

С. НУРИТДИНОВ

СОМОН ЙЎЛИ
(Физикаси)

ТОШКЕНТ
УЗБЕКИСТОН ССР «ФАН» НАШРЎИ
1989

Рисолада бизнинг Қоинотдаги юлдузли уйимиз — Сомон Йўли-
нинг вужудга келиши, физикаси ва тараққиёти ҳамда унинг юлдуз-
лари оламига тегишли физик қонуниятлар ҳақида фикр юритилади.
Шунингдек, муаллиф Сизни кейинги ўн йиллар ичида астрофизика
фани соҳасида қўлга киритилган муҳим ютуқлар, янги кашфиётлар,
жумбоқли бўлиб келган ҳодисалар сирини билан таништиради.
Рисола кенг китобхонлар оммасига мўлжалланган.

Масъул муҳаррир
физика-математика фанлари номзоди Ш. А. ЭГАМБЕРДИЕВ

Тақризчилар:
физика-математика фанлари номзодлари М. М. ЗОҚИРОВ,
М. М. МАМАДАЗИМОВ

Н $\frac{160501000-4285}{МЗҒ5(14)-89}$ 245—89

© Ўзбекистон ССР «Фан»
нашриёти, 1989 й.

ISBN 5—648—00320—X

КИРИШ

Сомон Йўлини Ойсиз, очиқ тунли осмонда бир қарашда осонгина топиб олиб, узоқ давр кўзингизни уза олмай маҳлиё бўлиб кузатган бўлсангиз керак. Унинг юлдузлари турли меъёردа нисбатан жуда зич жойлашиб самода деярли айланадек ёруғ «кумушсимон тасма» ҳосил қилганлигининг гувоҳи бўлгандирсиз.

Бунчалик тинч, сокин бўлиб кўринадиган Сомон Йўли, аслида нотинч бўлиб, унда тинимсиз ва жўшқин даражада кечаётган физик жараёнлар, жумладан жуда қисқа вақт (секундлар ва минутлар) ичида тўсатдан рўй берадиган чақнашлар, коллапсга учраш ҳолатлари, портлашлар содир бўлади. Бу турли хил ҳодисалар телескоп орқали кузатув олиб бораётган кишини ҳайратга солади, албатта. Бизнинг асримиздагина маълум бўлдики, Сомон Йўли — Коинотнинг кичик бир ороли, «заррачаси» бўлиб, биз яшаётган «юлдузли» уйимиздир. Аниқроғи, у Галактикамизнинг юлдузлари ва газ-чанг моддаларининг энг зич жойлашган ва асосий массасини ўз ичига олган қисмидир. Шундай экан, керак бўлса Сомон Йўли — Галактикамизни ўзбек тилидаги номи деб ҳам қараш мумкин. Лекин энг муҳими шундаки, Сомон Йўли астрофизикларнинг улкан лабораторияси бўлиб, биз унинг ичида доимо яшаб қатор кашфиётларни қўлга киритмоқдамиз. Бу лаборатория «чақалоқ юлдузлар», турли қайноқ гигант ва ўта гигант юлдузлар, рентген манбалари — барстерлар, умри охирига етган ёки сўнган юлдузлар, ички зичлиги ўта зич бўлган пульсарлар, қора ўралар ҳамда ҳали юлдузлар туғилиши бошланмаган газ-чангли ёки молекуляр ҳолатдаги массив булутлар ва бошқа қатор объектларни ўз ичига олган.

Хўш, Сомон Йўлининг ўзи қандай вужудга келган? Нима учун унинг таркиби бундай мураккаб? Ички тузилиши, гравитацион ва магнит майдонлари, умуман олганда физикаси ва динамик эволюцияси қандай? Ри-солада мазкур саволларга етарлича жавоб берилган ва

Сомон Йўли физикасининг замонавий масалалари ёритилган. Бу китобча фақат илмий-оммабоп адабиётгина бўлиб қолмай, маълум даражада, илмий-методик характерга ҳам эга. У муаллифнинг қатор йиллар давомида В. И. Ленин номидаги Тошкент Давлат университети физика факультетининг астроном студентларига махсус астрофизик, умумий юлдуз астрономияси курслари бўйича ўқиб келаётган материалларига ва ўз илмий йўналишларида қўлга киритган баъзи илмий натижаларига ҳам асосланган. Шунинг учун ҳам рисола кенг оммага, астрофизика муаммолари ва Қоинот сирларига қизиққан ўқувчиларга, студентларга ҳамда илмий мутахассисларга мўлжалланган.

СОМОН ЙЎЛИНИНГ ТУЗИЛИШИ, ТАРҚИБИ ВА МОДЕЛИ

Сомон Йўлининг физикаси ва таркиби ҳақида батафсил гапиришдан аввал, қисқача бўлса ҳам, унинг ташқи тузилиши ва самода олган ўрни ҳақида айтиб ўтиш зарур. Бунинг сабаби унинг чиройли ва ҳаддан ташқари улкан эканлиги ҳамда кўринаётган бу ажойиб «ҳодисани» тадқиқот этиш нақадар муҳимлиги билан боғлиқ. Сомон Йўлини, айниқса, телескопда кузатиш жуда қизиқ ва мароқлидир. Бу ёруғ йўл самода деярли катта айлана бўйлаб жойлашиб, йигирмадан ортиқ юлдуз туркумларидан ўтган. У шимолий ярим шарда Орион, Жавзо, Савр, Аравакаш, Персей, Курси, Оққуш, Бургут юлдуз туркумларидан, жанубий ярим шарда эса Қалқон, Илонэлтувчи, Қавс, Ақраб туркумлари бўйлаб давом этади ва сўнгра Ўзбекистондан умуман кўринмайдиган жанубдаги Қурбонгоҳ, Циркуль, Центавр, Жанубий Бут, Пашша каби юлдуз туркумларидан ўтади. Шимолий ярим шарга Елканлар, Катта Ит, Яккашоҳ юлдуз туркумлари орқали қайта ўтади ва Орион ҳамда Жавзо туркумларига уланиб, тўла «ҳалқа» ҳосил қилади. Бу «кумушсомон ҳалқа»нинг равшанлиги ҳамма жойда бир хил эмас. Шимолий ярим шардаги энг ёруғ қисми Оққуш юлдуз туркумига тўғри келса, энг хира қисми Аравакаш юлдуз туркуми атрофида жойлашади. Сомон Йўлида юлдузлардан ташқари қатор газ ва чаңг булутлари бор. Шу туфайли унинг қалинлиги баъзи жойда 30 ёй градусгача кенгайган, баъзи қисмлари эса 4 ёй градусгача торайган.

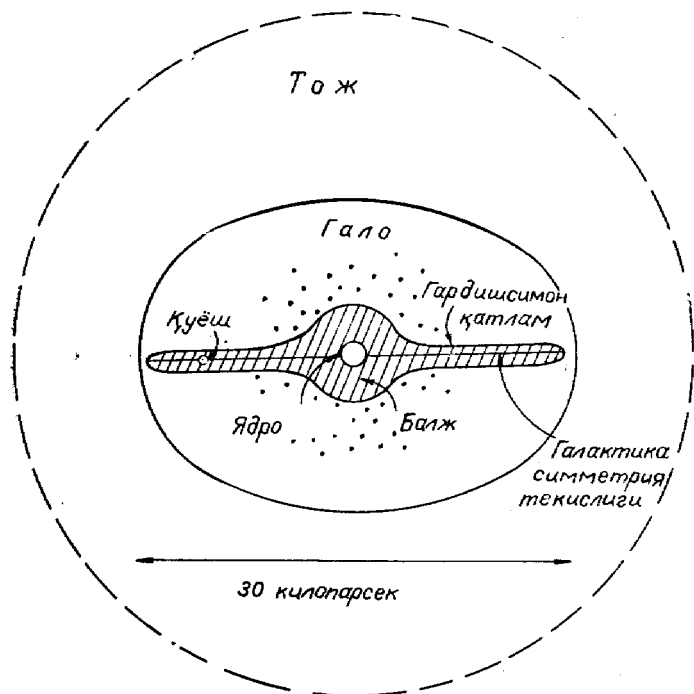
Энг муҳими, Сомон Йўли юлдузлари умумий ўзаро тортиш кучи билан боғланган улкан гравитацион системани ҳосил қилади. Бу система фанда Галактика номи билан юритилиб, Сомон Йўли унинг асосий массасини ташкил этади ва юлдузларнинг энг зич ҳамда турли-туман физик жараёнларга бой қисми ҳисобланади. Шунинг учун рисолада иложи борица бутунлай Галактикамиз ҳолати, таркиби ва физикасига тегишли ютуқ ва маълумотларни бериб боришга ҳаракат қилинади.

