади:

- маърузалар, амалий машғулотлар (юқори энергиялар физикаси ва астрофизиканинг замонавий ҳолати асосларини ўзлаштириш, бу соҳадаги билимларни амалий қўллаш малакасини эгаллаш, юқори энергиялар физикаси ва астрофизиканинг ўрнини англаш, ўзлаштирилган билимларни узлуксиз равишда синаб ва мустаҳкамлаб бориш);
- амалий тажрибалар ва уларни муҳокамалари (юқори энергиялар физикаси ва астрофизиканинг замонавий ҳолатига оид амалий тажрибалар ўтказиш, натижаларни муҳокама этиш, назарий ва амалий билимларни ўқув ва илмий тадқиқотларда қўллай олиш малакасини эгаллаш);
- ўзлаштирилган билимларни таҳлил этиш ва мустаҳкамлаш (маърузалар ва амалий машғулотлар бўйича ўзлаштирилган билимларни юқори энергиялар физикаси ва астрофизиканинг замонавий ҳолати нуқтаи назаридан таҳлил қилиш, зарур ҳолларда қўшимча адабиётлар материаллари билан бойитиш, чуқурлаштириш ва янада мукамаллаштириб бориш кўникмасини эгаллаш).

ЖОРИЙ НАЗОРАТ(АССИСМЕНТ)НИ БАҲОЛАШ МЕЗОНИ

Жорий назорат(ассисмент)ни баҳолаш Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва уларнинг малакасини ошириш Тармоқ (минтақавий) марказида тасдиқланган шакллари ва мезонлари асосида амалга оширади.

Ушбу модулнинг жорий назорат(ассисмент)га ажратилган максимал балл-**0,8 балл**.

I. 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	Хозирги пайтда экспериментда текшириш имконияти йўқ.
O	Коинотни катта портлаш натижасида яратилиши, инфляция жараёни. Фундаментал ўзаро таъсирлар фойдаланишнинг имкониятлари (ички)	Физиканинг қонунларини ўзаро боғлиқлигини кўрсатади.
T	Тўсиқлар (ташқи)	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 қўшимча топшириқларни киритиш мумкин.

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



Тест

1. 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...



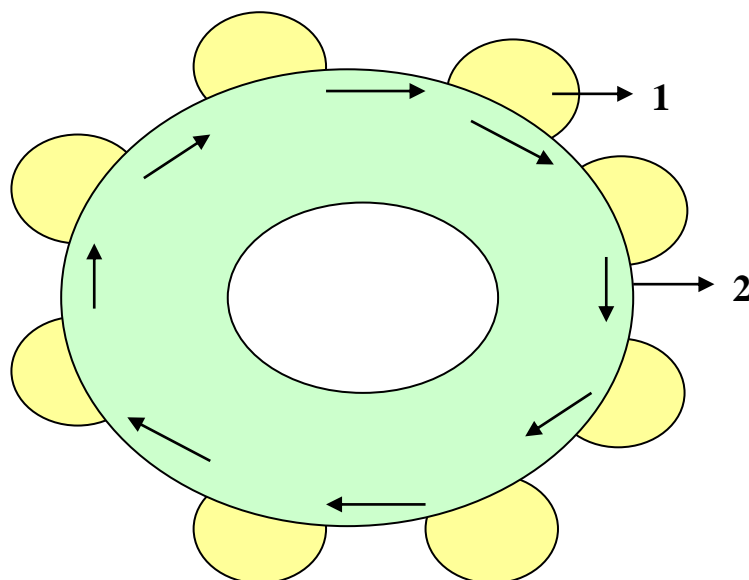
Амалий кўникма

- Заррачанинг энергиясини ҳисобланг

“Давра суҳбати” методи

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

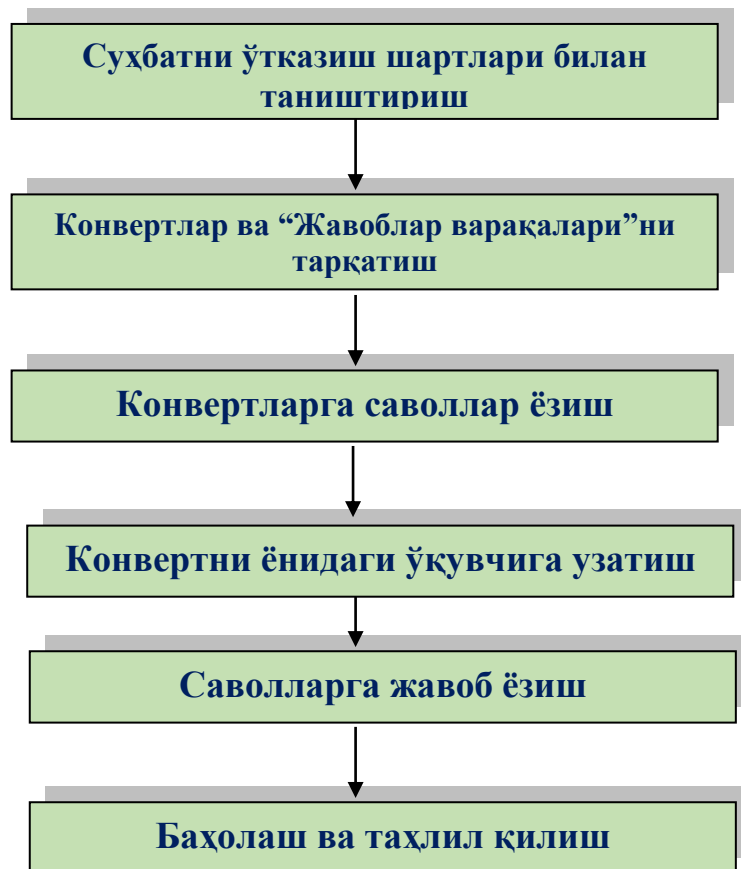
“Давра суҳбати” методи қўлланилганда стол-стулларни доира шаклида жойлаштириш керак. Бу ҳар бир таълим олувчининг бир-бири билан “кўз алоқаси”ни ўрнатиб туришига ёрдам беради. Давра суҳбатининг оғзаки ва ёзма шакллари мавжуддир. Оғзаки давра суҳбатида таълим берувчи мавзунини бошлаб беради ва таълим олувчилардан ушбу савол бўйича ўз фикр-мулоҳазаларини билдиришларини сўрайди ва айлана бўйлаб ҳар бир таълим 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: ЮҚОРИ ЭНЕРГИЯЛАР ФИЗИКАСИ ВА АСТРОФИЗИКА ФАНИНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ, МАҚСАДИ ВА ВАЗИФАЛАРИ. ТАРИХИЙ КИРИШ.

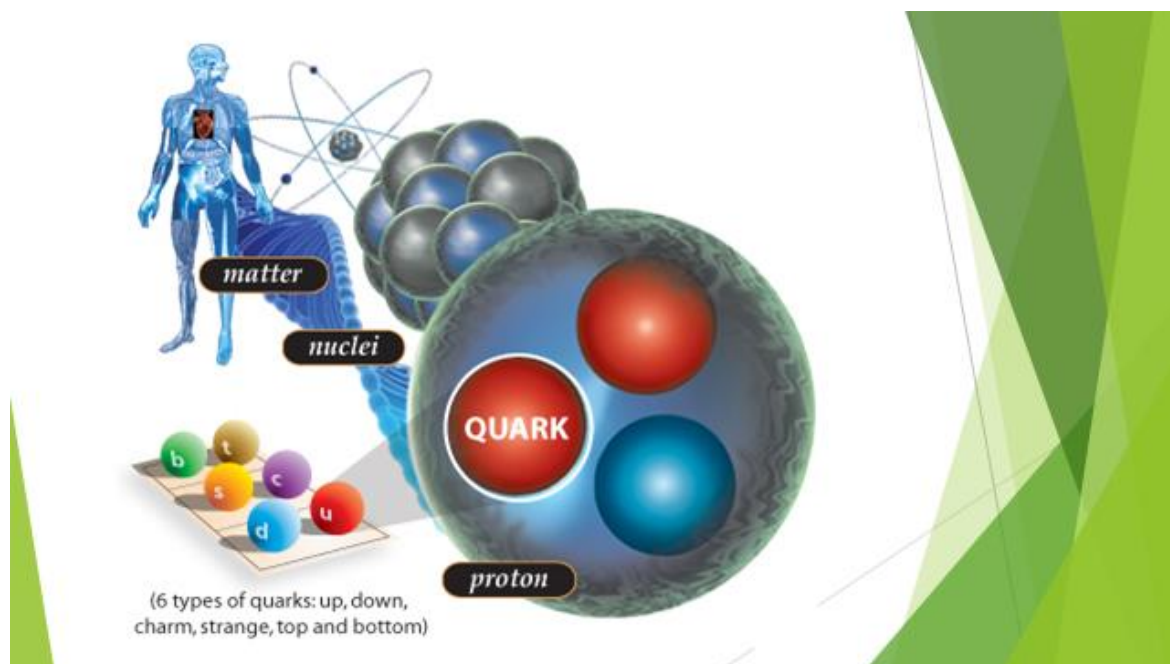
РЕЖА

- 1.1. Юқори энергиялар физикаси фанининг тавсифи.
- 1.2. Астрофизика фанининг тавсифи.
- 1.3. Ушбу фаннинг ривожланиш тарихи

Таянч иборалар: Юқори энергиялар физикаси, Астрофизика, коинот ва унинг ривожланиши, Фундаментал зарралар, кучли магнит ва гравитацион майдонлар

1.1. Юқори энергиялар физикаси фанининг тавсифи.

Инсонни доимо икки савол қизиқтириб келган: 1) моддалар ва одамнинг ўзи қандай элементар заррачалардан ташкил топгани ва 2) Коинотнинг тузилиши ва эволюцияси. Ўзининг билимини кенгайтириш доирасида инсон иккита қарама-қарши йўналишларда фикр юритган: 1) қуйи 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 қуйи йўналишда 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 ҳозирги 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.



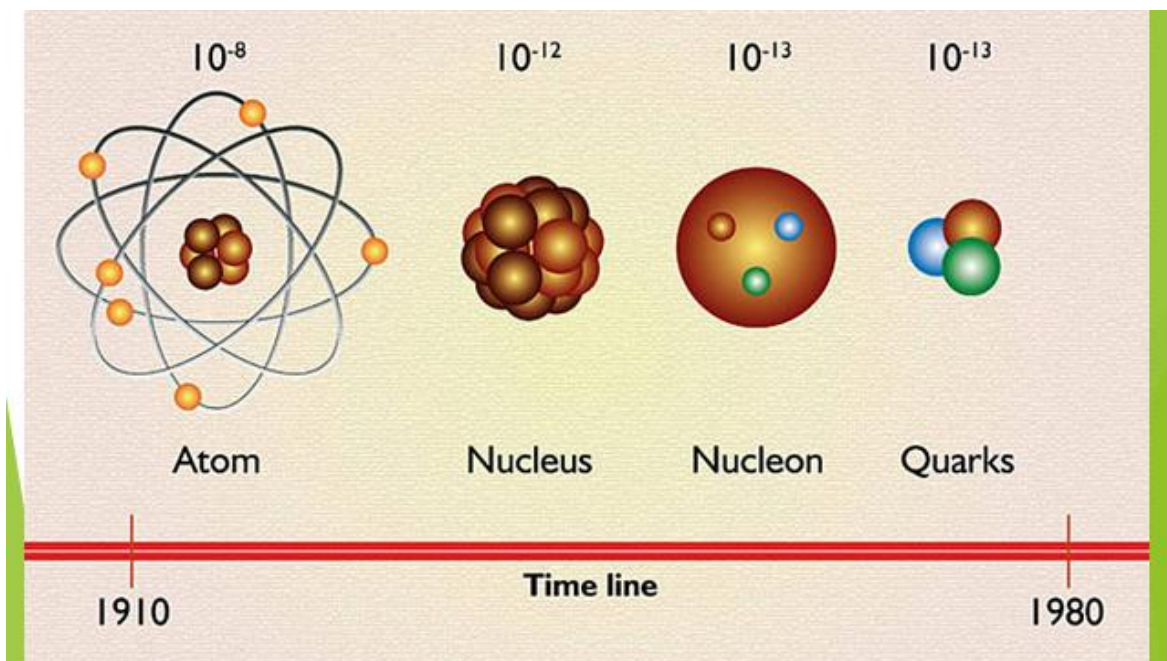
2- Расм. Инсоният тафаккурда юқори йўналишида ҳаракатланиб (планета – қуёш системаси – галактика), коинотнинг умумий тuzилиши ва таркиби хақида тасавурларга эга бўлди.

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. Олти кварклар, олти лептонлар (электрон, мюон, тау ва учта мос нейтринолар) ва тўртта ўтиш вектор бозонлар билан биргаликда Коинотдаги моддаларнинг асосини ташкил этади².

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

² Povh, 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 хил 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

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

тезликлари бўйича тақсимоти, мезонларнинг бозе-эйнштейн корреляциялари ва х.к.

- 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. Астрофизика фанининг тавсифи

Ҳозирги замон астрофизикаси ХХ 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

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

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

холатда жойлашган объектларни кашф этиш имкониятлари пайдо бўлди⁶. Ушбу таъкидланган шароитларда модда янги физик хоссаларга эга бўлиб қолади. Коинот 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 холатдаги объектларни тадқиқот сохалари ҳозирги замон юқори энергиялар физикаси ва астрофизиканинг асосий ва долзарб муаммолари ҳисобланади.

Таъкидлаш жоизки, мавжуд замонавий технологиялар экстремал холатдаги модданинг макроскопик хоссаларини фақатгина астрофизик объектларни кузатуви орқали тадқиқ этиш имконини беради. Шу жихатдан 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. Ушбу фаннинг ривожланиш тарихи

Қуйида биз экстремал астрофизик шароитлари вужудга келувчи учта объектни мисол тариқасида келтираемиз: 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 астрофизикада масофа шу қадар каттаки, биз махсус ёруғликнинг бирор вақт давомида ўтган йўли бнилан боғлиқ атамалар киритаемиз: 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):

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

Ойгача ва Қуёшгача масофалар учун одатда километр ёки метрни ёруғлик-секундга алмаштрган ҳолда фойдаланамиз. Ердан Ойгача масофа

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

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

384,000 км, бу 1.28 ёруғлик-секундга тенг. Ер-Куёш орасидаги масофа эса 1.50×10^{11} м, ёки 150,000,000 км; бу 8.3 ёруғлик -минутига тенг (Куёшдан чиққан ёруғлик Ерга 8.3 минутда етиб келади). Куёш системасининг олисидаги 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 чизикли тезлиги, r – кузатувчидан объектгача бўлган масофа.

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

Коинот эволюциясининг конкрет схемасининг қандай бўлишидан 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” (қолдик) нурлар квантларининг эркин югуриш йўли коинотнинг ўлчамларидан катта бўлиб қолган. Ана шу “рекомбинация даври”дан бошлаб модда ва “реликт нурлари” мустақил равишда ривожланиб келган. Кенгаювчи коинотда Допплер эффекти кузатиловчи реликт нурланиши частотасининг камайишига ва нурланиш спектрини аниқловчи температуранинг камайишига олиб келади¹⁰. Hozirgi даврда реликт нурланиш температураси 2,7 К га тенг ва у сантиметр ҳамда миллиметр радиотўлқинлар диапазонида кузатилади. Шунини таъкидлаш жоизки, реликт нурланиш 10-12 миллиард йил илгари рекомбинация давридаги коинот структураси тўғрисидаги маълумотларни ўзида сақловчи ягона манба бўлиб ҳисобланади.

⁸deyarli 5 yorug'lik-soatga teng

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

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

Назорат саволлари:

1. Юқори энергиялар физикаси фани.
2. Коинот қачон пайдо бўлган?
3. Элементар зарралар нима?
4. Протон ва нейтронлар таркиби.
5. Хиггс бозони нима?
6. Хаббл доимийси нимани ифодалайди?
7. Коинотнинг иссиқлик модели.
8. Термодинамик мувозанат нима?
9. Нурланишнинг Планк формуласи.
10. Реликт нурланиш нима?

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/)

РЕЖА

- 2.1. *Фундаментал ўзаро таъсир кучлари.*
- 2.2. *Катта портлаш.*
- 2.3. *Галактикаларнинг узоқлашиши*
- 2.4. *Инфляция эраси*
- 2.5. *Модданинг пайдо бўлиши.*

Таянч иборалар: *тўртта фундаментал ўзаро таъсир кучлари, катта портлаш, галактикалар тезланиш билан узоқлашиши, инфляция эраси, нуклеосинтез, Хаббл доимийси, модданинг пайдо бўлиши*

2.1. Фундаментал ўзаро таъсир кучлари.

Мақтаб физикаси давридан биз “куч” тушунчаси билан танишмиз. Кучлар турлича бўлади: тортишиш кучлари, ишқаланиш кучи, эластик кучлари ва х.к. Табиатда турли хил кучлар мавжуд. Лекин бу кучларнинг хаммаси хам фундаментал характерга эга эмас. Масалан, ишқаланиш кучи молекулалар ўзаро таъсирининг натижаси бўлиб, иккиламчи ходиса сифатида намоён бўлади. Молекулаларнинг ўзаро таъсири хам иккиламчи ҳисобланади, масалан, Ван-дер-Ваальс кучлари электромагнит ўзаро таъсир кучларининг иккиламчи кўринишда намоён бўлишидир¹¹.