Қуёшимиз юқорида тасвирланган «кумушсимон ҳалқанинг» ички қисмида бўлганлиги Сомон Йўли бизнинг юлдузли уйимиз эканидан далолат беради. Бу уйнинг ўзига яраша аниқ ўлчамлари, ички «этажлари» ва «ён қўшнилари» бор. Сомон Йўлининг маркази — Қавс юлдуз туркумида жойлашиб, у ердан Галактикамиз ядроси ўрин олган. Ядро қисмининг физик ҳолати тўғрисида кейинроқ тўхтаб ўтамиз. Ҳозир шуни айтиб ўтишимиз зарур-ки, Сомон Йўли Галактика ядроси атрофида дифференциал айланиш хусусиятига эга. Айланиш ўқи Сомон Йўли текислигига перпендикуляр бўлиб, унинг шимолий қутби Вероника сочлари юлдуз туркумида, жанубий қутби эса Ҳайкалтарош юлдуз туркумида жойлашган.

Сомон Йўли ўлчамлари ва унинг юлдузларигача бўлган масофаларни парсек (пк) ва ёруғлик йили (ё. й.) деб аталувчи бирликлар билан ифодалаш қабул қилинган. Ернинг Қуёш атрофидаги орбитаси радиусини бир секундли бурчак остида кўриш мумкин бўлган фазодаги нуқтанинг биздан узоқлиги 1 пк дейилади. Ёруғлик нурунинг бир йилда босиб ўтган йўли эса 1 ё. й. ҳисобланиб, $1 \text{ ё. й.} = 0,307 \text{ пк} = 9,46 \times 10^{12} \text{ км}$. Галактика ядросидан Қуёшгача бўлган масофа 30 минг ё. й. га тенг. Қуёш системаси Сомон Йўли маркази атрофида 250 км / сек тезлик билан ҳаракат қилиб, 220 миллион йил ичида бир марта тўла айланиб чиқади. Сомон Йўлининг ўз диаметри бўйича узунлиги деярли 100 минг ё. й. ни ташкил қилади.

Сомон Йўли бўйлаб шундай марказий текислик ўтказиш мумкин-ки, унга икки томонлама яқинлашганимиз сари юлдузлар сони узлуксиз равишда ошиб бориб, шу текисликда эса у максимал қийматга эришади. Бу текислик Галактиканинг экваториал текислиги (ёки симметрия текислиги) деб аталиб, унинг ёрдамида Сомон Йўлининг фазода қандай жойлашгани ва тўзилиши тадқиқ қилинади. Кузатувларга кўра, Ернинг Қуёш атрофидаги орбита текислиги билан Сомон Йўли текислиги орасидаги бурчак 39° га тенг. Қуёш системаси Галактиканинг экваториал текислигидан атиги 70 ёруғлик йилига тенг масофада ётади. Бу масофа Галактикамизнинг ўртача қалинлигидан тахминан 150 марта кичик. Демак, бизнинг сайёралар системамиз Сомон Йўли симметрия текислигига жуда ҳам яқин жойлашган. Сомон Йўли моделини янада яққолроқ кўз олдимишга келтириш учун Галактикамиз шаклини билиш зарур (1-расм). Замонавий маълумотларга кўра, Галактиканинг оптик диапа-

зонда кўринадиган қисми, унга ён томондан қаралганда, чўзинчоқ, юпқа линза шаклига эга. Унинг диаметри бўйича жойлашган асосий масса Сомон Йўлини ташкил қилади. Юлдузларнинг максимал фазовий зичлиги Сомон Йўли марказига ва сўнгра симметрия текислигига тўғри келади. Тахминан 120 миллиард юлдуздан



1-расм. Галактикамиз модели (ён қиррасидан қаралгандаги ҳол). Сомон Йўли ўлчами 30 кпк, қалинлиги диаметрдан ўрта ҳисобда 12 марта кичик. Нуқталар тарзида баъзи шарсимон тўдалар кўрсатилган. Гардишсимон қатламнинг йўғонлашган жойи балж дейилади. Расмдаги ўлчамлар тахминий: тожнинг ўлчами аслида Сомон Йўли диаметрдан ўн марта катта.

иборат бундай улкан системанинг ичида бизнинг яшшимиз, бир томондан, унинг ташқи шакли ва ички тuzилишини ўрганишда маълум даражада халақит берса, иккинчи томондан, унинг ҳамма қисмлари бизга нисбатан яқин бўлганлиги сабабли аниқ астрофизик тадқиқотларга анча қулайлик туғдиради.

Сомон Йўли таркибига келсак, у яқка юлдузлардан

ташқари каррали юлдузлар, юлдуз ассоциациялари, юлдуз тўдалари ва юлдузлараро муҳит моддасидан иборат. Галактикамиз объектлари классификациясини биринчи бўлиб машҳур америкалик астроном В. Бааде ишлаб чиққан. Унга кўра, юлдузлар Галактикада икки тур юлдуз тўпламини ташкил қилади. I тур юлдуз тўпламига энг ёш, қайноқ юлдузлар, ўта гигант, узун даврли цефеида, янги ва ўта янги юлдузлар, газ-чанг моддаси ҳамда юлдузларнинг тарқоқсимон тўдалари киради. Бу тўплам объектлари фақат Сомон Йўлида, унинг симметрия текислиги атрофида жойлашиб, Галактиканинг ядро қисмида кузатилмайди. Уларни текислик ташкил этувчи қисм объектлари ҳам дейилади. I тур тўпламидаги юлдузларни Сомон Йўли текислигидаги тақсимотига диққат билан назар ташласак, улар спиралсимон тармоқлар чизиб жойлашганини кўрамиз. Шу сабабли бизнинг Галактика спирал галактикалар синфига киради. У ички тузилиши ва кўпдан-кўп физик хусусиятларига кўра бизга энг яқин бўлган, қўшли спирал галактика ҳисобланувчи Андромеда туманлигига жуда ўхшаш.

II тур юлдуз тўпламига субкарлик, қизил гигант, қисқа даврли цефеида юлдузлари ҳамда юлдузларнинг шарсимон тўдалари киради. Улар Галактиканинг ядросида ва Сомон Йўлини ўраб турган сфера ташкил этувчи қисмида жойлашган. Кузатувларга кўра, II тур тўпламидаги юлдузларнинг Галактика симметрия текислигига нисбатан тезликлар дисперсияси қиймати I тур тўпламдаги юлдузларникидан анча катта. Бунинг сабаби I турдаги объектлар доимо Сомон Йўли ичида ҳаракат қилишлари билан боғлиқдир. Шунини алоҳида айтиб ўтиш зарурки, II тур объектлари бор ерда I тур тўламидан бирорта объект кузатилмайди ва, аксинча, II тур объектлари текислик ташкил этувчи қисмда кўринмайди. Бу факт Галактикамизнинг вужудга келиши ва эволюцияси билан бевосита боғлиқ, албатта. Замонавий назарияларга кўра, Галактикамиз энг бошида сферик шаклдаги газсимон булутнинг гравитацион сиқилиши натижасида пайдо бўлиб, аввал сфера ташкил этувчи қисм объектлари ва кейинчалик текислик ташкил этувчи қисм юлдузлари вужудга келган. Бу масалани батафсил ёритишдан аввал қатор кузатув маълумотлари, ёрдамчи тушунчалар ва юлдузларнинг туғилиш жараёни билан таништириб ўтамыз.

Маълумки, Галактикамиз массасининг 97 проценти-ни юлдузлар ташкил этади. Юлдузларнинг асосий ас-

трофизик характеристикалари—ёрқинлиги, спектри, ранги — уларнинг ёши, массаси, кимёвий таркиби билан чамбарчас боғлиқдир. Юлдузни кўринма юлдуз катталиги m масофа эффекти туфайли унинг физикавий параметри бўла олмайди. Шунинг учун абсолют юлдуз катталиги тушунчаси киритилиб, у юлдузларни 10 пк масофага келтириб олингандаги кўринма юлдуз катталигига айтилади. Юлдузнинг абсолют катталигини M ҳарфи билан белгиласак, унда у қаралаётган юлдузгача бўлган r масофа орқали қуйидагича ифодаланади:

$$M = m^* + 5 - 5 \lg r - A(r). \quad (1)$$

Бу ерда $A(r)$ — юлдузлараро муҳитда нурнинг ютилиш функциясидир (унинг хусусиятлари ва амалда қандай топилишини кейинги пунктда келтирамиз). Юлдузнинг абсолют катталиги M ундан фазога тарқалаётган нурланиш энергиясидан, яъни юлдузнинг физик параметри ҳисобланувчи ёрқинлик миқдоридан далolat беради. Юлдуздан бирлик вақт ичида нурланиш тарзида чиқаётган ёруғлик энергияси унинг ёрқинлиги дейилади. Ёрқинлик L ва абсолют катталиқ M ларни қийматлари юлдуз кузатувчидан қандай узоқда эканлигига умуман боғлиқ эмас. Қуёш учун $M_{\odot} = 4^m, 8$, $L_{\odot} = 4 \cdot 10^{26}$ Дж/сек. Бу сонларни кўз олдимишга келтира олиш учун шунини айтиш kifояки, инсоният томонидан ишлаб чиқилган энергия турларининг ҳаммасини миқдор йиғиндиси Қуёшни 1 секунддаги нурланиш энергиясидан тахминан минг марта кичикдир. Қуёшнинг бу нурланишини фақат икки миллиарддан бир қисмигина Ер сиртига тушади. Ихтиёрий юлдуз абсолют катталиги M ва ёрқинлиги L орасида қуйидаги муносабат мавжуд:

$$\lg \frac{L}{L_{\odot}} = 0,4 (M_{\odot} - M). \quad (2)$$

Юлдузлар равшанлиги ва ёрқинлигидан ташқари бир-бирдан ранглари бўйича ҳам яққол фарқланади. Бу хусусият, асосан, уларнинг температураси, ички тузилиши ва таркиби билан боғлиқ. Масалан, лабораторияда қизитилаётган жисмнинг ранги унинг температурасига бевосита боғлиқ эканини яхши биламиз. Юлдузларнинг ранги бўйича фарқлари уларнинг спектрларини таққослаганда осонгина намоён бўлади. Тадқиқотларга кўра, юлдуз спектрини унинг «паспорти» деб ҳам ҳисоблаш мумкин. Юлдуз спектрлари турли хил бўлишига қарамай, уларни маълум спектрал синфларга

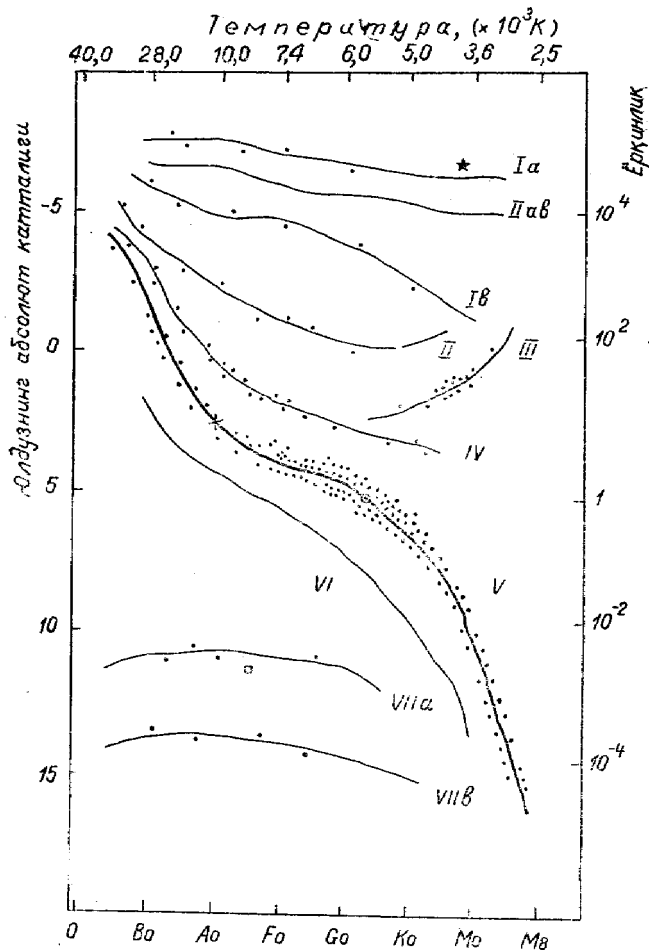
ажратиш мумкин. Бу синфларга ажратишда асосий принцип сифатида аниқ спектрал чизиқлар интенсивликлари нисбати олинади. Бу принцип биринчи марта Американинг Гарвард обсерваториясида қўлланилган бўлиб, у бир ўлчов классификация, аниқроғи температура бўйича синфларга ажратиш маъносига эга. Ҳозирги замон спектрал классификацияларнинг икки ва уч ўлчовли хиллари мавжуд бўлиб, уларнинг асосидан Гарвард классификацияси албатта ўрин олган. Юлдуз спектрининг таҳлили бизга унинг атмосферасидаги температура, газ босими, кимёвий таркиби, металлларнинг нисбий миқдори тўғрисида қатор маълумотлар беради.

Астрофизикада юлдузларнинг спектрал синфлари латин алфавити ҳарфлари билан белгиланади. *O* ва *B* синфларига зангори рангли юлдузлар, *A* — *F* синфларига — оқ, *G* синфига сариқ, *K* — синфига зарғалдоқ. *M* синфига қизил рангли юлдузлар киради. Бу кетма-кетлик бўйича юлдузлар сиртидаги температура $40\,000^\circ\text{K}$ (*O* синфи) дан то 2500°K (*M* синфи) гача аста пасайиб боради, спектрларида эса ионлашган элементлар чизиқлари хиралашиб, улар ўрнини нейтрал элементлар чизиқлари эгаллайди. Келтирилган синфларнинг ҳар бири ўз навбатида ўнта кичик синфларга бўлинади, масалан, *BO*, *VI*, ...*B9*.

Юқорида айтилганидек, юлдузларнинг спектрлари (ёки спектрал синфлари) ва ёрқинликлари орасида маълум статистик боғланиш мавжуд. Бу хулоса давиялик астроном Э. Герцшпрунг ва америкалик астроном Г. Рессел томонидан аниқланган. 2-расмда берилган муносабат Герцшпрунг — Рессел диаграммаси дейилади (қисқача *H—R* диаграмма). Ҳозирги замон кузатув маълумотларига кўра ушбу диаграммада ёрқинлик бўйича қуйидаги кетма-кетлик ёки группаларни ажратиш мумкин: I а — ёруғ ўтагигантлар, I ав — ўрта равшанликдаги ўтагигантлар, I в — хира ўтагигантлар, II — ёруғ гигантлар, III — хира гигантлар, IV — субгигантлар, V — бош кетма-кетлик, VI — субкарликлар, VII а — ёруғ оқ миттилар, VII в — хира оқ миттилар. Статистик нуқтаи назардан юлдузларнинг энг кўпчилиги (шу жумладан Қуёш ҳам) бош кетма-кетликдан ўрин олган. Урта ҳисобда бир дона ўтагигантга мингга яқин гигантлар ёки бош кетма-кетликнинг миллион юлдузлари тўғри келади.

Галактикамизнинг текислик ташкил этувчи ва сфера ташкил этувчи қисмлари учун чизилган *H—R* диаграммалари бир-биридан кескин фарқ қилади. Бу эса, албат-

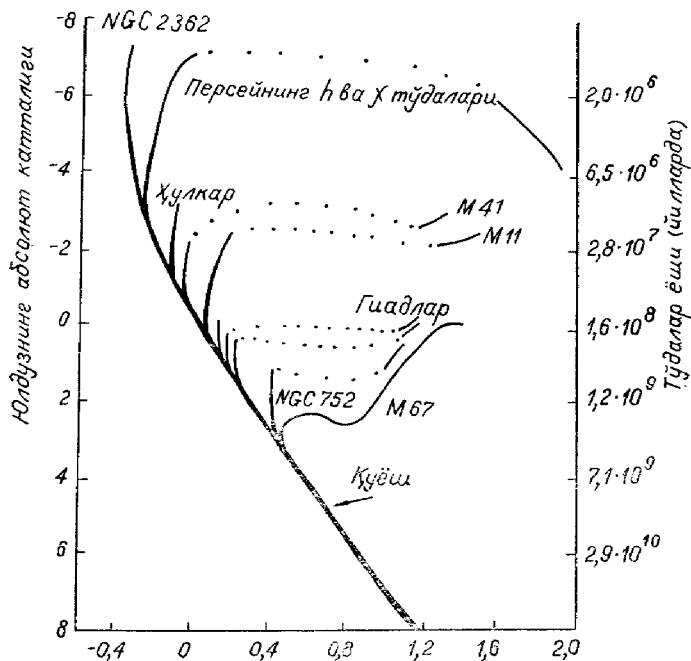
та. улардаги юлдузларнинг ёши ва шу кундаги тараққиёт босқичлари умуман кескин фарқли эканини кўрсатади. Худди шундай фарқни юлдуз тўдалари мисолида ҳам кўриш мумкин. Энг ёш юлдуз тўдалари деб юлдуз ассоциацияларини атаса бўлади. Улар маълум турдаги



2-расм. Герцшпрунг-Ресселнинг спектр-ёрқинлик диаграммаси. Бош кетма-кетлик (V) юлдузларга энг бойдир. Тўрта юлдуз ўрни қуйидагича кўрсатилган: ⊙ — Қуёш, x — Вега, □ — Сириус В, * — ўта гигант юлдуз Антарес.