Инсон доим табиатдаги иккиламчи кучларни келтириб чиқарувчи фундаментал ташкил этувчиларини аниқлашга интилиб келган. Электромагнит кучлар ёки электр кучлари фундаментал ўзаро таъсир эканлиги бизга маълум. Ушбу кучлар Максвелл тенгламаларидан келиб чиқувчи ўзаро таъсир кучларидир. Максвелл тенгламалари табиатдаги барча электр ва магнит ўзаро таъсирларини тавсифлаб берганлиги туфайли, улар табиатдаги фундаментал ўзаро таъсир кучларидан бири бўлиб ҳисобланади.

Бошқа ёрқин мисол бу гравитациядир. Бизга Ньютоннинг бутун олам тортишиш қонуни орқали гравитацион кучлар таниш, ҳозирда бу ўзаро таъсир кучлари Эйнштен тенгламалари орқали умумлаштирилган ва бизда ҳозир Эйнштейннинг гравитация назарияси мавжуд. Шунинг учун гравитацион ўзаро таъсир – фундаментал ўзаро таъсир кучларидан бири бўлиб ҳисобланади. Қачонлардир бу иккала ўзаро таъсиргина фундаментал ўзаро таъсир кучи деб ҳисобланган. Кейинчалик, атом ядроси кашф этилгандан сўнг улардаги зарраларнинг заррчаларнинг ўзаро таъсирлашиши янги фундаментал кучларнинг пайдо бўлишига олиб келди. Ушбу ядро кучлари ўлчанди, тушунилди ва тавсифланди. Улар хам ўз навбатида фундаментал характерга эга эмаслиги ва қайсидир маънода Ван-дер-Ваальс кучларини эслатиши аниқланди.

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

Кучли ўзаро таъсирни вужудга келтирувчи хақиқий фундаментал ўзаро таъсир – бу кварклар орасидаги ўзаро таъсир кучларидир. Кварклар ўзаро бир-бири билан таъсирлашади ва бунинг натижаси ўлароқ ядродаги протон ва нейтронлар орасидаги ўзаро таъсир вужудга келади. Табиатдаги учинчи фундаментал ўзаро таъсир бу кварклар орасида глюонларнинг алмашиши натижасида ўзаро таъсирнинг пайдо бўлишидир.

Шу билан хикоямиз тамом бўлмайди. Элементар зарраларнинг парчаланиши (барча оғир заррачалар энгилроқ заррачаларга парчаланани) янги ўзаро таъсир кучлари орақали ифодаланади. Ушбу таъсир фанда кучсиз ўзаро таъсир кучлари деб номланади. Кучсиз деб номланиши ушбу ўзаро таъсир кучларининг электромагнит ўзаро таъсир кучларига нисбатан анчи кичиклигидир¹².

Шундай қилиб, хозирги замонда тўртта фундаментал ўзаро таъсир кучлари мавжуд. Булар – электромагнит, кучли, кучсиз ва гравитацион ўзаро таъсир кучлари – битта умумий принцип асосида қурилади. Бу принцип ўзаро таъсир кучлари зарралар орасида қандайдир воситачи ёрдамида амалга ошишига асосланган.

Электромагнит ўзаро таъсир фотонларнинг – электромагнит тўлқинларнинг квантларининг – алмашиши ходисасига асосланган. Кучли ўзаро таъсирлар глюонларнинг алмашиши ходисасига асосланган. Кучсиз ўзаро таъсир эса оралиқ вектор бозонлар алмашиши ходисасига асослангандир. Тўртинчи ўзаро таъсир – гравитацион ўзаро таъсир эса гравитон деб номланувчи гравитацион майдонларнинг квантлари орқали тушунтирилади.

2.2. Катта портлаш

Коинотнинг кенгаётганлиги 1929-йили Едвин Ҳаббл томонидан тасдиқланган. Бу ғоя, галлактикалар орасидаги масофани ҳисоблашга, яъни, улардан келаётган нур спекторини силжишини ҳисоблашга асосланган (20-расм). Илгари биз икки манба бир-бирига томон ҳаракатланаётган вақтда овоз частотасининг **юқори**лашиши ва тўлқин узунлигини қисқаришини кўрган эдик. Агар улар бир-биридан узоклашаётган бўлса аксинча, частота камаяди, тўлқин узунлик эса ортади. Бу Доплер эффекти бўлиб, у ёруғлик тўлқини учун ҳам ўринлидир, бироқ формуласи бошқачароқ кўринишда бўлади:

$$\lambda_{obs} = \lambda_{rest} \sqrt{\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}}$$

бу Ерда Л тинч ҳолатдаги кузатувчига нисбатан ўлчанган тўлқин узунлиги, А эса в тезлик билан ҳаракатланаётган кузатувчига нисбатан ўлчанган тўлқин

¹² Сивухин Д.В, Курс общей физики, учебное пособие для вузов, т. 5 – Атомная и ядерная физика, 3-е издание, ФИЗМАТИЗ, 2011.

узушлиги. Агар манба биздан узоқлашаётган бўлса, ундан чиққан тўлқин узушлиги катталашиб боради ва ёруғлик ранги қизил спектр томон силжийди. Аксинча манба биз томонга қараб ҳаракатланаётган бўлса спектрнинг кўк томонига, ёки қисқа тўлқин узушлик томон силжийди.

Юлдузлар ва галлактикалардан келаётган нурларнинг спектори ҳам худди атомнинг нурланиш спектори каби бўлади. Ҳаббл шуни аниқлаганки, бизга келаётган ёруғлик спектори унинг бизга нисбатан масофасига мос равишда ўзгарар экан. Яъни, галактика қанчалик узоқда бўлса унинг ёруғлик спектори қизил томон силжиган бўлади. Бундан кўриниб турибдики, улар биздан қанчалик узоқда бўлса шунчалик тезроқ узоқлашмоқда:

$$v = H_0 d$$

Ҳабблнинг бу қонуни астрономик қонуниятлар ичида энг асосий фундаментал қонунлардан бири ҳисобланади. Бу ғоя биринчи бўлиб 1927 йилда белгиялик олим Жорж Леметр томонидан илгари сурилган бўлиб, кейинчалик Буюк портлаш назарияси деб номлана бошлади. Ҳ Ҳаббл дойимийси деб аталади.

Ҳ нинг қиймати яқинларгачаям тахминан 20% аниқликда аниқланган деб келинар эди, яъни 15км/с ва 20км/с оралиғида деб ҳисобланар эди, аммо яқинда унинг қиймати 21км/с деб деярлик аниқ ўлчанди.

$$H_0 = \frac{21 \text{ km}}{\frac{s}{\text{My}}}$$

Қизил силжишларнинг манбайи

Бизга яқин галлактикалар худди бетартиб ҳаракатланаётганга ўхшайди, айримлари биз томонга қараб(бинафша спектр ҳосил қилиб), айримлари эса аксинча, биздан узоқлашаётгандек (қизил спектр ҳосил қилиб), уларнинг тезлиги 0.001с атрофида. Аммо анча узоқдаги галлактикалар учун тезлик яқин галлактикаларга қараганда анча катта, шунинг учун бу Ерда Ҳаббл қонунининг катта аҳамияти бор. Узоқ галлактикаларнинг узоқлашиш тезлиги янада каттароқ бўлганидан, уларда космологик қизил силижиш кузатилади. Бундай қизил силжиш орқали коинотнинг кенгаяётганлигини тушунтириш мумкин. 21-расмда кўрсатилганидек, биз дастлабки нурланган тўлқин узушлиги ҳақида гапиришимиз мумкин. Ҳаббл буни оддий Доплер эффекти билан боғлаган бўлсада, биз буни коинот кенгаяётгани билан изоҳлаймиз.

Қизил силжишнинг пайдо бўлишининг учунчи кўринишини ҳам айтиш мумкин. Бу гравитацион қизил силжиш. Юлдуздан чиққан ёруғлик нури маълум гравитацион энергияга(худди Ерда отилган тош каби) эга бўлади. Шундай қилиб, ҳар бир фотоннинг кинетис энергияси кичикроқ бўлади. Энергиянинг кичиклиги бу частотанинг кичиклиги, бу эса ўз навбатида каттароқ тўлқин узушлиги демакдир. Бу эса қизил силжишни англатади. Қизил силжишнинг қиймати қуйидагича аниқланади.

$$z = \frac{\lambda_{obs} - \lambda_{rest}}{\lambda_{rest}} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_{rest}}$$

Бу Ерда λ_{rest} манбага нисбатан тинч ҳолатда бўлган кузатувчи ўлчаган тўлқин узунлиги, λ_{obs} эса ҳаракатланувчи кузатувчи ўлчаган тўлқин узунлиги. бу тенгламани қуйидагича ёзиб олишимиз мумкин:

$$z = \frac{\lambda_{obs}}{\lambda_{rest}} - 1 \quad 3-1$$

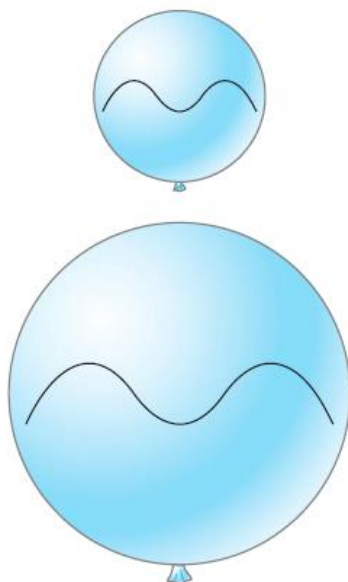
Ва

$$z + 1 = \frac{\lambda_{obs}}{\lambda_{rest}} \quad 3-2$$

Ёруғлик тезлигидан анча кичик бўлган тезликларда ($v \leq 0.1c$), оддий Доплер эффектини манбанинг йўналишига зинг боғлиқ бўлишини кузатамиз.

$$z = \frac{\lambda_{obs} - \lambda_{rest}}{\lambda_{rest}} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_{rest}} \approx \frac{v}{c} \quad 3-3$$

Аммо қизил силжишнинг қиймати катта бўлганда 3-3 тенглама ўринли бўлмайди.



Коинотнинг ҳаво шарига ўхшаган икки ўлчовли модели. Шар ҳажми катталашган сари, яъни кенгайган сари унинг сиртидаги тўлқинлар катталашиб боради.

Масштаб

Фазонинг кенгайишини, ҳудди икки нуқтанинг бир-биридан узоқлашиши сифатида тушунтириш мумкин. Агар иккита галлактика бошланғич вақтда бир-биридан d масофада жойлашган бўлса, маълум t вақтдан кейин улар орасидаги масофа D га тенг бўлади.

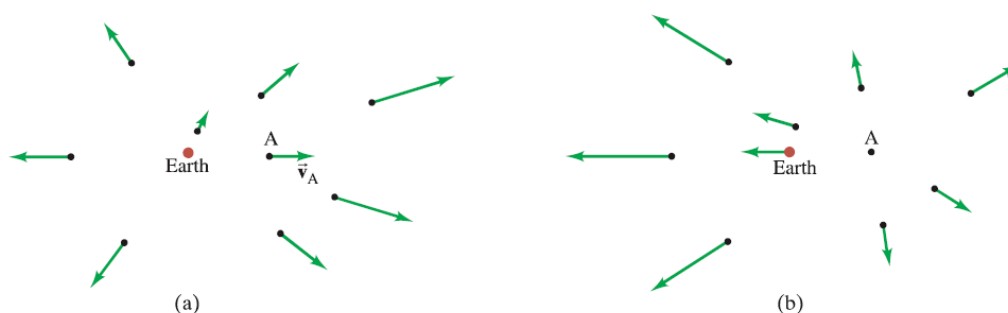
Ёруғлик учун ҳам силжиш коэффициентини ҳудди 33-5а тенгламадаги каби бўлади.

$$\frac{d(t) - d_0}{d_0} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = z$$

Ёки

$$\frac{d(t)}{d_0} = 1 + z$$

Масалан, галлактика $Z=3$ га тенг қизил силжиш коэффициентига тенг бўлса, масштаб коэффициентини $1+3=4$ га тенг марта катта бўлади. Яъни галлактикалар аро масофа 4 мартага катталашди. Демак тўлқин узунлигининг катталашини кўрсатувчи параметер аслида галлактиканинг кенгайишини кўратади.



Коинотнинг кенгайиши ҳар қандай нуқтадан бир ҳил кўринади.

Кенгайиш ва Космологик принцип 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 ҳудди ўртасида тургандек тасаввур пайдо бўлади. Аммо бундай эмас. Кенгайиш коинотнинг ҳар қандай нуқтасидан бир ҳил бўлиб кўринади. Бунини тушуниш учун 22-расмга қаранг. 22а-расмда кузатувчи Ерда турибди. Стрелкалар билан галлактикаларнинг ҳаракатлари кўрсатилган. Узоқроқдаги галлактикалар узунроқ стрелка билан тасвирланган. Энди савол, агар биз 22а-расмда кўрсатилган А галлактикада бўлганимизда нимани кузатқан 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 кўринишда кўшиб чиқамиз. Бундан келиб чиқадики, 22-расмдагидек, барча галлактикалар кузатиш нуқтасидан масофага пропорционал равишда ҳаракатланмоқда.

Шундай қилиб, коинотнинг кенгайишини қуйдагича 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 ҳоссасига(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 йилдан каттароқ бўлган масштабда бажарилади. 22-расмда 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 хулоса 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 Хаббл 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 Хаббл 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 портлашнинг 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 ас рўтталаригача Буюк портлаш назариясига асосий рақобатчи бўлган. Аммо микроўлқинли фон нурланишимиз кашф этилиши ва бошқа қатор кузатишлар Буюк портлаш назариясини умумийроғига сабаб бўлди.

Буюк портлаш ва космик микроўлқинли 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 нурланишдир. 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 ҳил интенсивлик билан келаётган эди. Бундан ҳулоса қилиш мумкинки, бу нурланиш Коинотнинг яралишида қандай бўлган бўлса шундайлигича келаётган эди.

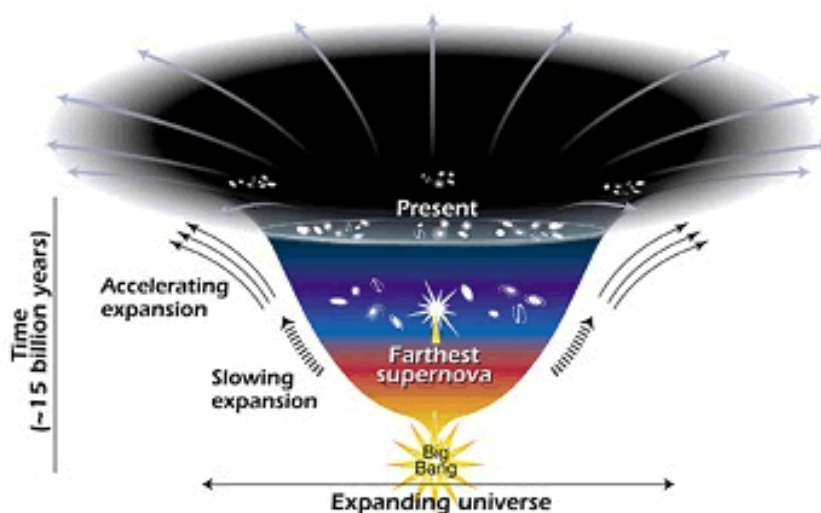


Арно Пензиас (ўнгда) ва Роберт Вилсон. Улар ортида ўзлари ўрнатган Арно антеннаси.

Коинотнинг қандай тузилганлиги хақида маълумотлар инсоният яратган асбоблар ёрдамида кузатиш мумкин бўлган узоқ 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 узоқда 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 иборатдир¹³.

Дастлаб коинотдаги модда хақида суҳбатлашамиз. Маълумки, модда атом ядроларидан – нуклидлардан ташкил топган. Ядрода 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.

¹³ James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.



1-расм. Коинотнинг катта портлашдан кейин кенгайishi.

Масалан коинотда энг енгил саналган ва кенг тарқалган Водород атоми учун $Z=1$ (унинг белгиланиши – ${}^1\text{H}$), 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.

2.3. Галактикаларнинг узоқлашиши

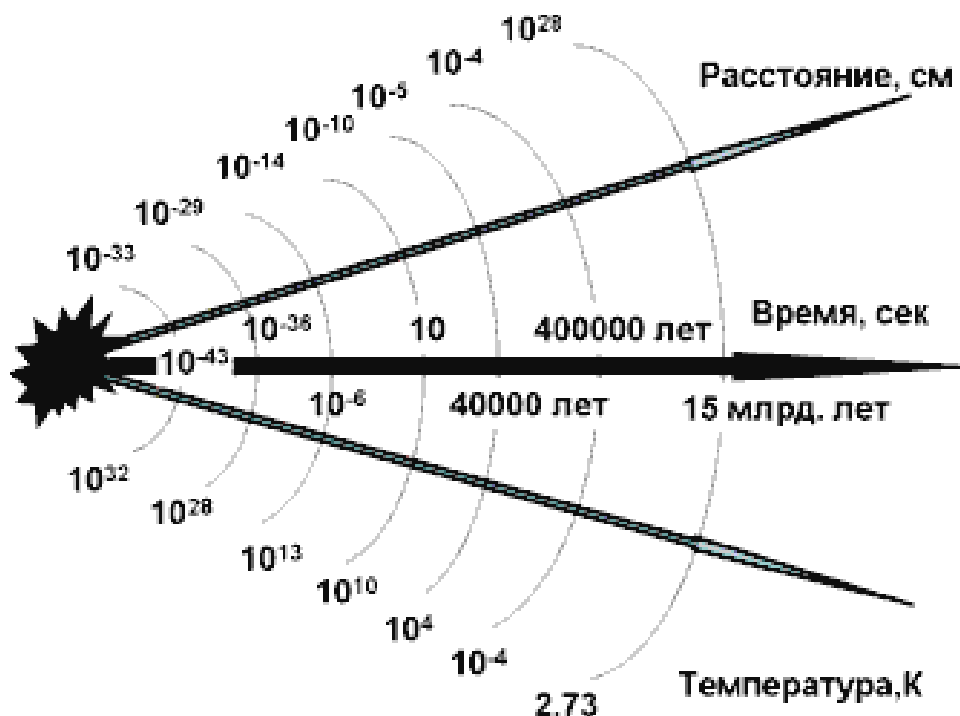
Буюк физик олимлар И. Ньютон ва А. Эйнштейнлар коинотни статик деб ҳисоблаганлар. И. Ньютон коинотнинг сиқилишидан кўрқиб, ундаги галактикалар сонини чексиз катта деб ҳисоблаган. А. Эйнштейн 1917 йилда эса ўзининг умумий нисбийлик назариясида катта массага эга бўлган осмон жисмларининг бир-биридан узоқлашишини тавсифлаш учун сунъий равишда космологик ҳадни 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 бўлди¹⁴.