ёки спектрал синфдаги юлдузларнинг тахминан бир даврда пайдо бўлган группаларидир. Астрофизик куза-

тув маълумотларига кўра Сомон Йўлида ОВ ҳамда Т — ассоциациялари мавжуд. Уларни совет астрономи, академик В. А. Амбарцумян кашф қилган. ОВ — ассоциациялари О ва В0, В1, В2 спектрал синфларидаги, асосан, зангори, қисман, бинафша рангдаги гигант ҳамда ўтагигант ёш юлдузлардан ташкил топган. ОВ — ассоциацияларида юлдузлар сони бир неча юзгача бўлиб, ўлчамлари 30 пк дан 200 пк гача етади. Т — ассоциациялари эса, асосан, Савр туркумининг Т юлдузига ўхшаш



3-расм. Тарқоқсимон тўдалар учун ранг кўрсаткич — ёрқинлик диаграммаси. Ранг кўрсаткич қиймати юлдуз спектрига боғлиқ. Тўданинг бош кетма-кетликдан ажралиб чиқиб бурилган нуқтаси ушбу тўда ёшини кўрсатади (ўнг томонда ёшлари қиймати берилган).

ўзгарувчан равшанликка эга бўлган юлдузлардан, қисман, митти ҳамда субгигантлардан ташкил топиб, бу ассоциациялар доимо чанглardan иборат қора булутлар билан чамбарчас боғлиқдир. Улар ўлчами бўйича ОВ — ассоциацияларникидан, эҳтимол унча фарқ қилмаса керак. Т — ассоциацияларда юлдузлар сони 4 тадан то бир неча юзгача бўлиши мумкин.

Ниҳоят, Сомон Йўлининг асосий объектларидан яна

бири — юлдузларнинг тарқоқсимон тўдалари алоҳида диққатга сазовор. Тарқоқсимон тўдалар бир неча ўндан бир неча минггача юлдуздан иборат бўлиб, ўлчамлари 1,5 пк дан 20 пк гача етади. Бу тўдалар массасини ўртача ҳисобда тахминан 90 % ини Г—Р диаграммасидаги бош кетма-кетликда жойлашган юлдузлар ташкил қилиб, қолган қисми, асосан, гигантларга тўғри келади. 3-расмда яхши ўрганилган баъзи тарқоқсимон тўдалар учун Г—Р диаграмма келтирилган. Бунда Д. Дрейернинг «Янги умумий каталоги (NGC)» бўйича айрим тўдаларнинг номерлари қўйиб чиқилган. Сомон Йўлининг ёруғ булутлари ва юлдуз тўдалари француз астрономи Ш. Мессье каталогида ҳам бўлиб, бу ҳолда объектнинг шу каталогдаги номери олдига «М» қўйилади (масалан, Плеядалар номли тарқоқсимон тўда М 45 ёки NGC 1434 билан белгиланади). Тарқоқсимон тўдалар кўпчилигининг ёши атиги бир неча миллион йилга тенгдир. Таққослаш мақсадида Галактикамизнинг сфера ташкил этувчи қисмидаги юлдузларнинг шарсимон тўдаларини олсак, улар Г—Р диаграммасида бош кетма-кетликнинг фақат қуйи спектрал синфларга мос юлдузлари бўлиб, «совуқ» гигантлар энг равшан юлдузлар ҳисобланади. Уртача шарсимон тўда ўлчами ўртача тарқоқсимон тўданикидан камида ўн марта каттадир. Шарсимон тўдаларнинг юлдузлари сони 50 мингдан то бир неча миллион юлдузгача бўла олади. Бу тўдалар ёши 8—10 миллиард йилга тенг бўлгани сабабли, уларни Галактикамизнинг энг қари объектлари деб атаймиз.

Тарқоқсимон тўдалар Сомон Йўлининг спирал шохобчалари бўйлаб жойлашиб, баъзида улар юлдуз ассоциациялари марказий қисмида кўринади. Балки, юлдуз ассоциациялари бор областлар тарқоқсимон тўдаларнинг ҳақиқатда ҳам вужудга келиш жойларидир. Кузатув маълумотларидан шуни ҳам айтиб ўтиш керакки, тарқоқсимон тўдаларнинг ўзи алоҳида группаларни ташкил қилиши мумкин. Бундай группа кўпинча газ-чанг булутлари билан гравитацион боғлиқликда бўлган бир бутун комплекс сифатида учрайди. Тарқоқсимон тўдалар ичида энг машҳур ва яхши ўрганилганлари Ясли, Хулкар, Гидалар, Персейнинг χ ва h тўдалари ҳисобланади.

Кузатув маълумотлари ва уларнинг тадқиқоти

Юқорида Сомон Йўлининг умумий тузилиши ва таркибини тасаввур этиб, тушуниш учун керак бўлган ама-

лий астрофизиканинг маълумотлари келтирилди, холос! Аслида кузатув маълумотлари ва параметрлари етарли даражада кўп ҳамда турличадир. Масалан, баъзи ҳолларда юлдузларни спектрал синфлари ўрнига «ранг кўрсаткич» тушунчасини қўллаш анча қулайлик яратди. Бунда электромагнит нурланиш спектрининг аниқ бир диапазонига сезгир фотопластинкалар ёки махсус нур филтрлари ишлатилади. Агар кўк ва бинафша нурларга сезгир бўлган оддий фотографик пластинкага олинган суратдаги юлдузнинг катталигини m_{ϕ} деб, сариқ нурга жуда сезгир бўлган бошқа фотопластинка орқали аниқланган ушбу юлдузнинг катталигини эса $m_{\phi c}$ деб олсак, унда

$$CI = m_{\phi} - m_{\phi c} \quad (3)$$

юлдузнинг «ранг кўрсаткичи» бўлади. Бу формулага кўра, қизил рангдаги юлдузларнинг ранг кўрсаткичлари қиймати мусбат ишорага, ҳаво ранг юлдузларнинг ранг кўрсаткичлари эса манфий ишорага эга, чунки юлдуз равшанлиги қанчалик хира бўлса m_{ϕ} шунчалик катта, $m_{\phi c}$ эса кичик бўлади.

Афсуски, бундай ягона ранг кўрсаткич ёрдамида физик хусусиятлари ўрганилаётган юлдуз, масалан, гигантми ёки миттими аниқ айтиб бўлмайди. Худди шундай, юлдузлараро муҳитда кескин ютилишга учраб келган қайноқ юлдуз нурлари билан ютилишга учрамай кузатилаётган совуқ юлдуз нурлари орасидаги фарқ унчалик сезилмайди. Бу ноаниқликни бартараф этиш учун астрофизикада «кўп рангли фотометрия» қўлланилади. Унинг энг соддаси уч рангли UBV — фотометрия ҳисобланиб, бу система ультрабинафша (U), кўк (B) ва сариқ (V) рангларга сезгир махсус нур филтрлари орқали кузатишга асосланган. Бундай филтрларнинг спектрал сезгирлиги тўлиқ узунликнинг $0,3$ мкм дан $0,7$ мкм* гача бўлган оралиқда жойлашган. UBV система астрофизикада жуда кенг қўлланилади, чунки унинг ранг кўрсаткичлари икки хил: ($B - V$) ва ($U - B$). Бу ранг кўрсаткичларнинг бирини иккинчисига боғлиқ функция деб қараб, уларни ординатга ва абсцисса ўқларига қўйиб чиқиб, чизилган графикка «икки рангли диаграмма» дейилади. Юлдузлар учун чизилган бундай диаграмма катта аҳамиятга эга. Унинг ёрдамида юлдузлараро муҳит таъсири, юлдузларнинг аниқ ёрқинлик синфи (гигант ёки

* $1 \text{ мкм (микрометр)} = 10^4 \text{ \AA} = 10^{-6} \text{ м}$

карлик эканлиги), уларнинг кимёвий таркиби каби массалар ҳал этилади. Агар юлдузлараро муҳитни юлдуз рангига умуман таъсир қилмаган ҳолда ранг кўрсаткичларни $(B - V)_0$ ва $(U - B)_0$ деб олсак, масалан, айирма

$$E_{B-V} = (B - V) - (B - V)_0 \quad (4)$$

$B - V$ системадаги «ранг орттирма» деб аталади. Унинг ёрдамида юлдузлараро муҳитни ифодаловчи, (1) формуладаги ютилиш функцияси A ни қаралаётган йўналишдаги

$$A_V = x E_{B-V} \quad (x = 3,0 \pm 0,2) \quad (5)$$

қиймати топилади. Бу ерда x қўлланилаётган фотометрик система доимийлиги бўлиб, у кўпинча $V - M_V$ ни E_{B-V} га боғлиқлик функциясининг қиялигини ҳисоблаш ёрдамида топилади. Тадқиқотларга кўра, юлдузларни газ-чанг булутлари ичида туғилиш жойлари учун x қиймати учдан катта бўлиши мумкин.

Шуни алоҳида айтиб ўтиш керакки, фотометрик системадаги филтрлар сони қанчалик кўп бўлса ва электромагнит нурланиш спектрининг турли қисмларини ўз ичига олса, бу система шунчалик аниқ ва кенг маълумотлар бера олади. Ҳозирги кунда вильнюслик астрофизик В. Л. Страйжиснинг ўз ўқувчилари билан биргаликда ишлаб чиқаётган кўп рангли фотометрияси келажакда катта истиқболга эгадир. Хусусан, улар ишлаб чиққан $UPXUZVTS$ фотометрик система эндиликда қўлланила бошлади.

Юлдузларнинг ёрқинлиги L , уларнинг фақат спектрига, ранг кўрсаткичларига боғлиқ бўлибгина қолмай, массаларига ҳам боғлиқдир. Юлдуз ўлчами ёки массаси қанчалик катта бўлса, у шунчалик равшан бўлиб, ўзидан кўпроқ энергия тарқатади. Демак, юлдузнинг ёрқинлиги L ва массаси m орасида тўғри пропорционаллик қонунияти бўлиши керак. Бу пропорционалликнинг даражасини ва аниқ эмпирик формулани келтириб чиқариш учун иложи борича кўпроқ кузатув материалларини таҳлил қилиш зарур.

Юлдузлар массаси, асосан, $0,1 m_{\odot}$ дан $100 m_{\odot}$ гача бўлган ораликда жойлашган. Назарий астрофизикадаги тадқиқотларга кўра, нормал, турғун юлдузнинг массаси энг кўпи билан $62 m_{\odot}$ гача бўлиши мумкин. Куйдан эса $0,08 m_{\odot}$ қиймат билан чегараланган, чун-

ки массаси $m < 0,08 m_{\odot}$ бўлган юлдузлар оптик ва қисқа тўлқин узунликдаги диапазонларда нурлана олиш учун керакли ички энергия манбаларига эга бўлмай, улар ҳолати сайёраларнинг ҳолатига яқин. Ҳақиқатда ҳам Қуёш системасининг энг катта массали сайёраси ҳисобланган Юпитернинг массаси тахминан $0,001 m_{\odot}$ га тенг. Массаси $0,08 m_{\odot}$ дан кичик, лекин Юпитер массасидан катта бўлган юлдузлар «жигарранг миттилар» деб аталади. Афсуски, бундай миттиларнинг физикасини кузатувчи астрофизиклар ҳалигача тадқиқот қилишгани йўқ. Қуёшга яқин фазодаги юлдузларнинг ўртача массаси $0,42 m_{\odot}$ га тенг, яъни Қуёш массасидан деярли икки марта кичик. Умуман олганда, юлдузларнинг массасини кузатув орқали топиш энг қийин муаммолардан бири ҳисобланади. Фақат қўшалоқ юлдузларнинг массасини ишонарли даражада аниқ топа оламиз, чунки бунда Кеплер учинчи қонунининг Ньютон томонидан топилган математик формуласини қўллаш имкониятига эгамиз. Натижада, ҳозир юздан ортиқ юлдузнинг массаси аниқ маълум.

Г—Р диаграммасидаги бош кетма-кетликнинг юлдузлари учун қуйидаги эмпирик муносабат топилган:

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{m}{m_{\odot}} \right)^{3,9} \quad (6)$$

Бу муносабатнинг аҳамияти катта. Бирор юлдузнинг ёрқинлиги кузатувдан маълум бўлса, (6) формула ёрдамида унинг массасини ҳисоблаб топамиз. Ёрқинлик билан юлдуз ўлчами — диаметри d орасида эса қуйидагича боғлиқлик борлиги кузатувлар ёрдамида аниқланган:

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{d}{d_{\odot}} \right)^{5,2} \quad (7)$$

Демак, (6) ва (7) формулаларни таққослаб, юлдузнинг массаси ва ўлчами орасидаги муносабатни келтириб чиқариш мумкин:

$$\frac{d}{d_{\odot}} = \left(\frac{m}{m_{\odot}} \right)^{0,75} \quad (8)$$

(6) — (8) формулаларга ўхшаш хилдаги, лекин улардан фарқли муносабатлар Г—Р диаграмманинг бошқа кетма-кетликлари учун ҳам топилган.

Хўш, массаси катта юлдузлар кўпми ёки митти юл-

дузларми? Юлдузлар сонининг массалари бўйича тақсимооти «массаларнинг бошланғич функцияси» дейилади. Кузатув маълумотларига кўра, бу функция

$$F(m) = c \cdot m^{-2,35} \quad (9)$$

(c — константа). Бу эмпирик формуладан кўриниб турибдики, массаси $m > 10m_{\odot}$ бўлган юлдузларнинг турилиши эҳтимоли анча кичик экан. Дарҳақиқат, статистикага кўра, массаси Қуёш массасига тенг юлдузлар сони массаси $10m_{\odot}$ бўлган юлдузлар сонидан тахминан 220 марта кўп бўлиб, $0,1m_{\odot}$ массага эга юлдузлар сонидан эса айнан 220 марта кичик экан. Массалар функцияси астрофизикада муҳим роль ўйнаши сабабли шу кунларда унга тегишли баъзи ҳал этилмаган муаммолар актив тарзда чуқур ўрганилмоқда.

Кузатув маълумотларини тўғри таҳлил қилиш учун Сомон Йўли системасини ва унинг юлдуз тўдаларини янада чуқур ўрганиш мақсадида қатор статистик функциялар киритилиб, уларнинг табиати берилган йўналиш ёки само области учун тадқиқот қилинади. Бу функцияларнинг энг асосийлари билан танишиб чиқайлик.

Ёрқинлик функцияси. Ёрқинликнинг яққол ифодаловчи параметр сифатида юлдузнинг абсолют катталиги M ни олайлик. Унда берилган юлдузлар системаси учун абсолют катталиги M га тенг бўлган юлдузлар сони $\varphi(M)$ ёрқинлик функциясини ташкил қилади. Бу функция маъносига кўра, ундан M бўйича $-\infty$ дан $+\infty$ гача олинган интеграл I га тенг бўлиши зарур.

Сомон Йўлининг ҳар бир нуқтаси учун ёрқинлик функцияси маълум бўлганида, Галактикамиз тузилиши ва эволюциясини жуда аниқ кўз олдимишга келтиришимиз мумкин эди. Лекин узоқ масофаларда фақат гигант ва ўтагигант юлдузларнигина кўришимиз мумкин. Шу сабабли, ҳозирча бу функция Қуёш яқинидаги фазо ва Сомон Йўлидаги баъзи юлдуз тўдалари учун маълум. Масалан, Қуёш атрофида радиуси 10 парсекга тенг сфера ичидаги юлдузлар учун $\varphi(M)$ функциясининг кўриниши носимметрик бўлиб, унинг максимум қиймати тахминан 15^m га тўғри келади. Албатта, $\varphi(M)$ функцияси Сомон Йўлининг турли жойларида, хусусан, унинг ядро қисмида турличадир.

Равшанлик функцияси. Бу функция $A(m^*)$ тарзида белгиланиб, у кўринма катталиги m^* га тенг юлдузлар

сонидан далолат беради. Агар $A(m^*) = dN/dm^*$ деб олсак, у ҳолда $N(m^*)$ равшанликнинг интеграл функцияси дейилади.

Равшанликнинг интеграл функцияси учун Зеелигер формуласи ўринли

$$\frac{N(m^* + x)}{N(m^*)} = 10^{0,6 x}. \quad (10)$$

Лекин ушбу формула махсус тахминлар ҳолидагина маънога эга. Аниқроғи, юлдузлараро муҳитда нурларнинг ютилиши жараёни ҳисобга олинмай, ёрқинлик функцияси $\varphi(M)$ олинган фазонинг ҳамма қисмларида бир хил бўлиши шарт. Аммо бу шартлар камдан-кам ҳолда қабул қилинади ва (10) формула ёрдамида асл шароит бу шартлар бор бўлган моделдан қанчалик фарқи экани аниқланади.

Ёрқинлик ва равшанлик функциялари алоҳида бир спектрал синфдаги юлдузлар ёки ягона юлдуз катталигига эга юлдузларнинг группаси учун ҳам ўрганилиши мумкин. У ҳолларда бу функцияларнинг, масалан, қуйидагича турлари кўрилади: $\varphi_G(M)$ — G спектрал синфи учун ёрқинлик функция, $N_M(m^*)$ — абсолют катталиги M га тенг юлдузларнинг равшанлик функцияси.

Зичлик функцияси. Сомон Йўлининг тузилишини ўрганишда бу функциянинг роли катта бўлиб, у $D(r)$ деб белгиланади ва биздан ёки система марказидан r масофада жойлашган бирлик ҳажмдаги юлдузлар сонидан далолат беради.