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?

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

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).



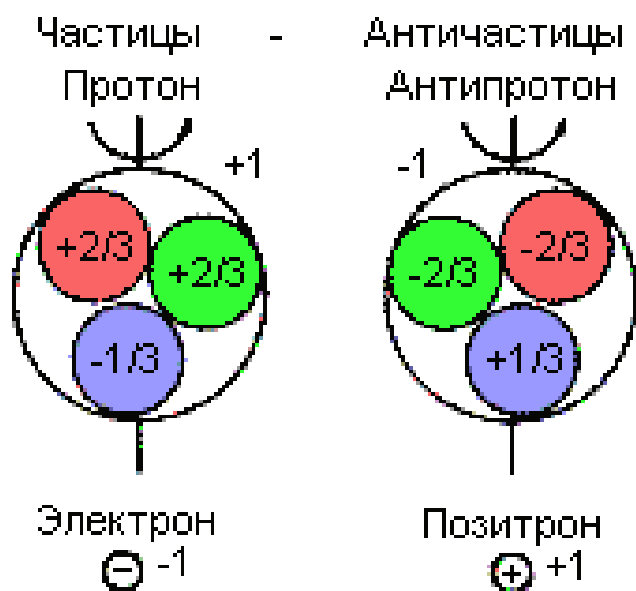
2-расм. Катта портлаш диаграммаси – Кенгаювчи коинотнинг характеристикаси ва пайдо бўлиши ҳамда асосий даврлари. 10^{-43} секундгача ҳамма ўзаро таъсирларнинг Буюк бирлашиши даври хукмронлик сурган ва 10^{-6} секундда кваркларнинг адронларга бирлашиши билан тугаган. 10 секунддан бошлаб радиацион эра 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 Куёшнинг марказидаги температура ушбу хароратдан 1000 марта кичикдир.

2.4. Инфляция эраси

Инфляцион эра деб номланган қисқа муддат ичида (10^{-36} сек) кичкинагина коинотимиз фундаментал заррачалардангина иборат бўлган. Ушбу фундаментал заррачалар нуклидлар, протонлар ва нейтронлардан фарқли равишда бўлинмасдир. Ушбу заррачалар фермионлар бўлиб, протон ва нейтронларнинг таркибий қисмини ташкил этади ва бир-бири билан ягона ўзаро таъсир кучлари орқали таъсирлашган (ушбу таъсир кучлари фақат коинотнинг дастлабки этапида мавжуд бўлган). Ушбу ўзаро таъсир бозонлар орқали амалга оширилган. Бундай бозонларнинг тўрт тури маълум – фотон

(гамма квант), глюон ва иккита W ва Z бозонлар. Фундаментал заррачларнинг ўзлари эса 6 хил кварклар ва 6 хил лептонлардан иборат фермионлардир. Айнан шу 12 та фундаментал заррачалар гурухи ва 4 та бозонлар дастлабки Коинотнинг “хамиртуруши”ни ташкил этган. Шу ўринда булардан ташқари хар бир фундаментал зарранинг антизарраси бор эканлигини ҳам қайд этиш лозим¹⁵. Анти заррача заррачадан қайсидир зарядининг ишораси билан фарк 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 антизаррачасидир. Антизаррачалар фотон ва айрим заррачалардан ташқари (улар учун анти заррачалар ҳам 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 ҳам мумкин бўлган

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

¹⁵ T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I, Cambridge University Press, 2010

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

Хозирги замон физик тасаввурларга кўра Катта портлашдан кейин пайдо бўлган фермион ва бозонлар бўлинмас деб ҳисобланади. Бу уларнинг ички структураси тўғрисида маълумотнинг йўқлигини англатади. Фермион ва бозонлар Коинот ривожланишининг 10^{-10} сек гача массасиз заррачалар бўлган кичик коинотнинг “қайнаб турган шўрваси”нинг асосий ташкил этувчиси бўлган¹⁶.

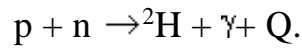
Коинот ривожланишининг дастлабки 10^{-36} секундида ягона таъсир назарияси барбод бўлди. Ўзаро таъсирларнинг табиати ўзгара бошлади. Юқори харорат фундаментал заррачалардан оғирроқ зарралар ҳосил қилиш имконини бермаган. Кейинги 1 мкс дан сўнг Коинот совиши натижасида кичик заррачалар массага эга бўла 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.

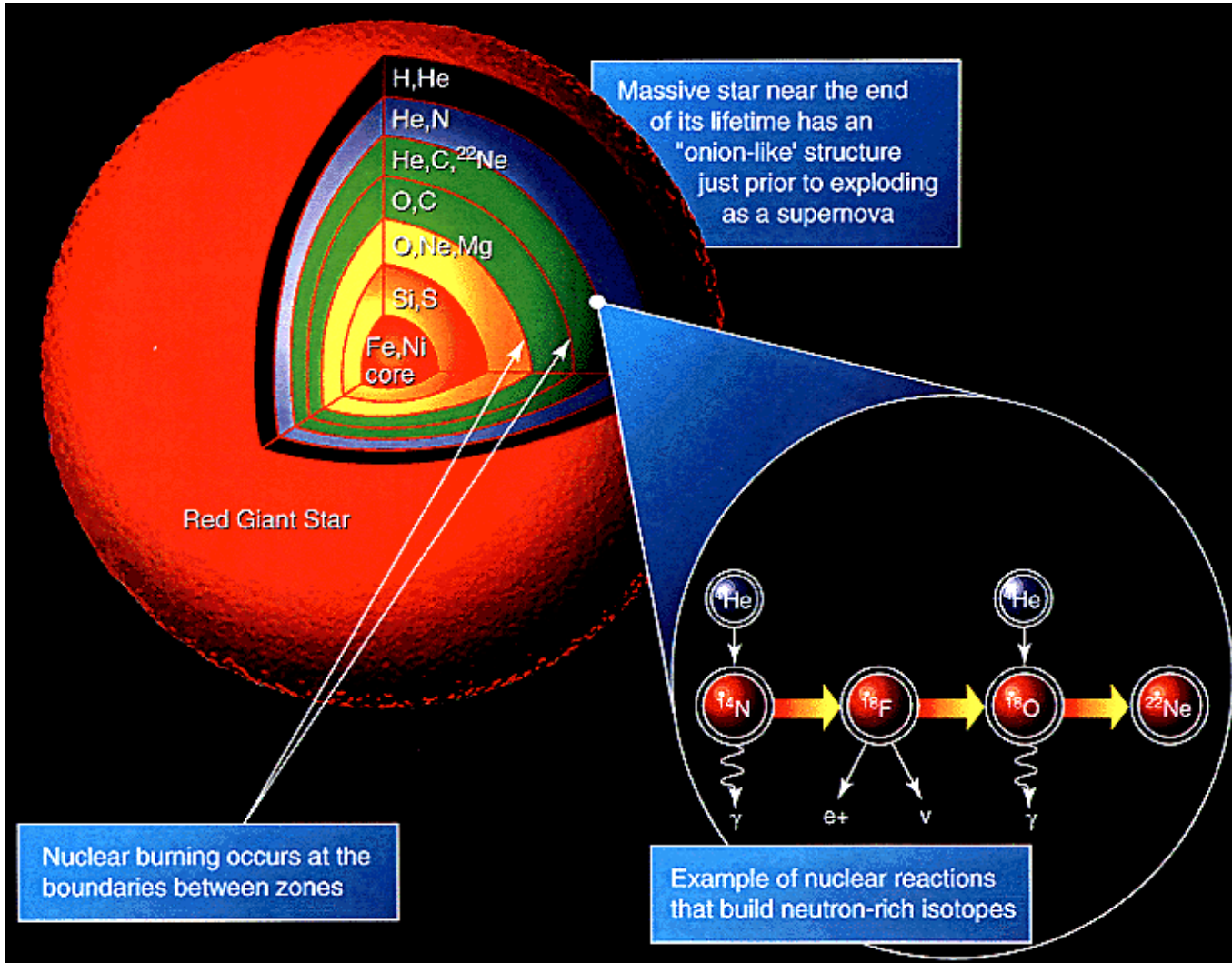
2.5. Модданинг пайдо бўлиши.

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

¹⁶ Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.



Бу ерда $Q = 2.2 \text{ МэВ}$ – ушбу синтез реакциясида ажралиб чиқадиган энергия. Кейин 10-15 минут вақт ичида ${}^2\text{H}$ дейтерийни ${}^3\text{H}$ тритийга айланиши, сўнгра дейтерий ва тритийдан ${}^3\text{He}$ гелий ядросининг пайдо бўлиш реакциялари содир бўлган¹⁷. Ҳисоб натижаларига кўра гелий барча нуклонлар ичида 24 фоизни ташкил қилган. Хозирги пайтдаги кузатув натижалари ҳам шуни таъкидламоқда.



4-расм. Юлдузлардаги нуклеосинтезнинг схематик кўриниши.

¹⁷ Фильченков М.Л., Гравитация, астрофизика, космология: дополнительные главы, «ЛИБРОКОМ», 2010.

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 узоклашиши
9. Галактикаларнинг узоклашиш 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/)

3-МАВЗУ: КОИНОТДА ЮЛДУЗЛАРНИНГ ПАЙДО БЎЛИШИ ВА ЭВОЛЮЦИЯСИ

РЕЖА

- 3.1. Юлдузлар ва Галактикалар
- 3.2. Юлдузларнинг температураси
- 3.3. Юлдузлар спектри
- 3.4. Юлдузларни айланиши ва магнит майдони
- 3.5. Янги ва ўта янги юлдузлар
- 3.6. Юлдузлар эволюцияси

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

Кўпчилик юлдузлар Қуёш сингари табиатга эга. Чунки уларнинг спектри Қуёшниқига 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 Қуёшниқига 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.

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

3.1. Юлдузлар ва Галактикалар

Қадимдан юлдузлар жуда кўп ва бир бирига (сайёраларга) нисбатан ҳаракатланувчи митти ёруғ шарга ўхшаб кўринган. Коинот мукамал, бир 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. Қарийб 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 .. қоронг`и диаганал соҳа ёруғликнинг галактика чанглари томонидан ютилиши ҳисобига ҳосил бўлган. (б) расм галактика маркази томонидан кўриниши (Аризона (АҚШ) ёзида тасвирга олинган).



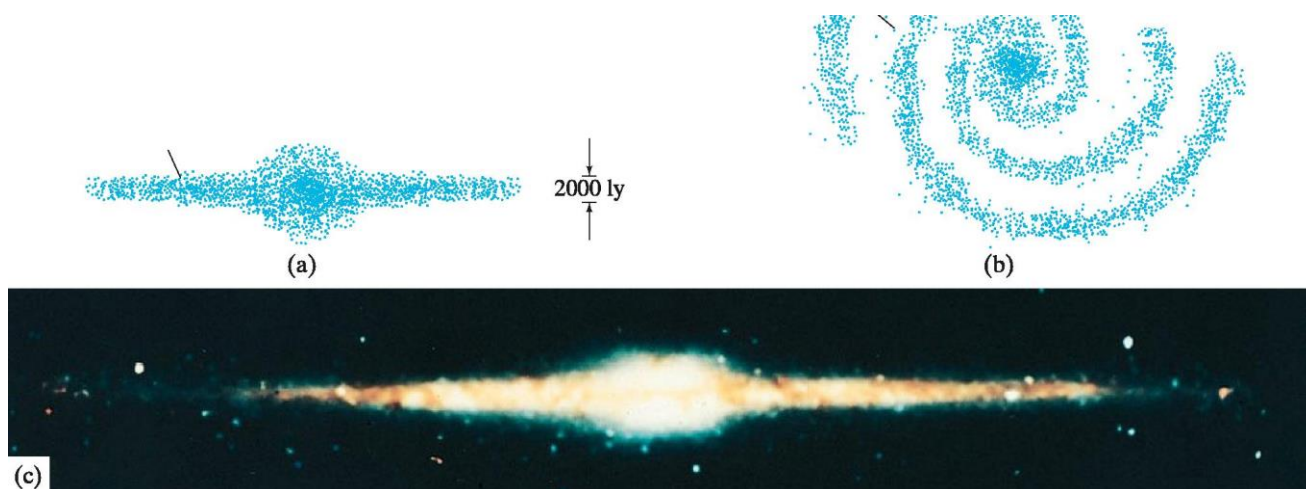
(a)



(b)

Бизнинг Галактикамиз диаметри деярли 100 минг ёй. ва диск калинлиги 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.

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



2-расм Бизнинг Галактикамизнинг ташиқи томондан кўриниши: (а) диск текислигида "ёндан кўриниши"; (б) "уст кўриниши". (Ташиқи томондан кўриниши- агар буни иложи бўлганида ҳудди шундай кўринган бўлар эди!) (с) Сомон йўли галактикаси ичкари томонидан олинган инфрақизил тасвир- Галактика диски ва марказий дўнглик кўринган ҳолда. Бу COBE 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 юлдузлардан 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 Галактикадан 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, хаттоки кўпгина юлдузларнинг бошқа, Галактикадан 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 Галактикадан 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 Галактикадан ўлчамидан 20 баробар катта дегани. Мантиқан олиб қараганда бу туманлик бўлиб кўринишига қарамасдан, у ҳам Галактикадан 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 драматикроги машхур 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 галарикалараро "чанглар" да инфрақизил нурларга нисбатан кўпроқ ютилади ва сочилади, шунинг учун инфрақизил нурлар аниқроқ тасвир беради.

Одатий юлдузлардан ташқари галакталарда, 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.

3.2. 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.

Қўлланилаётган 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 ўлчаш йўли билан T-ни ҳисоблаш.* Бу усулни бурчакий диаметри маълум бўлган юлдузларга қўллаш мумкин ва у юлдузий болометрик катталикини 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)

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

юлдузникидек бўлган абсолют қора жисмни ёрқинлиги, T_e -унинг температураси. Уларни тенглаштириб температуранинг топамиз

$$T_e = 642.3 \sqrt[4]{\frac{E}{\sigma \theta^2}}; \quad \theta = 206265 \frac{2R}{r}$$

юлдузнинг бурчакий секундларда

ифодаланган диаметри. Шундай муносабатни Қуёш учун ҳам ёзиш мумкин. Қуёшнинг $T_e = 5700^\circ$ ва $m_b = -26^m.85$ лигини иқсоби оласак, у йолда m_b -боллометрик юлдузнинг катталикига эга юлдузнинг эффекив температураси

$$\lg T_e = 2.718 - 0.1m_b - 0.51 \lg \theta$$

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

б) *спектрида энергияни тақсимланишини ўлчаш 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 силжиш қонунига асосан ҳисоблаш.* Вин силжиш қонуни ёриткич спектрида энергия максимумининг тўлқин узунлиги билан температура (T_e)

орасидаги брланишни 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 кўрсаткичинини ўлчаш 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 ўлчаш йўли билан T -ни аниқлаш.*

Бирорта кимёвий элемент атомлари ёки ионларнинг кўплаб чизиқлари юлдуз спектрида бўлса у ҳолда атомларни уйғонган ҳолатлар бўйича 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 (T) боғлиқ.

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

Больцман формуласи

бу ерда g -энергетик сатҳини статистик вазни, N_1 ва N_n -биринчи ва n -нчи сатҳларда атомлар сони. Чизиқларни интенсивлигини ўлчаб N топилади ва

Больцман формуласига асосланиб Т-хисобланади. Бундай усул билан ҳисобланган Т-уйғониш температураси дейилади. Агар кимёвий элементни атомлари ва ионлари чизиқлари 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.