Агар юлдузлар зичлигини Галактикамиз симметрия текислигига нисбатан билиш зарурлиги туғилиб қолса, П. П. Паренаго тадқиқотларига кўра, бу функция қуйидагича олиниши мумкин экан:

$$D(z) = D(0) \exp(-|z|/\beta). \quad (11)$$

Бу формулада $D(0)$ — симметрия текислигидаги зичлик миқдори, $\beta \approx 110$ парсек. Қуёш яқинидаги фазода $D(0) = 0,138 \pm 0,009$ юлдуз бир парсек кубга тўғри келади. Умуман олганда, бу фазодаги зичликни чизиқли функция $D(r) = D(0) + v \cdot r$ каби тасвирлаш мумкин ($v \approx -0,09$). Бунда $v < 0$ эканлиги юлдузлараро муҳит таъсири билан боғлиқ бўлиши керак.

Юқорида берилган функциялар, масалан, қуйидаги тенглама орқали ўзаро боғлиқликда:

$$A(m^*) = \omega \int_0^{\infty} r^2 D(r) \varphi(M) dr. \quad (12)$$

Бу ерда ω — қаралаётган областнинг кўринма бурчаги, ёрқинлик функцияси аргументи эса (1) формулада келтирилган. (12) формула «юлдузлар статистикасининг асосий тенгламаси» деб аталади.

Кузатувлар асосида керакли аниқлик билан равшанлик функцияси $A(m^*)$ ни топиш мумкин. Масаланинг қўйилишига қараб, агар зичлик функцияси $D(r)$ маълум бўлса, (12) тенгламадан ёрқинлик функцияси $\varphi(M)$ ҳисобланиб топилади. Бу тенглама қатор амалий масалаларни ечишда муҳим роль ўйнайди. Унинг ёрдамида кўринма зичлик орқали ҳақиқий зичликни топиш, юлдузлараро муҳит хусусиятлари ва бошқа масалаларни ҳал этиш мумкин.

Юлдузларнинг туғилиш областлари ва эволюцияси

Сомон Йўли — «чақалоқ» юлдузларнинг уйи ва улкан «бешиги», яъни уларнинг Галактикамиздаги туғилиш жойлари ҳисобланади. Кузатувчи астрофизиклар юлдузларнинг туғилиш жараёнини ҳозирги кунда бевоқифа кузатиб муҳим ютуқларни қўлга киритмоқдалар.

Сомон Йўли физик тараққиётининг босқичларини ва унинг объектлари қандай қилиб вужудга келишини билиш учун, авваламбор, бу улкан системадаги «юлдузларнинг туғилиш областлари» (ЮТО)ни ўрганиш зарур. ЮТО зичлиги газ-чанг моддасининг улкан булутлари билан боғлиқ. Бу областларда юлдузларнинг туғилиш жараёни кетаётганидан, асосан, радио ва инфрақизил нурлар диапазонида олинган маълумотлар батафсил хабар беради. Бундай маълумотлар юлдузларнинг туғилиш жараёни юлдузлараро муҳитнинг қуюқлашиши натижасида юз беришини тасдиқламоқда.

Кўпдан-кўп кузатув маълумотларининг таҳлили шуни кўрсатадики, ЮТО деб қуйидаги объектларни ўз ичига олган областларга айтиш мумкин экан:

- 1) катта ўлчамга эга, лекин кичик температурада нурланувчи ва инфрақизил манба ҳисобланувчи қора булутлар;
- 2) ушбу булутлар билан қўшни ёки гравитацион боғлиқликда бўлган молекуляр радиоманбалар;
- 3) Т — ассоциациялар;
- 4) Саврнинг Т юлдузига ўхшаш баъзи ўзгарувчан юлдузлар;
- 5) инфрақизил нурланишга эга бўлган Хербиг-Аро объектлари;
- 6) спектрида эмиссион чизиқлар бўлиб, спектрал

синфи A ва B синфларига мос келган Хербигнинг A_e ва B_e юлдузлари;

7) ионлашган III водороднинг зич зоналари;

8) спектрал синфи $O5 - A_0$ оралиғида бўлган бош кетма-кетликнинг юлдузлари;

9) тарқоқсимон тўдаларнинг комплекслари;

10) ёши 10^7 йилдан кичик бўлган юлдуз тўдалари.

Энг қизиғи шундаки, ЮТО да албатта гигант қора молекуляр булутлар кузатилади. Демак, зичлиги катта молекуляр булутларни ўз ичига олган областларни ЮТО деб ҳам аташ мумкин. Бу молекуляр булутнинг энг зич — қуюқ қисмларини кўпчилик муаллифлар кернлар деб аташади. Масалан, Орион туманлиги учун кернларнинг массаси $10^4 - 10^5 m_{\odot}$ га, ўлчамлари эса $0,2 - 0,5$ килопарсекка тенг. Булутнинг бундай қисмларини янада қуюқлашиб бориши, яъни гравитацион сиқилиши туфайли дастлаб протоюлдузлар ҳосил бўлади. Газ ва чанглари қуюқлашиб гравитацион боғлиқликда бўлган ҳамда юлдуз тугилиши учун етарли физик ҳолатга эришган булутга протоюлдуз дейилади.

Протоюлдузларнинг пайдо бўлиши учун юлдузларро муҳитда албатта гравитацион беқарорлик вужудга келиши шарт. Булутнинг гравитацион сиқилиши жараёни газ динамикасининг тенгламалари орқали тўла ифода қилинади. Гравитацион беқарорлик муаммоси биринчи бўлиб инглиз астрономи Ж. Х. Жинс томонидан ишлаб чиқилган. Унинг тадқиқотларига кўра, зичлиги ҳамма нуқталарда бир хил бўлган муҳитда бирор сабабга кўра ўлчами λ га тенг «қуюқлик» пайдо бўлса, у янада қуюқлашиб, катта бўлиб бориши ёки аста тарқалиб, муҳитни деярли бошланғич ҳолига қайтиб келиши шу λ нинг қийматига боғлиқ экан. Илмий адабиётда

$$\lambda_{ж} = u \sqrt{\frac{\pi}{G\rho}} \quad (13)$$

ифодани Жинснинг тўлқин узунлиги деб аталади. Бунда u — товуш тезлиги (ёки тахминан газ атомининг ўртача иссиқлик тезлиги), G — гравитацион доимийлик, ρ — муҳит зичлиги. Агар вужудга келган «қуюқлик» ўлчами $\lambda > \lambda_{ж}$ бўлсагина, муҳитда гравитацион беқарорлик жараёни юз беради (бу шарт Жинс мезони ёки критерийси дейилади). Натижада массаси $\rho \lambda^3_{ж}$ га тенг булут ҳосил бўлиши керак.

Сомон Йўлида массаси Қуёш массасига тенг, ўлча-

ми 1 парсек атрофида бўлган булутлар жуда ҳам кўп. Лекин уларда ички газ босими билан гравитацион тортишиш кучи қийматлари деярли бир-бирига яқин бўлганлигидан, бундай булутлар Жинс мезонига бўйсунмайди ва юлдузларнинг туғилиш жараёни содир бўлмайди. Жинс мезони бажарилиб, булутнинг гравитацион сиқилиши жараёни вужудга келиши учун унинг массаси анча катта бўлиши, ички температураси ташқи фазога, масалан, инфрақизил нурланиш сифатида чиқа олиши зарур. Акс ҳолда босим кучи ошиб, гравитацион сиқилиш жараёнини тўхтатиб қўйиши мумкин. Булутнинг марказидаги иссиқлик ташқарига тез чиқа олса, гравитацион беқарорлик тезлиги ҳам жуда катта бўлади. Бу ҳолдаги гравитацион сиқилиш жараёнига коллапс ҳодисаси дейилади. Коллапс ҳодисаси ва умуман гравитацион сиқилиш жараёни, асосан, доимо булут массасининг маркази томон содир бўлади. Агар булутнинг ички зичлиги аниқ сферик симметрия хусусиятига эга бўлса, коллапс жараёни ҳам симметрик равишда содир бўлади. Лекин табиий ҳолларда булут зичлиги турли нуқталарда турлича бўлгани учун унинг энг зич қисмлари маълум тезланиш билан марказга интилади. Натижада, дастлабки нисбатан қисқа давр ичида протоюлдуз марказида ядро вужудга келади. Ядронинг ўзи ҳам албатта мустақил равишда маълум тезлик билан сиқилиш хусусиятига эга. Бу тезлик унинг зичлиги ва ўлчамига боғлиқ.

Протоюлдуз ядросида гравитацион сиқилиши туфайли ундаги температура ва ички босим ошиб бориб, сўнг тўсатдан ядро сиқилиши пасаяди. Умуман олганда, протоюлдуз ядросининг эволюцияси жуда тез содир бўлади. Бунда унинг гравитацион энергияси модданинг ички энергиясига айланиб боради. Шу билан бирга юқоридан тушаётган масса ҳисобига ядро массаси тинимсиз ошади. Агар ядро ўз температурасига мос нурланишининг ёрқинлиги кичик бўлиб бораверса, унинг атрофидаги қобигнинг бутун ҳамма массаси ядрога тушиб, протоюлдуз массаси ҳосил бўлган юлдуз массасига тенг бўлиши ҳам мумкин.