3.3. Юлдузлар спектри

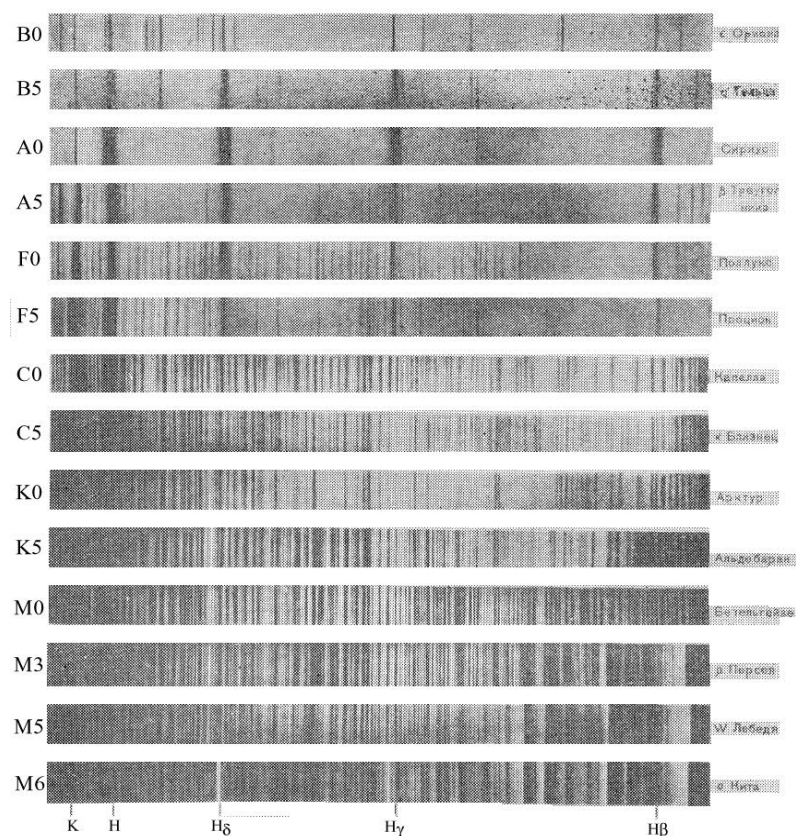
а) Спектрал синфлаштириш.

Кўплаб стационар юлдузлар спектрини таҳлил қилиб, улардаги чизиқлар тўлқин узунлиги ва интенсивлиги ҳар хил эканлигига ишонч ҳосил қилиш мумкин. Чизиқларни 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 (H ва K Ca II) атомлари (D_1, D_2, Na), молекулалар чизиқларига 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 лотин алифбосининг бош ҳафлари билан белгиланади: O, B, A, F, G^c , K, M^s , (L, T). Бу ҳарфлар кетма-кетлигини эслаб қолиш учун гарвард университети талабалар шундай ҳазил ўйлаб топишган: Oh, Be A Fine Girl Kiss Me²¹.

O-синфга мансуб юлдузлар спектрида гелий иони (He II) ва юқори даражада ионланган азот (N III $\lambda 4514 \text{ \AA}$, N IV $\lambda 3479 \text{ \AA}$), углерод (C III $\lambda 4647 \text{ \AA}$) кислород (O III $\lambda 3700 \text{ \AA}$, O IV $\lambda 3385 \text{ \AA}$) чизиқлари кўринади.

B- синфга мансуб юлдузлар спектрид нейтрал гелий (He I $\lambda 5875 \text{ \AA}$) ва паст даражада ионланган азот (N II $\lambda 6578 \text{ \AA}$, $\lambda 4267 \text{ \AA}$), углерод (C II $\lambda 6578 \text{ \AA}$, $\lambda 4267 \text{ \AA}$), кислород (O II $\lambda 4649 \text{ \AA}$, $\lambda 4119 \text{ \AA}$) ва водород атоми чизиқлари (H_α $\lambda 6563 \text{ \AA}$, H_β $\lambda 4861 \text{ \AA}$, H_γ $\lambda 4340 \text{ \AA}$) кузатилади.

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



Расм- 6. Хар спектрал синфга мансуб юлдузларнинг синфи

A-синф, водород атоми чизиқлари (H_{α} $\lambda 6563 \text{ \AA}$, H_{β} $\lambda 4861 \text{ \AA}$, H_{γ} $\lambda 4330 \text{ \AA}$) энг интенсив кўринади. Сумбуланинг α -си спектрида водород атоми чизиқлари $H_{\alpha+}$, H_{β} , H_{γ} , H_{δ} ва α козо энг интенсив, гелий чизиқлари йўқолган.

F- интенсив водород Сириус (α CM) чизиқлари H_{α} , H_{β} . . . билан биргаликда металл ионлари (Ca II $\lambda \lambda 3934 \text{ \AA}$, 3956 \AA) чизиқлари кўринади. Процион (α CMi) мисол бўлаолади.

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

K- кальций иони (Ca II) чизиқлари ва металллар чизиқлари (G тасма $\lambda 4305 \text{ \AA}$ да $\lambda 4315 \text{ \AA}$) яққол кўринади, молекулалар (T_1O) чизиқлари ва тасмалари кўрина бошлайди. Алдебаран (Саврнинг α -си, α Tau) мисол бўлаолади.

M-молекулалар (T_1 , O_1 , C_2 , CN) тасмалар ва чизиқлар орасида $T_1 O$ тасмалари ажралиб туради. Бетелгейзе (Орионнинг α -си, α Ori) мисол бўлаолади.

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

T- синфга кирадиган юлдузлар спектрида метан (NH_4) ва ишқор металллар чизиқлари кўринади.

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

ва лантан оксидлари чизиклари кўринади²².

Юлдузларнинг физик кўрсаткичларини яна ҳам аниқроқ белгилаш мақсадида спектрал синфлар кетма-кетлиги келтирилади, асосий синфлар ораси сента оралик 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 А синфга мансуб юлдузларда мавжуд. Агар температура $T > 10^4$ (В синф) ёки $T < 10^4$ (F синф) бўлса водород чизиклари H_α , H_β , H_γ , H_δ –лар интенсивлиги $T = 10^4$ (А-синф) даги қарагандан кам бўлади, бундай фарқ температура айирмаси $|T - T_y|$ ортган сари кучайиб бораверади ва у маълум даражага $5\ 000^\circ$ етгач водород чизиклари умуман кўринмайди. Гелий атомларини уйғониш потенциал $\chi > 20$ эВ, яъни водородникидан икки марта катта, демак гелий атоми чизиклари ҳосил бўлиши учун $T \approx 20\ 000$ бўлиши керак. Бундай шароит В синфга мансуб юлдузларда мавжуд. А – синф юлдузларида температура гелий атомларини уйғонган ҳолатларга ўтказиш 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. Температуранинг аниқлаш учун оралик синфлар киритилган. А билан В ораси ўнта оралик синфга бўлинган.

Агар юлдузнинг спектри олинган бўлса, уни спектрал синфини ва температураси (T) ни аниқлаш мумкин. Бундай йўл билан аниқланган T

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

туташ спектрда энергияни тақсимланиши ёки ранг кўрсатқичи (В-V) бўйича аниқланган температурага мос келиши исботланган. Шунинг учун спектрал синфлар ўрнида T_e ёки В-V қўлланилади. Жадвал 1 да бош кетма-кетлик спектрал синф, T_e ва В-V келтирилган.

1-жадвал

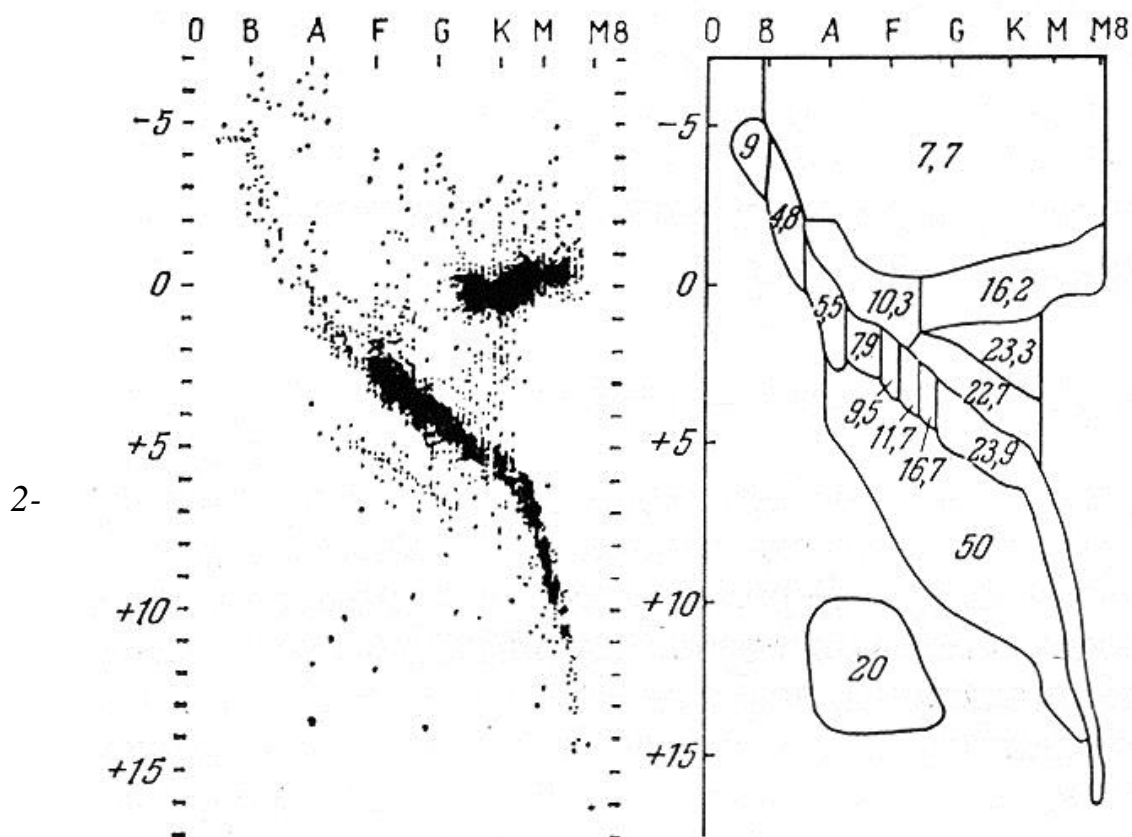
	O5	B0	A0	F0	G0	K0	M0	L	T
T_e	40 000	28 000	9900	7400	6030	4900	3480	1700	1300
В-U	-0.33	-0.31	0.00	0.27	0.57	0.89	1.45	(3)	(5)

в) Герцшпрунг-Рассел диаграммаси

XX аср бошларигача бир неча юз юлдузни узоқлиги (йиллик параллакси) ўлчанади ва абсолют катталиги (М) ҳисоблаб топилади. Шу пайтга келиб 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 тузадилар. Улар ордината ўқи бўйлаб юлдузларни абсолют катталиклари абцисса ўқи бўйлаб эса спектрал синфларини қўядилар. Бундай диаграммада ҳар бир юлдуз битта нуқта сифатида ўрин эгаллайди. “Герцшпрунг-Рассел диаграмма” си номи 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 юқорирокда бир тўда юлдузлар ўрин эгаллайдилар. Улар гигант юлдузлар деб аталади, чунки улар бош кетма-кетликдаги шундай спектрал синфдаги карлик (хира) юлдузлардан юзлаб марта ёрқиндирлар ва бу уларнинг радиуси ўнлаб марта катталиги билан боғлиқ. Диаграммани юқори қисмидан яна ҳам катта (10^4 марта) ёрқинликка эга юлдузлар ўрин оладилар. Бундай юлдузлар ўта гигант деб аталади ва улар камчиликни ташкил этади.

²³ Arnab 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. Хозирги замонда улар қўлланилмайди. Улар ўрнида рим рақамлари I, II, III, IV, V, VI, VII билан ифодаланадиган ёрқинлик синфлари қўлланилади.

3.4. 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 айланиши 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 узоқлашадиган

харакат қилади. Демак юлдузнинг бутун гардиши бўйича йиғинди нурланиш спектрида чизиклар доплер эффекти туфайли кенгайган бўлади. Шунинг учун бир хил синфга мансуб иккита юлдуз чизиклари фарқи уларни ўқ атрофида айланиши ва магнит майдони билан боғлиқ бўлиши мумкин. Ҳақиқатдан чизиклар 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.

3.5. Янги ва ўта янги юлдузлар

Қисқа вақт (1-2 кун) ичида ёруғлигини минглаб ёки миллионлаб марта ошириб юборадиган, унғача 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 қарлик чакнаш сифатида кўринадиган бундай юлдузларни икки гуруҳга бўлиш мумкин. Биринчи гуруҳга жуда тез ва тез янгилар қиради, 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 амплитудадаги $A = 11.9^m$ гача етади. Иккинчи гуруҳга паст даражада тез ва жуда секин янгилар қиради. 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.

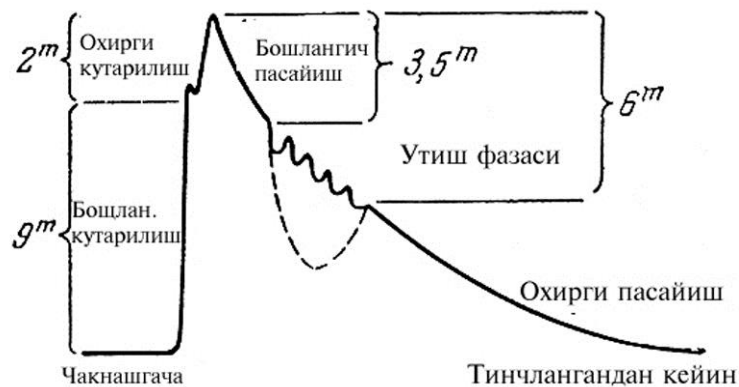
²⁵ Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.

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

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 охирги брқичида 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) кенгаётган юдуз статусини беришга имкон беради. Максимумдан кейин янги спектрида H, Ca II, Ni, Fe II, Ti II, O I 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 He I $\lambda 5876$ чизик куринади. Бош спектр-диффуз-чакмоқ спектрга айланади (чизиклар кенг, ёйиқ v_H 1500

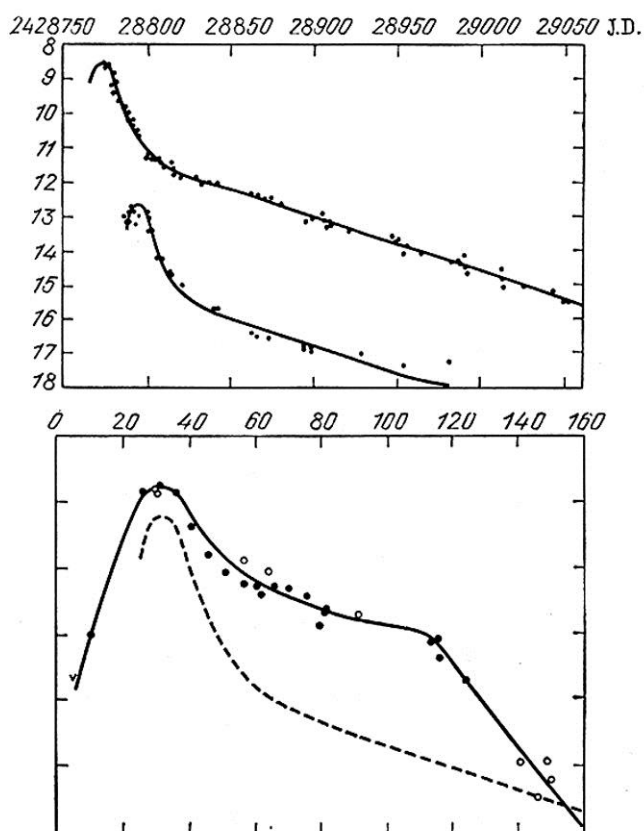
км/с). Ягини ёруғлиги 3.5^m бирликка пасайгач ягини ютилиш спектри В синфга мансуб юлдузларникига ўхшайди. Бундан кейин юлдуз ўтиш фазасига тушади: бунда ёки юлдуз ёруғлиги кичик тебранишлар кўрсата бошлайди ёки 5^m бирликка кескин пасайиб кетади. Бундан бир неча ҳафта кейин юлдуз ёруғлиги олдинги умумий 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 кенгайтириши 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 кенаяди. 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 N Her 1934 тўсилма қўшалок бўлиб ёруғлигини ўзгариш амплитудаси 2^m бирлик даври $4^h 39^m$ –қиска. 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 катталиқка 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 ўта янгилар 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 ўта янги тасодифан қайд қилинмаган. Ҳозир бу юлдуз атрофида газ туманлик кузатилади ва кучли радионурланиш (Cas A) сочилади²⁶.

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



9-расм. SN I(a) ва SN II(b) турдаги ўта янгиларни ёруғлигини ўзгариш чизиги.

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

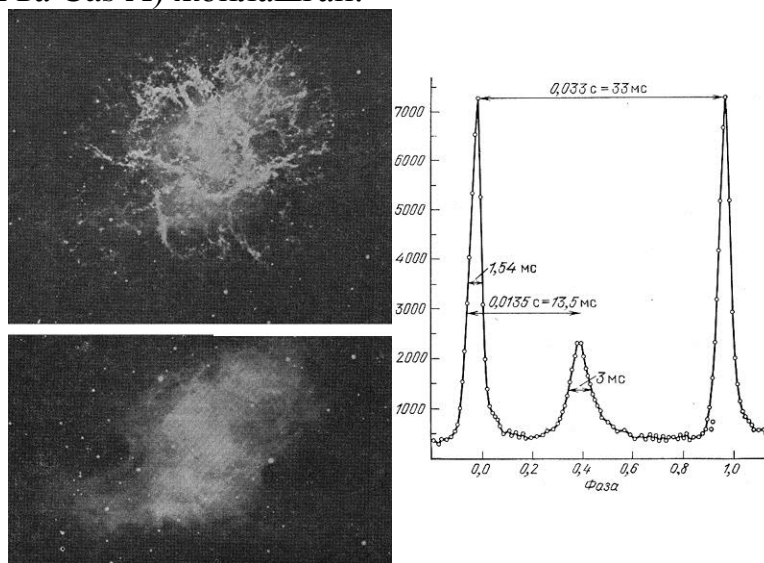
Ёруғлигини ўзгариш эгрисига кўра SN ларни икки турга бўлиш мумкин: SN I ва SN II. SN I-максимуми тез (бир ҳавта) ўтади ва ундан кейинги 25 кун ичида ёруғлиги кунига 0.1^m дан камая боради. Шундан кейин ёруғлигини пасайиши секинлашади (4 расм) ва шу тарзда то юлдуз қайд қилиб бўлмайдиган даражагача хиралашгунча 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 чақнаган юлдуз максимумида $m_V = -5^m$ катталиққа етган ва бир ой давомида кундузи кўринган, у кечаси 2 йил давомида телескопсиз оддий кўзга кўриниб турган. SN I максимумда $M_{Pg} = -19^m$, ёруғлигини ўзгариш амплитудаси $A = -20^m$.

SN II-нинг ёрқинлиги пастрок: максимумда $M_{Pg} = -17^m$, (А-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. SN I-ихтиёрий шаклдаги галактикаларда, SN II-фақат спирал галактикаларда кузатилади.

SN I спектри янгиларникидан бутунлай фарқ қилади. Спектридаги кенг эмиссион тасмалар ҳеч бир элемент атоми чизиқларга мос келмагандан бу тасмалар чизиқ эмас балки туташ спектр соҳаларидир. Уларни ажратиб турувчи қора соҳалар кенгайган ва силжиган ютилиш чизиқлари деган

хулосага келинди (Э.Р. Мустел, Ю.П. Псковский, Россия). Бу қора тасмаларни текшириш натижасида SN I 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. SN II-спектри оддий янги юлдузлар спектрига ўхшаш: қисқа тўлқинли томонига ютилиш чизиғи ёпишиб турган кенг эмиссион тасмалардан иборат. Водород чизиқлари интенсив. SN I-водороди ёниб тугаган юлдузлардир. SN II-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 (Tau A ва Cas A) 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. NP 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).

3.6. Юлдузлар эволюцияси

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

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

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 узок довом этадиган жараён. Шунинг учун, юлдуз эволюциясини текширишда ҳар хил массага эга юлдузларнинг ички тузилиши ва кимёвий таркибини вақт бўйича ўзгаришини намоиш этувчи эволюцион моделларни тузиш усули қўлланилади. Бу эволюцион моделлар кузатиш натижалари, масалан, ҳар хил эволюция босқичидаги кўплаб юлдузларнинг ёрқинлиги билан температурасини боғловчи Гершпрунг-Рассел диаграммаси билан солиштирилади ва бу юлдузни 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, температуранинг ва ёрқинликни ифодаловчи дифференциал тенгламаларни газларнинг ҳолат тенгламаси, 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 юқориқоқ темперптурадаги сийракланган 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

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

энергияси ҳисобга олинса Жинс критериясига кўра ҳосил бўлган булутнинг массаси

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

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 бўлақларга 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 куюк ўзакка ва кенг сийрак қобуққа ажралади. ўзакда зарра концентрацияси 10^{11} см^{-3} га етгач у ўзининг инфрақизил нурланиши учун нотиниклашади. 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 қуйидагича

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

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

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

$$M_y = 5 \cdot 10^{-3} M_{\odot}, r_y = 1 R_{\odot}, \rho = 2 \cdot 10^{-2} \text{ г/см}^3, T = 2 \cdot 10^4 \text{ К.}$$

Қобуғдан ўзакка модда аккрекцияси давом этади, температурани кўтарилиши давом этади. Энди ўзакда водородни ионланиши бошланади ва юқоридаги ўзакни қайта тузилиши рўй беради.

Ўзакни қобуғ 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 юпка 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 тезлантилади. 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 тўхтайди. Чунки фақат водородни ёниш энергияси юлдуз фазога 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
H	He	$(1-3) \cdot 10^7$	$7 \cdot 10^{18}$	фотонлар	$\cong 90 \%$
He	C, O	$2 \cdot 10^8$	$7 \cdot 10^{17}$	фотонлар	≤ 10
C	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
O	O, Mg	$1.8 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{17}$	нейтрино	< 1
Si	Si ÷ Ca	$3.4 \cdot 10^9$	$3.4 \cdot 10^{17}$	нейтрино	< 1
	Sc ÷ Ni				

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, ёрқинлик ошади, қобуғ тиниқлашади. Катта миқдордаги энергия йўқотишни тامينлаш учун ўзак сиқилабошлайди, қабуғ эса кенгайбошлайди. 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 мллиард йил.

в) юлдуз эволюциясининг охириги босқичи. Массаси $M > 5 M_{\odot}$ бўлган юлдузларнинг марказий қисимларида 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).

Назорат саволлари:

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

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

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/)

РЕЖА

- 4.1. Галактикани текширишдан мақсад
- 4.2. Сомон Йўли галактикасининг кўриниши
- 4.3. Газ ва чанг туманликлар
- 4.4. Галактиканинг тузилиши ва таркиби

Таянч иборалар: *Сомон йўли, чанг туманликлар, планетар туманликлар, диффуз туманликлар, ионланган водород соҳалари, қора туманликлар*

4.1. 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.

4.2. Сомон Йўли галактикасининг кўриниши

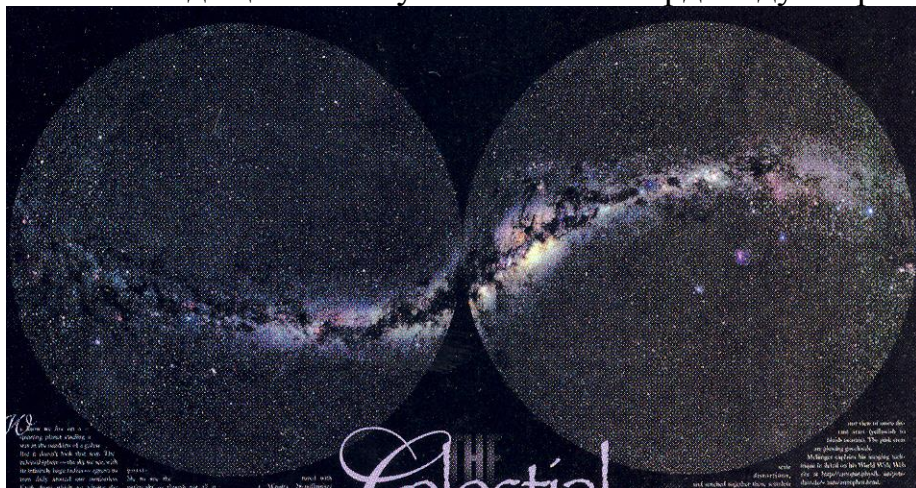
Сомон Йўли юлдузлар осмонини катта айлана (Галактик экватор) бўйлаб иккига бўлиб турадиган тим қоранғи осмон саҳнидаги ёруғ белбоғ кўринишга эга. Сомон Йўли Жавзо, Савр, Аравакаш, Коссеопея, Цефей, Оққуш, Қалқон, Қавс, Илонэлтувчи, Ақраб, Центавр, Жанубий Бут, Кил, Елкан, Катта Ит, Якка Шоҳ ва Орион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

Галактика маркази Қавс юлдуз туркумида, унинг Ақраб билан чегараси яқинида (С) кўринади. Бу йўналишда Сомон Йўли максимал (18°) кенгликка эга. марказ атрофи куюқмаси $18^\circ \times 28^\circ$ катталиқдаги ёруғ соҳани эгаллайди. Сомон Йўлини ўртасидан ўтадиган катта айлана галактик экватор деб аталади ва у осмон экватори билан $62^\circ.6$ бурчак ҳосил қилади³¹.

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 қутблар 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 камая боради. Галактикада ҳаммаси бўлиб 200 миллиард юлдуз бор.



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

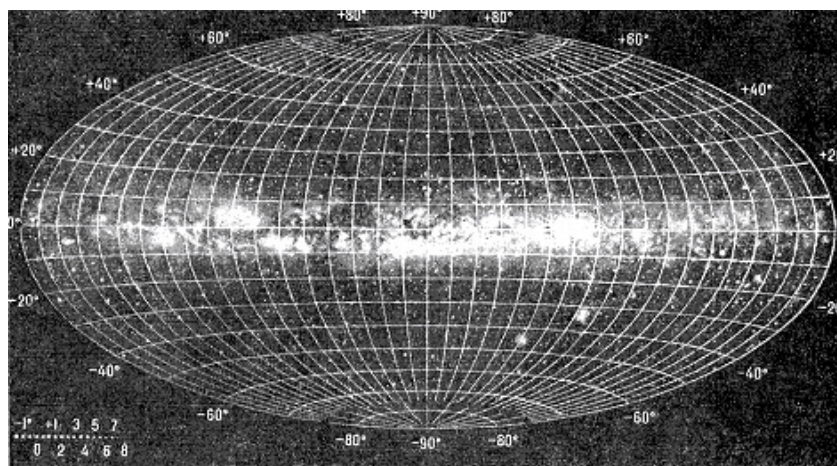
Иккинчи усул-дифференциал ёруғлик функциясини ($A(m)$) ни топишга асосланган. $A(m) = \frac{dN(m)}{dm}$ m-ўзгариши билан $A(m)$ ҳам орта боради.

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 камая

³¹ Arnab Rai Choudhuri, *Astrophysics for Physics*, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

боради. Бу Галактикада юлдузларни нотекис тақсимланганлигини кўрсатади. Агар фазода юлдузлар бир текис тақсимланганда $\frac{N(m+1)}{N(m)} = 3,98$ бўлур эди³².

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 b -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 $N(m,90^0)$ -кутблари 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.



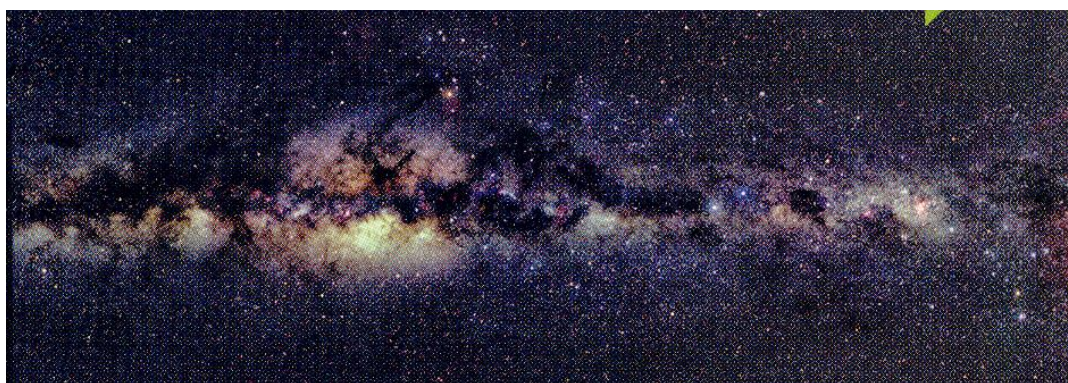
2-расм. Галактикани шакли: а) галактика текислигидан қараганда, б) галактика кутбидан қараганда.

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 нуруни хиралаштириши туфайли номоён бўлади. 3-расмда Галактика марказининг фотосурати келтирилган ва

³² Arnab 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 сабабчидирлар³³. 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.

4.3. Газ ва чанг туманликлар

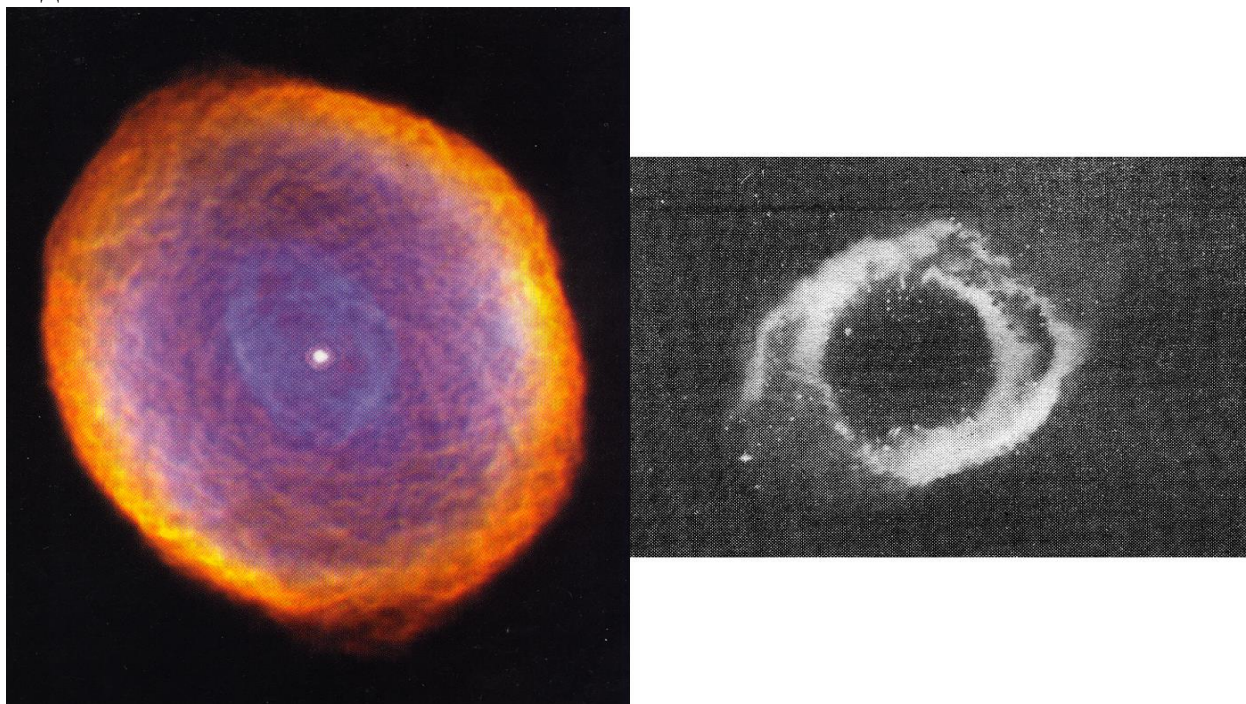
Спектри эмиссион (ёруғ) чизиқлар кузатиладиган туманлик газ туманлик деб аталади. Газ туманликлар ўзларидан нурланиш чиқарадилар, уларнинг икки хили мавжуд: диффуз ва планетар туманлик. Диффуз туманликлар одатда нотўғри шаклда бўладилар ва уларнинг кўндаланг кесми бирнеча парсекдан 150 парсекгача бўлади. Бундай туманликларни 150 таси қайд қилинган. Планетар туманликлар эллиптик ёки айлана гардиш ёки ҳалқа шаклда бўлади. Уларнинг диаметри 10-100 минг астрономик бирлик оралиқда бўлади. Бундай планетар туманликларнинг 1100 да ортиғи топилган ва қайд қилинган. Юқорида айтганимиздек Галактикада кўп (1000 лаб) қора туманликлар борлиги аниқланган бу туманликлар чанг туманлик деб аталади³⁴.

а) Планетар туманликлар. Планетар туманликларнинг фотографик ёруғлиги $7\div 13^m$, узоқлиги 1.5 Кпс гача, диаметри $0.05\div 0.2$ пс (бурчакий $10\div 1000''$) массаси $0.05\div 0.2$ Қуёш массаси оалиғида жойлашадилар. Камдан кам ҳоллари ҳисобга олмаганда планетар туманлик ўртасида ҳамма вақт қайноқ (ОВ) юлдуз кузатилади. Кўринишидан туманликни нурлантирувчи манба ана шу қайноқ юлдуз бўлади (расм 4). Ёруғлик нурларида юлдуз туманликдан 100 марта хира бироқ у кучли ультрабинафша нурланиш сочади

³³T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume III, Cambridge University Press, 2010.

³⁴ James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

ва бу нурланиш туманликда ютилади ва ёруғлик нурлари сифатида қайта сочилади.



4-расм. Планетар туманлик IC 418(a) ва Далв юлдуз туркумидаги NGC 7293(радиуси бир парсека етади).

Туманлик юлдуз нурланишини қайта ишлайди. Юлдуздан сочилаётган юқори энергияли ультрабинафша квантлар туманлик атолари ва ионларини уйғонган ҳолатларга ўтказида³⁵. Уйғонган ҳоллардан асосий ҳолатга қайтишда шу атомлар ва ионлар ёруғлик нуралри диапазони частоталарида нурланиш чиқарадилар: битта юқори энергияли ультрабинафша квант иккита ёруғлик кванти ҳосил қилади. Бу ходиса флуоресцинция деб аталади. Планетар туманликлар ўзагидаги юлдузлар ўта қайноқ юлдузлардир.

Уларнинг температураси 35 мингдан 100 минг К оралиққатўғри келади, нурланишнинг максимуми $\lambda < 1000 \text{ \AA}$ ўзоқ ултрабинафша нурланиш диапазонида тўғри келади. Туманлик ўзагидан сочилаётган L_C (Лайман серияси котинууми) квантлар ($\lambda < 912 \text{ \AA}$) водород атомларини уйғонган ($n \geq 4$) ҳолатларга ўтказида. Бу атомлар асосий ҳолатга тўппа-тўғри ($4 \rightarrow 1$ сингари) ўтмасдан балки $4 \rightarrow 2$ ва $2 \rightarrow 1$ ёки $4 \rightarrow 3$, $3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$ ўтишларни бажаради. Маълумки, $3 \rightarrow 2$ ўтиш Балмер серияси биринчи чизиғини беради унинг тўлқин узулиги $\lambda = 6563 \text{ \AA}$ спектрни қизил қисмига тўғри келади ёки $4 \rightarrow 2$ ўтиш кўп чизиқ ($\lambda = 4861 \text{ \AA}$) ни беради. Шундай қилиб, битта L_C квант бир нечта ёруғлик кванти ҳосил қилади.