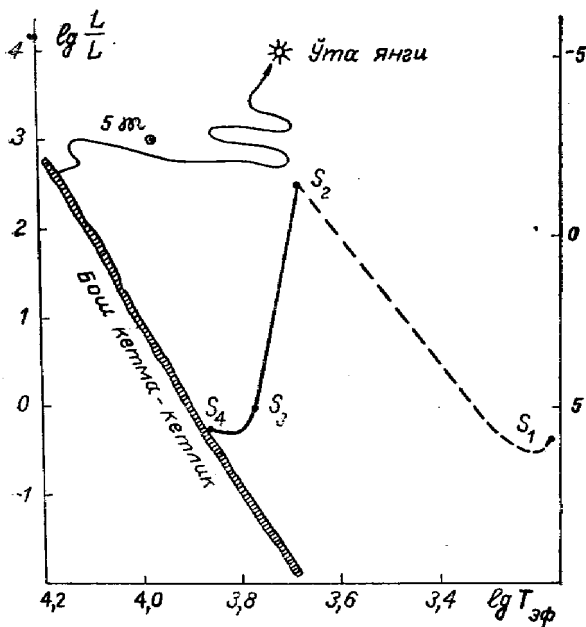
Ҳар қандай юлдуз ўз эволюциясининг протоюлдуз босқичида, маълум давр ўтгунча, бошланғич моддадан ташкил топган қобиг билан ўралганнинг учун ҳам протоюлдуз оптик улар диапазонинда кўринмай, балки инфрақизил диапазонда жуда кўп юлдузга ўхшаб кўриниши мумкин. Шундай юлдузлардан иборат областлар Сомон Йўлида жуда кўп бўлиб,

ҳозирги вақтда уларнинг бизга энг яқинларидан 50 дан ортиғи маълум. Бу областлар электромагнит нурланиш спектрининг турли диапазонларида ўрганиб келинмоқда.

Юлдузнинг Г—Р диаграммасидаги эволюцияси жуда мураккаб. Масалан, унинг ядроси гравитацион сиқилишни бошлаб, ядро бошланғич моддадан ташкил топган кенг қобиг билан ўралган ҳолатидаги эволюция 4-расмда S_1S_2 чизиғига тўғри келади. Протоюлдуз марказидан унинг сиртигача энергия қай тарзда ўтишини кўриб чиқайлик. Протоюлдуз ядроси сиқилишининг тезлиги камайиб борган сари, унинг температураси аста ошиб боради. Натижада, аввал марказдаги энергия юқорига қайноқ моддани совуқ модда билан ўрин алмашиши туфайли ўтиб боради. Бу — конвекция жараёни дейилади. Бундай юлдуз конвектив мувозанат ҳолатдаги юлдуз ҳисобланади. Юлдуз эволюциясининг бу босқичида унинг температураси анча юқори бўлиши мумкин. Лекин ядрога температура ошиб боргани сари энергия нур тарзида юқорига ўта бошлайди. Аста-секин конвектив юлдуз марказида нурий ядро ҳосил бўлади. Лекин гравитацион сиқилиш жараёни ҳали тўхтамаганлиги сабабли нурий ядро ўлчами вақт давомида катталашиб боради. Бу борада, юлдуз Г—Р диаграммасида аста бош кетма-кетликка яқинлашади. Маълум даврдан сўнг юлдузнинг ички қисмида ажралаётган энергия юқорига деярли фақат нурланиш тарзида ўтиб бора бошлайди. Албатта бунинг учун конвекция зонаси юлдузнинг сиртки қисмига яқин бўлган кичик ҳажмли сферик қобигдагина бўлиб, унинг қолган ҳамма қисми эса нурий мувозанат ҳолатига етади. Юлдузда конвекция жараёни умуман сезиларли даражада бошланган момент 4-расмда S_2 нуқта билан белгиланган. Бу жараён даврида юлдуз жуда тез сиқила бориб, унинг эффектив температураси деярли ўзгармайди. Шу сабабли юлдуз эволюцияси Г—Р диаграммасида пастга қараб ҳаракат қила бошлайди. Бу ҳаракат 4-расмда S_2S_3 чизиққа тўғри келади. Сўнг S_3 нуқтадан бошлаб юлдуз энергияси нурланиш орқали бир нуқтадан иккинчи нуқтага узлуксиз ўтиб борди.

Юлдузнинг ички қисмидаги энергия, асосан, нурланиш сифатида ўтиб боришининг даври эффектив температуранинг ошиши ва фазога тарқалиб кетаётган энергия нисбатан камайиб бориши билан характерланади. Бунинг оқибатида юлдуз эволюцияси 4-расмда S_3S_4 горизонтал чизиқ бўйлаб жуда секин тезлик билан содир бўлади. Натижада юлдуз бош кетма-кетликка

етиб келади. Бунда унинг марказидаги температура 10^7 градусга яқинлашиб, водородни гелийга айланиш реакцияси бошланади. Шунингдек, термоядро реакцияси оқибатида қисқа вақт ичида ядродан ажралиб чиққан катта миқдордаги энергия юлдузнинг гравитацион сиқилишини тўхтатади. Юлдузда коллапс жараёнининг тугаши уни Г—Р диаграммасининг бош кетма-кетлигига аниқ етиб келганидан далолат беради. Мисол тариқасида Қуёш массасига тенг юлдузни олсак, у S_2S_3 қисми 1 миллион йил ичида босиб ўтади. Мас-



4-расм. Юлдузнинг бош кетма-кетликка етиб келиши эволюциясига яққол мисол. Массаси $5m_{\odot}$ бўлган юлдуз портлаши натижасида тахминан кўрсатилган йўл билан ўта янги юлдузга айланади.

саси катта протоюлдузлар бош кетма-кетликка тезроқ етиб келади. Масалан, $15m_{\odot}$ массага эга протоюлдуз учун атиги 60 минг йил керак. Агар ўлчами $10^3 R_{\odot}$ га, массаси m_{\odot} га тенг протоюлдузни олсак, ҳисоб-китобларга кўра унда гравитацион сиқилиш батамом тугаши учун 20 миллион йил керак экан.

Протоюлдуз массаси m_{\odot} дан қанчалик кичик бўлса,

у шунчалик секинлик билан бош кетма-кетликка яқинлашиб боради. Масалан, $0,5 m_{\odot}$ массали протоюлдуз нормал юлдузга айланиши учун керакли вақт 150 миллион йилга тенг. Агар юлдуз массаси $(0,26-0,08) m_{\odot}$ интервал орасига тўғри келса, у бош кетма-кетликка етиб келганида ҳам конвектив ҳолатда бўлади. Массаси $0,08 m_{\odot}$ дан кичик бўлган протоюлдузлардан, юқорида айтилганидек, нормал юлдуз туғилиши содир бўлмайди, чунки уларнинг ядросидаги температура водородни гелийга айланиш реакциясининг бошланиши учун анча етмайди.

Энди, қисқача, термоядро энергиясининг запаси ҳақида фикр юритайлик. Бу энергия запаси қиймати, асосан, водород газининг кўп ёки камлигига боғлиқ. Аниқроғи ёқилғи запасининг тугаш вақти $t_{зг}$ протоюлдуз массасининг квадратига тескари пропорционал: $t_{зг} \sim 1/m^2$. Масалан, юлдуз массаси $30m_{\odot}$ бўлса, водород 10 миллион йил ичида ёниб тугайди. Водороднинг ёниб тугаши энг аввал юлдузнинг марказий қисмида рўй беради. Бунда гравитацион тортишиш кучи босим кучидан юқори келиб, ядрони сиқилиш жараёнига олиб келади. Бу эса, ўз навбатида, марказда температура ва босимни янада ошишига ва эндиликда гелийни углеродга айланиш реакцияси бошланишига сабаб бўлади. Гелийдан иборат ядро атрофида водород сферик қобиг ичида бўлиб, унинг ёниш жараёни юлдузнинг чегараси томон силжиб бораверади.

Шу даврда ядронинг сиқилиши янада давом этиб, юлдузнинг ташқи қобиғи эса аста кенгая бошлайди. Натижада юлдузнинг ташқи қобиғи фазога ажралиб чиқиб, юлдуз атрофида катта тезлик билан кенгаювчи газсимон туманлик ҳосил бўлиши мумкин. Бу ҳолдаги объектларнинг баъзилари ташқи кўриниш жиҳатидан Уран ва Нептун каби сайёраларга ўхшайди. Бундай объектлар планетар туманликлар деб номланиб, улар сони ҳозирги кунда 1000 га яқин. Планетар туманликларнинг ўртача ўлчамлари Қуёшдан Ергача бўлган масофадан 10 минг марта катта, кўринма тузилиши ҳалқасимон, массаси $0,05 m_{\odot}$ зичлиги эса 10^{-20} гр/см³. Уларнинг марказида температураси 50 минг градусга яқин бўлган қайноқ юлдуз жойлашган. Бу юлдузнинг нурланиши туфайли унинг атрофидаги газ булути нур сочиб ёруғ ҳалқа каби кузатилади. Бу нурларнинг спектрига кўра булут 40 км/сек тезлик билан кенгайиб бормоқда. Плане-

тар туманликлар умри жуда қисқа: бир неча ўн минг йил ичида булут фазога умуман тарқалиб кўринмай кетади. Бундай туманликларга энг яққол мисол сифатида Далв юлдуз туркумидаги NGC 7293 планетар туманликни олиш мумкин. Унинг ўлчами икки парсекга яқин ва марказида бошланғич юлдуз яхши кузатилади (5-расм). Ушбу туманлик биздан 70 пк узоқликда жойлашган.