Бундай жарённи мувозанатлигича ўзагининг туманлик температураси аниқланган (Занстра усули). Масалан юқорида расми келтирилган NGC 7293 ўзагининг температураси 100 минг К га тенг. Планетар туманликлар

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

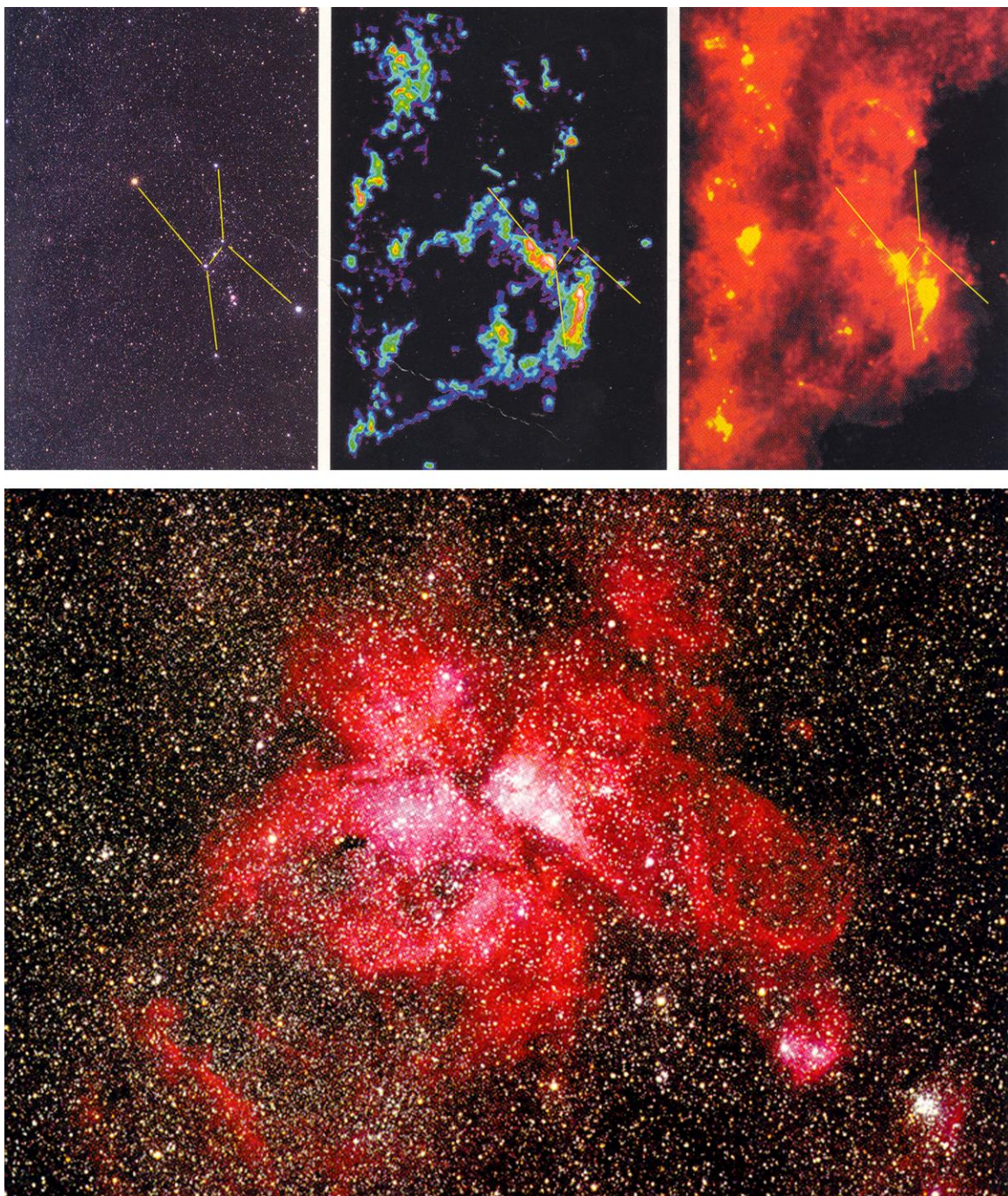
спектрида водород ва азот ионларининг Паули принципи бўйича тақиқланган чизиқлари [OII] 3727 Å, [NII] 6584 Å [OIII] 4959 Å ва 5007 Å кузатилади. Айрим Планетар туманликларнинг эмиссион чизиқли спектрида кучсиз туташ спектр ҳам кўринади. У айниқса Бальмер серияси континуумида яққол кўринади ва озод электронни иккинчи сатҳга рекомбинацияси билан боғлиқ.

Планетар туманликлар массаси $0.1 \div 0.2 M_{\odot}$ оралиқда ва улар 14-40 км/с тезлик билан кенгаймоқдалар.

Бу натижа улар гигант юлдузни тўсатдан портлаши ва қобуғ қатламини кенгайиши натижасида ҳосил бўлган деган хулосага олиб келади. Улар ўта янги қолдиғи бўла олмайдилар, чунки Галактикада бунча ўта янги чакнамаган³⁶.

б) диффуз туманликлар. Кўпчилик диффуз туманликларнинг кўндаланг кесими $1 \div 25$ пс (бурчакий катталиги 10-100'), узоклиги < 1.5 Кпс, массаси $0.1 \div 10^4$ Қуёш массаси, ўртача электрон концентрацияси $20 \div 1000$ см⁻³ кўринма юлдузий катталги $1 \div 10^m$ оралиқда жойлашади. Диффуз туманликлар ҳам планетар туманликлар сингари ичидаги ёки ёнидаги қайноқ юлдуз нурланиши ҳисобига шуълаланадилар. Планетар туманликлар Галактика текислигидан четда кузатилсалар диффуз туманликлар концентрацияси унга томон ортиб боради. Бу қайноқ юлдузларни Галактика текислиги томон концентрацияси ортабориши билан боғлиқ. Айрим диффуз туманликлар тасодифан қайноқ юлдуз яқинида бўлиб қолганлари туфайли кўринсалар бошқалари юлдуз билан «қариндош»дирлар. Масалан машхур Қисқичбақасимон туманлик ўта янги юлдуз чакнаши натижасида ҳосил бўлган. Ёки Орион юлдуз туркумидаги диффуз туманликнинг энг ёруғ марказий қисми яқинида машхур Орион трапецияси деб аталадиган қайноқ юлдузлар жойлашган. Шундай юлдуз ва туманлик ассоциацияларидан яна бир машхури Яккашоҳ юлдуз туркумида кузатиладиган NGC 2237-38 туманликдир. Бу туманлик ичида эмиссион чизиқларда нурланадиган О юлдузлар (О-ассоциация) тўдаси NGC 2244 жойлашган (расм-5). Бу юлдузлар туманликни шуълалантирадилар, уларнинг температураси (15-25 минг К) планетар туманлик ўзагиники сингари юқори бўлмаганлиги учун туманлик моддасини уйғониш даражаси паст, спектрида [O II] $\lambda 3727$ кўзга ташланиб туради. Туманлик температураси 10^4 Кга яқин. Орион туманлиги Бальмер континуумида интенсив туташ спектр кўрсатади. Бундай туманликлар ёруғ бўлганлиги учун бошқа галактикаларда ҳам кузатилади. Масалан Олтин Балиқ (Тарантул) деб номланган туманлик Катта Магеллан Булутига тегишлидир. Унинг кўндаланг кесими 400 пс, массаси $5 \cdot 10^6$ Қуёш массаси, электрон концентрация ~ 200 см⁻³. Бу туманликни бирнеча қайноқ ва массив (100 Қуёш массаси) юлдуз шуълалантиради. Туманликларда модда ҳаракати (~ 10 км/с) уюрмалари кузатилади.

³⁶ T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.



5-расм. Илон юлдуз туркумида кўринадиган қайноқ юлдузлар тўдаси М16 билан боғлиқ газ туманлик. Фил тумишуклари деб аталадиган нейтрал қора моддани ўраб турувчи ёруғ халқаларни кўриш мумкин.

в) Ионланган водород (H II) соҳалари. Қайноқ юлдуз (O6-B2) ўз яқинидаги юлдузлараро фазодаги газни ионлантиради ва юлдуз атрофида ионланган водород H II соҳа ҳосил бўлади. Бу соҳада модда тўла ионланган, яъни асосан электрон ва протонлардан таркиб топган бўлади. H II соҳанинг катталиги юлдузнинг температурасига ва ёрқинлигига боғлиқ. Жадвалда ҳар хил спектрал синф, абсолют катталик ва температурадаги юлдузлар атрофида ҳосил бўладиган H II соҳа радиуси келтирилган. H II зонани нейтрал водород

соҳа (H I) ўраб туради³⁷.

1-жадвал.

Sp	M_V	T_*	r, пс
O6	-3,9	40 000	80
B0	-3,1	25 000	28
	-0,9	10 700	0,6

Маълумки H I $\lambda=21$ см да радионурланиш сочади. Шунинг учун 21 см да радиокарталарда H II соҳа ажралиб кўринади.

г) **Туманликларни ички тузилиши хусусиятлари.** Қайноқ юлдуз атрофидаги қиздирилган (5 000 – 10 000 К) газ билан уни ўраб турувчи совук (100 К) газ чегарасида мураккаб модда ҳаракати вужудга келади ва тўлқинлар ҳосил бўлади. Булар ўз навбатида чегарада нотиниқ модда қуюқмалари ҳосил бўлишига сабаб бўлади. Бундай қора қуюқмалар ёруғ диффуз туманликлар ичида кузатилади. Мисол тариқасида Илон юлдуз туркумидаги диффуз туманликда кўринадиган «фил тумшуғи»ни ёки ёруғ туманликларсаҳнида кузатиладиган кичик гардишча шаклдаги қора булутча (глобула)ларни кўрсатиш мумкин. Глобула гравитацион сиқилиш даражасига ўтган модда қуюқмаси бўлиб ундан юлдуз ҳосил бўлади.

Кўпчилик туманликлар радионурланиш сочади. Бу нурланиш иссиқлик табиатга эга ва қайноқ газдаги электронларни ионлар майдонида тормозланиши натижасида ҳосил бўлади. Радионурланиши бўйича туманликлар орасида Қискичбақасимон туманлик ажралиб туради. Унинг нурланиши ноиссиқлик табиатга эга. Уни релятивистик электронлар ҳосил қилади. Бу туманлик аморф ва толасимон ташкил этувчилардан иборат. Аморф модда туташ, толасимон модда эса чизикли спектр кўрсатади. Туманлик ичида аморф модда ташқари қисмларида эса толасимон модда асосий этувчига айланади. Айрим диффуз туманликларни нотўғри шаклга эгаллиги уларнинг нурланиши юқорида баён этилган планетар туманликларда кузатиладиган жараёнлардан бошқача эмасмикан деган шубҳани қолдиради.

г) **қора туманликлар.** Сомон Йўли саҳнида кузатиладиган бундай туманликлар чанг қуюнлари ёки булутлари билан боғлиқ. Бундай чанг қуюқлари (масалан Жанубий Бут яқинидаги «Кўмир Қоп» номли) юлдузлараро муҳитда жойлашганлар ва орқаларидаги юлдузлар нурини ўтқазмайдилар, натижада Сомон Йўли саҳнида қора булут шаклдаги туманлик ҳосил қиладилар. Қора туманликнинг физик кўрсаткичлари (ρ, M, d) унинг ичида кузатиладиган юлдузлар концентрациясини ташқарисидаги билан солиштириш натижасида баҳоланади³⁸. Масалан «Кумир Қоп» ичида юлдузлар концентрацияси ташқарисидан уч марта кам. Демак унинг оптик қалинлиги $\tau=lg3=1.1$ ва унда ёруғликни кучсизланиш миқдори

³⁷ T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.

³⁸ Бочкарев Н.Г.б Магнитные поля в космосе, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 216 с.

$\Delta m = 1.08\tau \approx 1.2^m$. Агар чанг зарралари кўндаланг кесими ≈ 1 мкм деб ҳисобласак бундай кучсизланишни зичлиги $\rho = 2 \cdot 10^{-24}$ г/см³, қалинлиги $d \sim 8$ пс келадиган чанг булут бераолади.

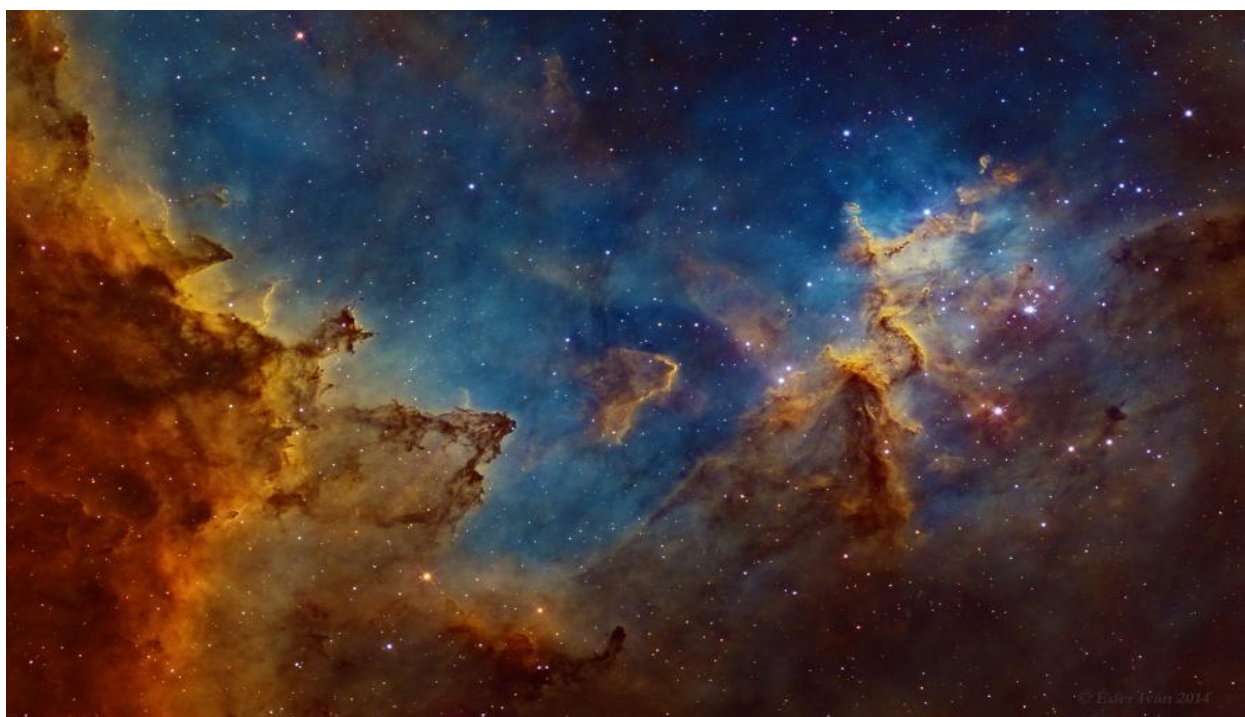
Қора туманликларни уч хил тури мавжуд. Уларнинг физик кўрсаткичлари жадвалда келтирилган. Арг-фотографик нурларда тўла ютиш миқдори.

2- жадвал

Туманлик тури	d, пс	Арг	ρ , г/см ³	M/M_{\odot}
<i>Глобула</i>	0.5	1.5 ^m	$5 \cdot 10^{-23}$	0.05
Кумир қоп	8	1.5 ^m	$2 \cdot 10^{-24}$	15
<i>Катта булут</i>	40	1.4 ^m	$5 \cdot 10^{-25}$	300

Кумир қоп сингари қора булутлар Орионда, Илонэлтувчининг ρ ва θ юлдузлари яқинида, Оққуш ва бошқа юлдуз туркумларида кузатилади. Катта қора булутлар Ақраб, Қавс, Оққуш, Савр, Орион ва бошқа яна 8 та юлдуз туркумларида кузатилади. Уларнинг катталиги $10^{\circ} \times 10^{\circ}$ дан то $50^{\circ} \times 20^{\circ}$ гача, массаси $100 \div 500 M_{\odot}$, визуал нурларда тўла ютиши $1 \div 2^m$. Қора булутлар нотўғри шаклга эга. Булутларда чанг ва газ аралаш ҳолда бўлади шунинг учун алоҳида чанг ва газ булут бўлмайди ва уларни ажратиб физик кўрсаткичларини бериб бўлмайди. $\frac{\bar{\rho}_{газ}}{\bar{\rho}_{чанг}} \approx 100$.

Булутлар Галактика текислигида кузатиладилар ва 7 % фазони эгаллайдилар. Улар ўртача диаметри 15 пс орасидаги масофа 40 пс ва қараш чизиғи бўйлаб 1 Кпс масофага 10 га яқини тўғри келади. Битта булутда ютилиш миқдори визуал нурларда ўртача 0.2^m .



6-расм. Галактикадаги газ булутларидан бирининг тасвири.

Галактикада чанг ва газ булутлар шаклда кузатилиши билан бир қаторда улар тарқоқ ҳолда ҳам тарқалган. Бундай тарқоқ ва бир жинсли ҳолдаги чанг ва газ юлдузлар ёруғлигини кучсизлантиради ва улар спектрида газ чизиклари кўринади. Галактика текислиги яқинида биркилопарсек масофага тўғри келадиган визуаль нурларда ютилишнинг $A_V=2^m/\text{Кпс}$ асосий қисми ($1.6^m/\text{Кпс}$) булутлар ҳиссасига қолган қисми (0.4^m) тарқоқ чангга тўғри келади.

4.4. Галактикани тузилиши ва таркиби

Галактика марказида диаметри 1 парсек бўлган ўзакча жойлашган. Унда юлдуз зичлиги $10^6/\text{пс}^3$. Ўзакча ичида кучли радио ва инфрақизил нурланиш сочадиган юлдузсимон объект (диаметри < 10 а.б.) жойлашган бўлиши мумкин. У ўта катта массага эга бўлган қора ўра бўлиши мумкин. Ўзакча эллипс шаклидаги (15×30 пс) ўзак ичида жойлашган³⁹. Ўзакни диаметри 1600 пс бўлган газ диск ўраб туради. ўзак атрофининг катталиги 4.8×3.1 Кпс бўлган марказий қуюқма ўраб туради. Осмонда у $28^\circ \times 18^\circ$ катталиқда Ақраб ва Қавс юлдуз туркумида кўринади. У асосан қизил гигант ва карлик юлдузлардан иборат. Марказий қуюқмада 200 км/с тезлик билан кенгаётган зич газ оқимлари кузатилади. Спирал тармоқлар ана шу марказий қуюқмадан бошланадилар.

Галактика тўртта спирал тармоққа эга: биринчи тармоқнинг ўртача радиуси 3 Кпс. У ионланган водороддан таркиб топган ва бу тармоқ 50 км/с тезлик билан кенгаймоқда; иккинчи тармоқ Галактика марказидан 6-7 Кпс масофада жойлашган ва у нейтрал водороддан ва кўплаб қайноқ (O ва B синф) юлдузлардан иборат. Бу тармоқ Қавс юлдуз туркумидан ўтканлиги учун Қавс энги деб аталади; учинчи тармоқ (Орион энги) нейтрал водород ва хаворанг – оқ юлдузлардан таркиб топган. Унинг кенглиги 2-3 Кпс, Қуёш ўз сайёралар тизими билан ана шу тармоқ аъзоси ҳисобланади. Унинг четларида Галактика марказидан 10 Кпс узоқликда жойлашган; ниҳоят тўртинчи тармоқ (Персей энги) Галактикани энг ташқи тармоғи унинг ташқи чегараси 15 Кпс масофагача етади. Тармоқлар ичидаги юлдузлар қайноқ ва ёш бўлиб, тармоқнинг ташқарисида нисбатан паст температурали кекса юлдузлар кузатилади.

Ҳар хил физик хусусиятга эга юлдузларни осмонда жойлашишига кўра Галактика бешта ташкил этувчига бўлинади. Улар Галактика текислигидан ҳар хил баландлик (z)да жойлашадилар. Биринчиси – сферик ташкил этувчи деб аталади ва унга RR-Lir (Лиранинг RR и) сингари юлдузлар ва шарсимон юлдуз тўдалари киради. Булар Галактика текислигидан энг четларда ҳам кузатилади. Бу юлдузлар кекса, совуқ, қизил гигант юлдузлар бўлиб, Галактика текислигидан чиқиб фазога сочилиб кетганлар⁴⁰.

³⁹ Arnab Rai Choudhuri, *Astrophysics for Physics*, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

⁴⁰ T. Padmanabhan, *Theoretical Astrophysics, Volume I-III*, Cambridge University Press, 2010.

Иккинчиси-оралиқ сферик ташкил этувчи деб юритилади. Бунга катта фазовий тезликка эга А ва В синфга мансуб юлдузлар, узун даврли ўзгарувчан юлдузлар киради. Учинчиси-оралиқ дисксимон-дейилади ва бош кетма-кетлик юлдузларнинг асосий қисмини шулар қатори Қуёшни янги юлдузларни ва планетар туманликларни, қизил гигантларни ўз ичига олади. Тўртинчиси-эски ясси оралиқ тизим дейилади ва унга А синфга мансуб юлдузлар, узун даврли цефеидлар, тарқоқ юлдуз тўдалари киради. Бешинчиси-ёш оралиқ тизим, О ва В синфга мансуб қайноқ ва Саврнинг Т-си сингари юлдузларни, газ ва чанг булутларни (молекуляр булутлар шулар жумласидан) ўз ичига олади. Бу ташкил этувчилар бир-бирларидан оғир атомлар миқдори билан фарқ қиладилар. Масалан сферик ташкил этувчи (1) юлдузларида металллар миқдори ёш яссига (5) кирадиган юлдузлардан 100 мартагача кам. Сферик ташкил этувчи юлдузлари ёш ясси юлдузларидан 100 марта кекса.

Галактика ташкил этувчиларини айрим физик кўрсаткичлари жадвалда келтирилган

3-жадвал

	Оралиқ тизим	Баланлик шкаласи β , пс.	Оғир элементлар нисбий массаси, %	Баҳоланган ёши, млрд. йил
	Сферик	2 000	0.1÷0.5	13
	Оралиқ сферик	700	1	7-12
	Оралиқ, диск	350	2	2-7
	Ясси, эски	160	3	0.1-1.5
	Ёш, ясси	100	4	0.1

Юқоридагиларга асосланиб хулоса қилиш мумкин. Юлдузлар Галактика текислигидаги газ+чанг булутдан ҳосил бўладилар ва аста-секин уни тарқ этадилар. Кексайган сари уларнинг кимёвий таркиби ҳам ўзгариб боради. Галактика текислигини тарқ этган юлдузларни фазовий тезликлари ҳам ўзгаради. Дастлабки текширувчилар сферик ташкил этувчи юлдузларни фазовий Қуёшга нисбатан тезликлари катта (70 км/с) бўлгани учун чоқирлар деб аташган. Ҳатто буюк олим Я. Оорт (Голландия) бу юлдузлар Галактикага ташқаридан кирганлар деб айтган. Кейинчалик бу «чоқир»лар аслида Галактикада энг секин юрадиган юлдузлар эканлиги аниқланди.

Гап шундаки, Галактика ўз марказидан ўтувчи текислигига тик жойлашган ўқ атрофида айланади. Галактика массасининг асосий қисми унинг ўзагида жойлашган. Ўзақдан ташқаридаги юлдузлар унинг атрофида Кеплер қонунларига бўйсўнган ҳолда айланишлари керак, бундай айланма харакати бурчак тезлиги

$$\omega = \frac{1}{r^{3/2}} \text{ ва орбитал тезлиги}$$

$v = \omega r = \frac{1}{\sqrt{r}}$. Бирок текширишларни кўрсатишича тезликни масофа

бўйича камайиши бу боғланишга қараганда секинроқ рўй беради. Айланма ҳаракатнинг чизиқий тезлиги v марказдан узоқлашган сари орта боради ва Қуёш яқинида максимал қийматга 250 км/с га, етади ва ундан кейин секин камаяборади. Демак Галактикада массани тақсимланиши гравитацион майдондагидан фарқ қилади. Галактика ўзагида массанинг 80 % жойлашган, қолган қисми эса бутун Галактика ҳажми бўйлаб бир текис тақсимланган. Чунки Галактика ўзагидан ташқарига йўналган зич газ оқими оқиб туради⁴¹.

«Чопқир»лар Галактика маркази атрофидан фазога сочилганлар. Уларни айланма тезлиги кичик. Қуёш Галактика маркази атрофида тез (250 км/с) айлангани учун улар унга нисбатан тез ҳаракат қилаётганга ўхшаб кўринадилар.

Назорат саволлари:

1. Стационар юлдузлар
2. Сомон йўли галактикаси
3. Галактик экватор нима?
4. Чанг туманликлар
5. Планетар туманликлар
6. Диффуз туманликлар
7. Ионланган водород соҳалари
8. Туманликларни ички тузилиши хусусиятлари
9. Галактикани тузулиши ва таркиби
10. Кеплер қонунлари

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. 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/)

⁴¹ T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.

РЕЖА

- 5.1. *Юлдузларнинг сўниши ва компакт объектларнинг пайдо бўлиши*
- 5.2. *Оқ миттилар, нейтрон юлдузлар ва қора туйнуклар.*
- 5.3. *Материянинг янги шакллари: қоронғи модда ва қоронғи энергия.*
- 5.4. *Гравитацион тўлқинлар.*

Таянч иборалар: *оқ миттилар, нейтрон юлдузлар, қора туйнуклар, қоронғи материя, қоронғи энергия, гравитацион тўлқинлар.*

5.1. Юлдузларнинг сўниши ва компакт объектларнинг пайдо бўлиши

Қора туйнуклар – бу фазо-вақтнинг шундай соҳасики, кучли гравитацион майдон ҳисобига у ерни хатто ёруғлик тезлигида ҳаракатланувчи зарралар, шунингдек ёруғлик квантлари ҳам тарқ 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 топилган⁴².

Замонавий фан бизга сўнувчи 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.

5.2. 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

⁴² James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

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 етади⁴³. 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.

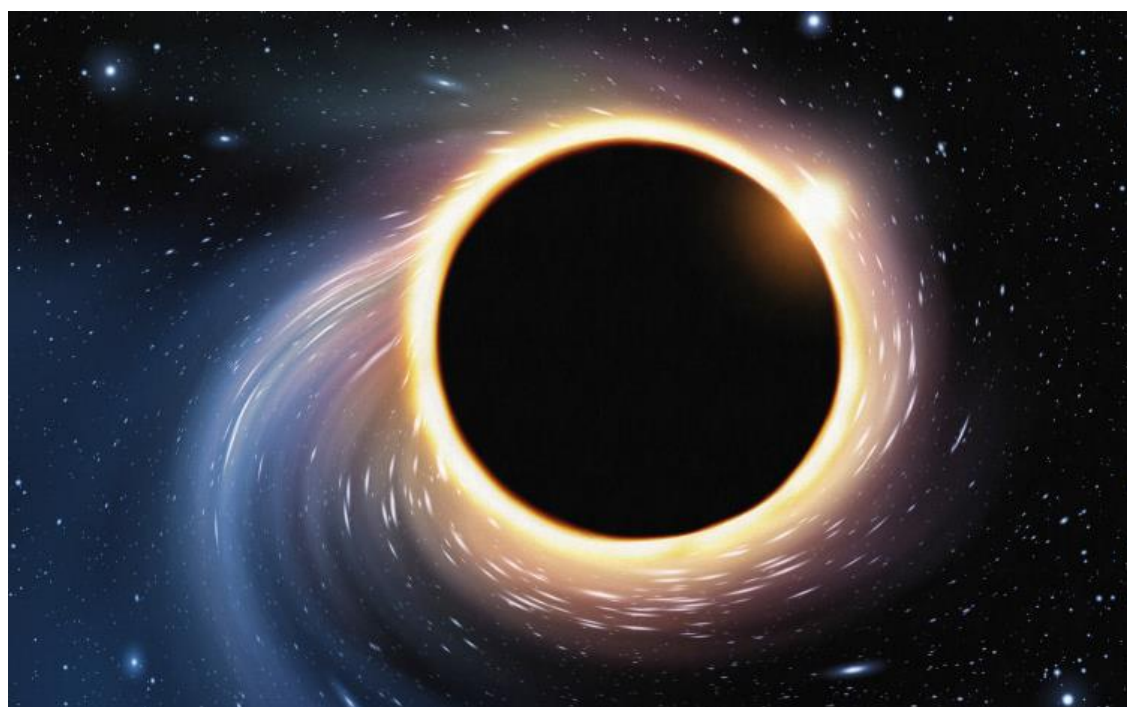
Янада оғирроқ ва кўпроқ водород ёнилғи захирасига эга бўлган юлдузлар кучли гравитация кучлари таъсири остида тез ёнади ва яшаш вақти ҳам қисқа бўлади. Массаси жиҳатдан йирик бўлган юлдузлар том маънода бир неча миллион йил давомида “ёниб туради”, майда юлдузлар эса юзлаб миллиард йиллар давомида “яшайди”.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

Назарий жиҳатдан юлдузлар дастлабки массаларига боғлиқ ҳолда уч 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 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 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 кузатилади⁴⁴. 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 қандайдир критик қийматдан катта бўлса (3

⁴³ Arnab Rai Choudhuri, *Astrophysics for Physics*, Cambridge University Press, 2010, 471 p.

⁴⁴ Max Camenzind, *Compact Objects in Astrophysics*, Springer, 2007, 682 p.

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.



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 юдузлар- нейтронлар босими билан. Қора туйнуклар эса-

Ўзининг гравитация кучларига қаршилиқ қила олмасдан янога бир нуқтагача сиқилиб борган. Учала компакт объектлар Коинотнинг ёши тартибидаги даврда турғун объектлар ҳисобланди. Уларни юлдузларнинг энг охири босқичидаги объект деб ҳисоблаш мумкин. Иккинчи фарқи- оддий ўзларининг массаси тартибидаги юлдузларнинг ўлчамларига нисбатан анча кичиклигидир⁴⁵.

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 Куёш массаси тартибида бўлса ҳам радиуси Ер радиусидан кичик деган ҳулосага келади⁴⁶.

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 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 унча масофа энг яқин юлдузгача (Куёшдан 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 мувофақиятга учрайди.

Ва бирдан кутилмаган нарса содир бўлди: нейтрон юлдузлари топилди. Улар тамоман қидирилмаган жойдан, изламаган одамлар томонидан топилди. 1968 йил февралда 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 урганилган⁴⁷. Уларнинг очилиши шарафига Белл, Энтони Хьюшларга 1974 йил Нобел мукофоти берилди. Ҳозиргача 2000 га яқин пулсарлар маълум, кейинчалик пулсарлар рентген диапазонда ва кейинроқ фақат шу диапазонда кўринадиган гамма-пулсарлар ҳам аниқланди.

⁴⁵ L. Rezzolla, O. Zanotti, *Relativistic Hydrodynamics*, Oxford University Press, 2013, 752 p.

⁴⁶ T. Padmanabhan, *Theoretical Astrophysics, Volume I-III*, Cambridge University Press, 2010.

⁴⁷ Бочкарев Н.Г.б Магнитные поля в космосе, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 216 с.

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 беради. 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 (ходисалар 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 атрофида. 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 ташқарисидан 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 ичкарасида фазо ва вақт координаталари ўз ўрнини алмаштиради ва биз қора туйнук ичида (ходисалар горизонти ичкарасида) фазо бўйича эмас балки вақт бўйича саёҳат қиламиз.

Қора туйнукларнинг бундай ғайри оддий хусусияти кўпчиликка шунчвки фантастика бўлиб туйилади ва уларнинг мавжудлигига шубҳа пайдо бўлади. Аммо шуни таъкидлаш жоизки, энг янги кузатув маълумотларига кўра қора туйнуклар ҳақакатан ҳам мавжуд. Масалан, XXI аср бўсағасида бизнинг галактикамиз марказизда 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 келажакда ушбу соҳада илмий тадқиқотлар сезиларли даражада ривожланишга эришишимизга олиб келиши керак дегани⁴⁸.

Шу ўринда биринчи навбатда машҳур физик, астрофизика ва назарий физика соҳасида кўпгина ёрқин ишлар муаллифи, бир вақтлар Исаак Ньютон ва Поль Дираклар раҳбарлик қилган Кембридже Университети кафедраси

⁴⁸ James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.

азвоси Стивен Хокингни таъкидлаб ўтиш жоиз. Унинг изланишларининг асосий объекти бу қора туйнуклар физикасидир. Унинг асарлари орасида “Вақтнинг қисқача тарихи” китоби энг содда тилда физиканинг қийин ва долзарб муаммоларини ҳаммага тушинарли қилиб ёзилган. Бу Хокинг ҳақида ҳаммаси эмас. У жуда оғир касал бўлиб унинг ҳозирда фақатгина иккита ўнг кўл бармоқлари ҳаракати сақлаб қолинган ва охириги 30 йил давомида гапиришдан ҳам маҳрум бўлган. У атрофидагилари билан нутқ синезатори ва компьютер ёрдамида гаплашади. Шунга қарамасдан, у фоал ва доҳийона илмий изланишлар олиб бормоқда.

1974 йилда 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 усулда олинган, аслида гравитация майдони умумий нисбийлик назарияси тенгламалари билан, қора туйнук яқинидаги вакуум кванланган майдон назарияси билан ёритилиши керак⁴⁹. 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 кўринишида расман қобул қилинди. Шу сабабдан гравитацион, электромагнит ва бошқа турдаги нурланишларни кванланган майдонлар деб қаралади. Бошқача сўз билан айтганда тўлқинлар қанчалик квант механикаси тенгламалари билан ёритилмасин, улар ўзини бир вақтнинг ўзида ҳам тўлқин ҳам заррадек тутаяди.

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 томнданқора 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

⁴⁹ T. Padmanabhan, *Theoretical Astrophysics, Volume I-III*, Cambridge University Press, 2010.

яъни модомики ҳеч қандай ахборот қора туйнукдан чиқиб кетолмас экан узоқдаги кузатувчи унинг ичида нима борлигини била олмайди⁵⁰.

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 йўқолади⁵¹.

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.

5.3. Материянинг янги шакллари: қоронғи модда ва қоронғи энергия.

XXI асрда космологияда революцион кашфиётлар рўй берди. Аниқланишича, Коинотдаги ўзидан электромагнит нурланиш тарқатувчи (барион моддалар) коинотнинг бор йўғи 4% игина ташкил этаркан. Коинотнинг 21% ини ҳозирда қоронғи модда деб номланувчи ва ўзини фақат гравитацион ўзаро таъсирларда намоён этувчи номаълум модда ташкил этаркан. Ушбу модда галактикалардаги юлдузларнинг галактика маркази атрофида айланиш чизиқли тезлигини тадқиқ этиш натижасида аниқланган. Қоронғи модда бўлмаган моделлар юлдузлар харакати Кеплер қонунига кўра галактика марказидан узоқлашган сари уларнинг чизиқли тезлиги камайиб бориши керак бўлган. Кузатувлар эса галактикадан узоқлашган сари юлдузларнинг чизиқли тезлиги камаймай балки аста секин ортиб бориши кузатилди. Бу галактикаларда кўзга кўринмайдиган (яъни ўзидан электромагнит нурланиш тарқатмайдиган) массив модданинг мвжудлигини тасдиқлайди. Ушбу кашфиёт гравитацион линза эффекти деб номланувчи электромагнит нурларнинг гравитацион майдонда йўналишидан оғишига асосланган кузатувларда ҳам мустақил равишда ўз тасдиғини топди⁵².

Коинотнинг асосий 75% қисми эса ҳозирда қоронғи энергия деб номланувчи материянинг янги шаклидан ташкил топган. Материянинг янги очилган шакли ўзининг антигравитацион таъсири билан диққатга сазовордир. Яъни ушбу қоронғи энергиянинг ҳисобига бир-биридан узоқда жойлашган галактикалар ва галактикалар тўплами ўзаро бир-биридан итаришаркан. Ушбу типдаги энергиянинг табиатда мавжудлиги узоқда жойлашган галактикаларнинг биздан узоқлашиш тезлигини аниқлаш бўйича олиб борилган кузатув ишлари натижасида аниқланди. Аниқланишича, биздан қандайдир масофада жойлашган галактикалар Хаббл қонуни бўйича

⁵⁰ L. Rezzolla, O. Zanotti, *Relativistic Hydrodynamics*, Oxford University Press, 2013, 752 p.

⁵¹ Max Camenzind, *Compact Objects in Astrophysics*, Springer, 2007, 682 p.

⁵² T. Padmanabhan, *Theoretical Astrophysics, Volume I-III*, Cambridge University Press, 2010.

аниқланадиган тезлик билан эмас балки, ундан каттароқ тезлик билан биздан узоклашмоқда экан. Ушбу кузатувлар реликт нурларини аниқлаш бўйича ўтказилган кузатув натижалари ёрдамида ҳам тасдиқланди. Шундай қилиб, бир неча мустақил кузатув ва тажриба натижалари табиатда қоронғи энергиянинг мавжудлигини тасдиқлади.

Табиатда қоронғи модда ва қоронғи энергиянинг мавжудлигининг аниқланиши фундаментал – революцион кашфиётлар бўлиб, уларнинг табиатини ва хусусиятларини ўрганиш – замонавий астрофизиканинг hozirgi пайтдаги долзарб муаммоларидан бири ҳисобланади.

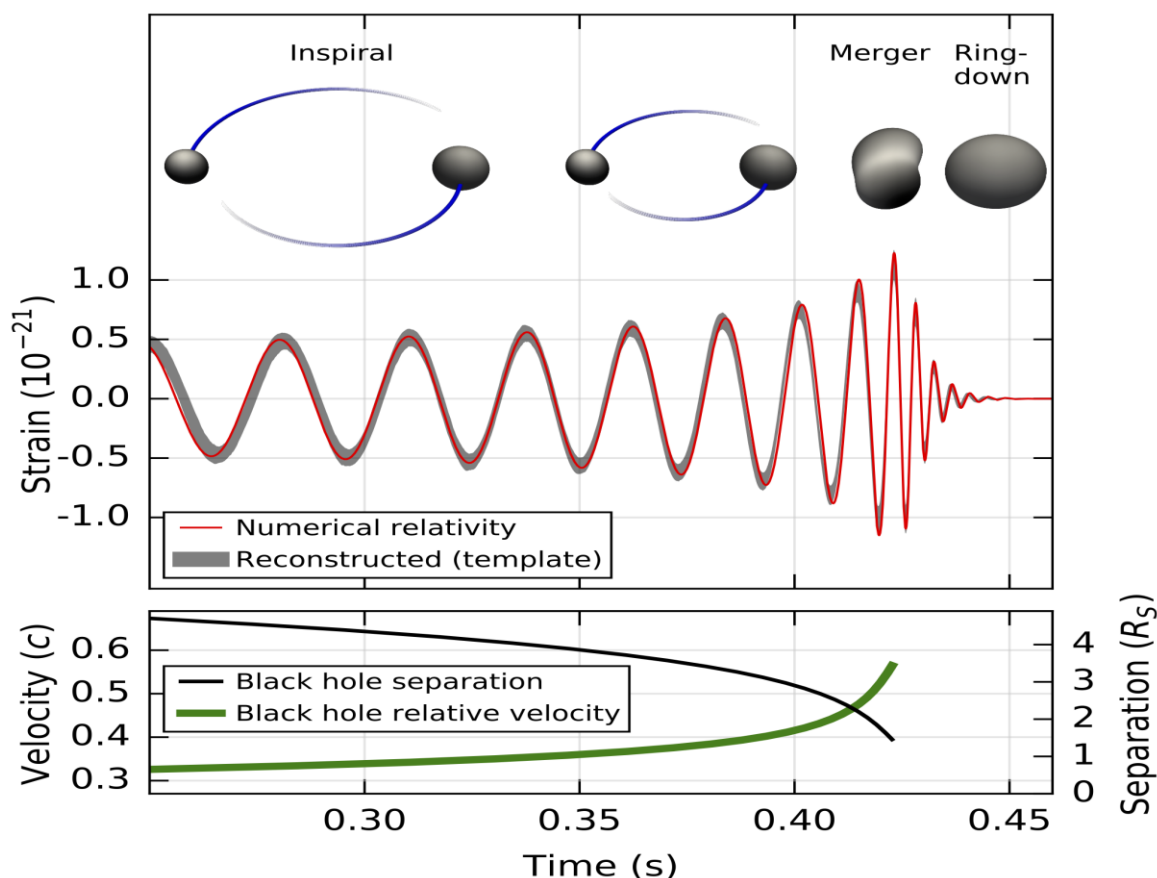
5.4. Гравитацион тўлқинлар.

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 (ҳамда эшитиш) имконияти пайдо бўлди (радиоастрономия). Маълумки, Ер атмосфераси ҳаёт учун хавфли бўлган ультрабинафша, рентген ва гамма нурланишларни ютиб қолади. Бироқ осмон жисмларини электромагнит нурланишнинг бундай тўлқин узунликларида кузатиш уларнинг табиати ҳақида 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 бўлишига гувоҳи бўлдик. 2016 йилнинг 11 февralида 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 очади⁵³.

⁵³ James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.



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

Гравитацион тўлқинлар мавжуд бўлиши назарий жihatдан Альберт Эйнштейн томонидан умумий нисбийлик назариясини яратганидан сўнг 1916 йилдаёқ айtilган 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 этди⁵⁴. 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 курилмалари 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

⁵⁴ T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.

тажрибада тасдиқлаш узоқ йиллар давомида имконсиз вазифа бўлиб келган.

1974 йили Рассел Халс ва Джозеф Тейлор томонидан PSR B1913+16 кўшалок нейтрон юлдузидан иборат тизимни кузатуви натижасида гравитацион тўлқинларнинг мавжудлигининг билвосита тасдиғи олинди ва 1993 йилда ушбу олимлар физика бўйича Нобел мукофотига 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 таклиф 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 кўнғироқ 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. Ҳозирги 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 бўлди. Шундай қилиб, ўзбекистонлик олимлар ҳам ушбу оламшумул янгиликдан хабардор бўлган камсонли мутахассислар қаторида бўлиб қолди.

2016 йилнинг 11 феввалида 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 айtilган 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 чизиқ 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 $6,9+0,5-0,4$ 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 юқорироқ 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 чизиқда 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

холатда турли астрономик ходисаларни турли узунликдаги электромагнит тўлқинлар ёрдамида кузатиш ва гравитацион тўлқинлар ёрдамида ушбу ходисалар хақида тўлароқ маълумот олиш мумкин бўлади.

Маълумки, осмонни турли диапазондаги электромагнит тўлқинлар ёрдамида ўрганиш коинот хақида 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 хақида тўлароқ маълумот олиш мумкин бўлади.

Назорат саволлари:

1. Юлдузларнинг сўниши қандай юз беради?
2. Компакт объектларга қайси объектлар киради?
3. Оқ митти, нейтрон юлдуз ва қора туйнуклар бир-биридан қандай характеристикалари орқали фарқланади?
4. Қора туйнукни характерловчи асосий параметрлар.
5. Нейтрон юлдуз магнитосфераси
6. Пульсарлар – нейтрон юлдуз
7. арнинг бир кўриниши сифатида.
8. Коинотнинг тезлашиб кенгайиши ва қоронғи энергия.
9. Галактикадаги юлдузларнинг орбитал чизиқли тезликлари тақсимоти ва қоронғи модда.
10. Гравитацион тўлқинларнинг кашф этилиши.
11. 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>

V. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ

1-Амалий машғулот. Коинотни катта портлаш натижасида яратилиши, инфляция жараёни. Фундаментал ўзаро таъсирлар.

Хаббл доимийсини ҳисоблаш бўйича масалалар ечиш. Бирламчи ядровий реакциялар, хусуан дейтрон, гелий ва литий ядроларининг ҳосил бўлиши реакциялар энергияларини ҳисоблаш.

2-Амалий машғулот. Коинотда юлдузларнинг пайдо бўлиши ва эволюцияси.

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

3-Амалий машғулот. Экперимент ва кузатишларга мўлжалланган ускуналар. Тезлатгичлар. Телескоплар.

Ядро реакцияларини экпериментда кузатишлар ва ушбу масалага мўлжалланган ускуналар, тезлатгичлар. Катта адрон коллайдери (ЦЕРН) ва бошқа илмий марказларда мавжуд бўлган тезлатгичлар ва ускуналар. Телескоплар, Хаббл ва Чандра телескопи. Майданак телескопи ва унинг ёрдамида ечиладиган вазифалар.

4-Амалий машғулот. Галактикалар ва уларнинг эволюцияси.

Галактикалар массаларини ва ўртача зичликларини баҳолаш бўйича масалаларни ечиш.

5-Амалий машғулот. Астрофизикадаги компакт объектлар.

Қоронғи материя ва қоронғи энергия. 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.

V. 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 қўшимча 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-Рассел диаграммаси ёрдамида аниқлаш”

Герцшпрунг-Рассел диаграммаси юлдузлар ёрқинлиги ёки температурасининг унинг массасига боғланишини 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 кечии самарадорлиги унинг массасига қандай боғлиқ?

Мини-кейс 3

«Нега коинотнинг дастлабки даврларида у ёруғ бўлган, ҳозирда эса биз қоронги 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 миникайсларни 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).

VI. 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 ёпиқ, очиқ ва ясси 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.

VII. ГЛОССАРИЙ

Термин	Ўзбек тилидаги шарҳи	Инглиз тилидаги шарҳи
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 –	A quark is an elementary particle and a fundamental constituent of matter. Quarks combine to form

	кваркларнинг боғланган тизимидан иборат деб қаралувчи модели.	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 <u>Bose–Einstein statistics</u> . Bosons make up one of the two classes of <u>particles</u> , the other being <u>fermions</u> . The name boson was coined by <u>Paul Dirac</u> ^[4] to commemorate the contribution of the <u>Indian</u> physicist <u>Satyendra Nath Bose</u> ^{[5][6]} in developing, with Einstein, <u>Bose–Einstein statistics</u> —which theorizes the characteristics of elementary particles. Bosons are integer spin particles.
Буюк бирлашув	кучли, кучсиз ва электромагнит ўзаро таъсирларнинг ягона табиатига эга эканлиги ҳақидаги тасаввурга асосланган фундаментал физикавий ҳодисаларнинг назарий модели	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— <u>gravitational</u> , <u>electromagnetic</u> , <u>strong nuclear</u> , and <u>weak nuclear</u> . Each one is understood as the dynamics of a <i>field</i> . The gravitational force is modelled as a continuous <u>classical field</u> . The other three are each modelled as discrete <u>quantum fields</u> , and exhibit a measurable unit or <u>elementary particle</u> .
Вайнберг-Салам	электромагнит ва	Electromagnetic and weak

<p>назарияси</p>	<p>кучсиз ўзаро таъсирларнинг бирлашган назарияси.</p>	<p>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>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>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</p>

		in the study of extrasolar, and especially extra-galactic astronomy.
Глюон	бирга тенг спинли ва нолга тенг тинчлик массали хамда кварклар орасидаги кучли ўзаро таъсирни ташувчи электрик нейтрал зарра.	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 "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.
Ёруғлик йили	астрономияда қўлланиладиган узунлик бирлиги; ёруғлик бир йилда босиб ўтадиган масофага тенг. (1 Ё.й. = 9,4605 · 10 ¹⁵ м)	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.
Кучсиз ўзаро таъсир	бир неча аттометрдан (10 ⁻¹⁸ м) кичик масофаларда элементар зарралар орасидаги ўзаро таъсир; бундай ўзаро таъсир хусусан атом ядроларининг бетта емирилишига олиб келади.	In particle physics , the weak interaction is the mechanism responsible for the weak force or weak nuclear force , one of the four known fundamental interactions of nature, alongside the strong interaction , electromagnetism , and gravitation . The weak interaction is responsible for the radioactive decay of subatomic particles , and

		it plays an essential role in nuclear fission . The theory of the weak interaction is sometimes called quantum flavordynamics (QFD) , in analogy with the terms QCD and QED , but the term is rarely used because the weak force is best understood in terms of electro-weak theory (EWT).
Квазар	узоқлашган галлактанинг фаол ўзагидан ибора тўлган қудратли космик электромагнит нурланиш манбаи.	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."
Кварклар	ҳозирга тасаввурга кўра барча адронларнинг таркибий қисмларини ташкил қилувчи фундаментал заррачалар.	A quark (/'kwɔːrk/ or /'kwaːrk/) 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.
Коинот	моддий дунёнинг кузатиш мумкин	part of the material world that can be observed. The Universe is all

	<p>бўлган қисми.</p>	<p>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 billion parsecs (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>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>Космик радионурланиш</p>	<p>космик обектларнинг радиотўлқинлар соҳасида электромагнит нурланиши.</p>	<p>Space objects in the field of radio electromagnetic radiation. Radio waves are a type of electromagnetic radiation with wavelengths in the electromagnetic spectrum longer than infrared light. Radio waves have frequencies from 3 THz to as low as 3 kHz, and corresponding wavelengths ranging from 100 micrometers (0.0039 in) to 100</p>

		<p>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 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</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</p>

	<p>тамойилларга келтиришга қаратилган материянинг ягона назарияси.</p>	<p>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 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.</p>

		<p>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>енгилрок ядролардан оғиррок 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 helium by stellar nucleosynthesis, a process that continues today.</p>
<p>Оқ миттилар</p>	<p>массалари Қуёш массаси таркибида бўлган ва радиуслари Қуёш радиусининг $\sim 0,01$ ҳиссасини 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</p>

		dwarfs among the hundred star systems nearest the Sun. ^l 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.
Парсек	астрономияда ишлатиладиган узунлик бирлиги; $1\text{пк}=3,0857 \cdot 10^{16}\text{м}$.	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-years) from the Sun. Most of the stars visible to the unaided eye in the nighttime sky are within 500 parsecs of the Sun.
Позитрон	катталиги жиҳатдан электрон зарядига тенг мусбат зарядли, массаси электрон массасига тенг бўлган элементар зарра, электронга нисбатан антизарра.	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 $1/2$, 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 ray photons (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.
Фермион	ярим бутун спинга	In particle physics , a fermion (a

	эга бўлган заррача.	<p>name coined by Paul Dirac from the surname of Enrico Fermi) is any particle characterized by Fermi–Dirac statistics. These particles obey the Pauli exclusion principle. Fermions include all quarks and leptons, as well as any composite particle made of an odd number of these, such as all baryons and many atoms and nuclei. Fermions differ from bosons, which obey Bose–Einstein statistics. A fermion can be an elementary particle, such as the electron, or it can be a composite particle, such as the proton. According to the spin-statistics theorem in any reasonable relativistic quantum field theory, particles with integer spin are bosons, while particles with half-integer spin are fermions.</p>
<p>Хаббл доимийси</p>	<p>кўринувчи Коинотнинг космологик кенгайиши туфайли галлактикадан ташқари обектларнинг узоқлашиши 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</p>

		these two competing values.
Юлдуз туркумлари	бирдай ёшдаги ва биргаликда вужудга келган гравтацион боғланган юлдузлар гуруҳлари.	<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 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>
Юлдузлар	гравитация кучларининг иссиқ модда (газ) нинг босими ҳамда нурланишлар билан мувозанати хисобига барқарор бўлган улкан нурланувчи плазмавий шарлар.	<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 style="text-align: center;">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 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>
<p style="text-align: center;">Қора туйнук</p>	<p>гравитация кучлари жисми 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>

VIII. АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ:

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. Сивухин Д.В, Курс общей физики, учебное пособие для вузов, т. 5 – Атомная и ядерная физика, 3-е издание, ФИЗМАТИЗ, 2011.
5. L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.
6. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
7. Povh, K.Rith, C.Scholz, F. Zetsche, Particles and nuclei. An introduction to the physical concepts. Springer, 2006.
8. Фильченков М.Л., Гравитация, астрофизика, космология: дополнительные главы, «ЛИБРОКОМ», 2010.
9. 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/)