5-расм. Далв юлдуз туркумида жойлашган планетар туманлик (NGC 7293). У Галактикамиздаги энг катта планетар туманликлардан ҳисобланади.

Демак, юлдуз эволюцияси, асосан, унинг массасининг миқдорига ва кимёвий таркибига боғлиқ экан. Сомон Йўли юлдузларининг кимёвий таркиби ўрта ҳисобда қуйидагича: 71 % водороддан, 27 % гелийдан ва 2 % оғир элементлардан иборат. Юлдуз умрининг энг узоқ даври Г—Р диаграммасининг бош кетма-кетлигига тўғри келади. Юлдузни бош кетма-кетликда бўлиш вақти унинг массасининг кубига тескари пропорционал:

$$t_6 = 10^{10} \cdot \left(\frac{m_{\odot}}{m} \right)^3 \text{ йил.} \quad (14)$$

Ушбу t_6 вақт ичида, массаси тахминан 0,1 m ни ташкил қилган марказдаги ядро ичида водород ёниши тугаб, гелий ҳосил бўлади. Қуёш бизга энг яқин оддий юлдуз бўлиб, бош кетма-кетликнинг ўрта қисмида жойлашган, чунки унинг спектрал синфи G_2 га, ёши эса тахминан

5,5 миллиард йилга тенг. У Г—Р диаграммасининг бош кетма-кетлигида узоғи билан яна шунча йил яшайди.

Юлдуз марказида водород миқдори тугаши билан у бош кетма-кетликдан чиқиб, аста-секин ундан узоқлашиб боради. Аниқроғи, ҳисоб-китобларга кўра, агар юлдуз массаси $3 m_{\odot}$ дан катта бўлса, у марказда водород ёниб бўлиши биланоқ бош кетма-кетликдан чиқиб кетади. Агар унинг массаси Қуёш массасига тенг ёки кичик бўлса, ядро атрофида етарлича ёнувчи юпқа қатлам манбаси ҳосил бўлгандан сўнг бош кетма-кетликни тарк этиш бошланади. Умуман олганда, юлдуз эволюцияси жуда мураккаб ҳисобланиб, айниқса бош кетма-кетликдан кейинги давр бўйича ҳали ўрганилмаган муаммолар етарли бўлгани сабабли, улар тўғрисида кенг оммага натижаларни батафсил ёзиб тушунтириш учун алоҳида рисола бағишлангани маъқул. Бу ерда жуда бўлмаса шуни айтиб ўтиш керакки, юлдуз эволюцияси жараёни, унинг ядроси дастлаб водороддан, сўнг гелийдан, ундан кейин углероддан ташкил топиб, охири темир бирикмасидан иборат бўлмагунга қадар давом этаверади. Бундан сўнг у портлаб «ўта янги» юлдуз ҳодисаси вужудга келиши ва натижада нейтрон юлдуз ҳосил бўлиши мумкин. Акс ҳолда эса гравитацион коллапс жараёни узлуксиз равишда юз бериб, «қора ўра» вужудга келиши мумкин. Ушбу объектлар ҳақида алоҳида кейинги темаларда батафсил тўхтаб ўтамиз.

Оқ митти, нейтрон юлдуз ва «қора ўра»лар

Юлдузлар эволюциясининг охирги босқичлари назарий жиҳатдан ва кузатув маълумотлари асосида анча чуқур ўрганилган. Бу босқичлар физикаси юлдуз ядросида термойдро реакцияси турлари ва умуман модданинг ёниш жараёни тугаганлиги сабабли у совий бошлаб, босим ва температуранинг камайиб бориши билан характерланади. Натижада юлдузнинг ядроси тинимсиз равишда сиқилувчан бўлиб қолади. Сиқилиш жараёнининг якуни ва юлдуз тақдири доимо унинг массасига боғлиқ. Юлдуз массаси катта ёки кичик эканлигига қараб, охирги босқичда у, асосан, қуйидаги уч ҳолатдан бирига ўтиши мумкин: оқ митти, нейтрон юлдуз ёки «қора ўра». Булар Галактикамизнинг энг ажойиб объектлари рўйхатининг бош қисмидан жой олган. Бир тарзда ушбу объектларни кўриб чиқайлик.

Оқ митти юлдузлар. Ерқинлиги ва юлдуз катталиги жуда кичик, хира, температураси эса, аксинча, юқори бўлган юлдузлар оқ миттилар дейилади. Уларнинг абсолют визуал катталиги $+10^m$ билан $+15^m$ оралиғида, спектрал синфлари $B-F$ га мос келади. Бу юлдузлар $\Gamma-R$ диаграммасида (2-расм) VII кетма-кетликни ҳосил қилади. Кичик ёрқинликга, лекин юқори температурага эга бўлган юлдузнинг ўлчами албатта кичик бўлиши керак. Демак, уларни рангига кўра, асосан, оқ рангли, ўлчамларига кўра эса митти юлдузлар деса бўлади. Қуёшга нисбатан оқ митти юлдузлар ўлчами камида 100 марта кичикдир. Оқ карлик массаси ўрта ҳисобда $0,6 m_{\odot}$ га, ички зичлиги 400 килограмм/см³ га тенг. Бундай юлдузларнинг ядро қисмида 1 см³ ҳажмда камида бир тоннага яқин модда бўлиши керак.

Маълумки, модда зичлиги ошиши билан юлдузнинг ички тузилишида эркин электронлар роли ошиб боради. Зичлик ошган сари температура ҳам ошиб бориб, уларнинг маълум қийматида электронларнинг сони берилган тезлик оралиғининг ихтиёрий қисми учун бир хил бўлиб қолади. Натижада юлдуз моддасининг асосий қисми (90 % дан ортиғи) кескин ўзгарилган ҳолатга келиб, фақат унинг ташқи қобиғидаги модда идеал газга яқин бўлади.

Оқ митти массаси $0,6 m_{\odot}$ дан кичик бўлса, ундаги электронларнинг максимал тезлиги $v_{\max} \ll c$ (c — нур тезлиги) бўлиб, бу норелятивистик ҳол дейилади. Тадқиқотларга кўра, норелятивистик ҳолда митти юлдуз ичидаги босим p ва зичлик ρ орасидаги муносабат қуйидагича:

$$p = 3,1 \cdot 10^{12} \rho^{5/3} \text{ дин/см}^2 \quad (15)$$

Агар оқ митти массаси $0,6 m_{\odot}$ дан катта бўлса, унда $v_{\max} \approx c$ бўлиб, бундай релятивистик ҳол учун

$$p = 4,9 \cdot 10^{14} \rho^{4/3} \text{ дин/см}^2. \quad (16)$$

Аксинча, (15) ва (16) муносабатлар алоҳида бажарилмаган шароитда, юлдуз мувозанат ҳолатга эриша олмай, унда кескин равишда нотурғунлик ва беқарорлик жараёни юз беради.

Оқ митти юлдузлар массалари ва ўлчамлари орасидаги муносабат ҳам юлдуз моддасининг ҳолатига боғлиқ. Норелятивистик ҳолда, назарий тадқиқотларга кўра, оқ митти ўлчами D унинг массаси m билан қуйидагича боғланишда эканлиги топилган:

$$D = \text{const} \cdot m^{-1/3} \quad (17)$$

Релятивистик ҳолда эса юлдуз массаси m юқоридан аниқ чегараланган бўлиб, унинг марказида юз берувчи қатор эффектларни ҳисобга олганимизда $m \leq 1,2 m_{\odot}$ экан. Бу чегаравий қийматга оқ миттилар назариясига биринчи бор асос солган машҳур астрофизик С. Чандрасекар номи берилган. Демак, умумий ҳолда, массаси $1,2 m_{\odot}$ дан катта бўлган юлдуз оқ митти ҳолатига ўта олмайди. У оқ карлик бўла олиши учун албатта ўз массасининг бир қисмини йўқотиши зарур.

Агар оқ митти массаси Қуёш массасига аниқ тенг бўлса, унинг ўлчами бизнинг Ер сайёрамиз ўлчамига жуда яқин бўлиши керак экан. Бундай юлдузнинг ўртача зичлиги 4 тонна /см³ га тенг. У юпқа ташқи қобиққа эга бўлиб, бу қобиғнинг остида ётган асосий ҳажмдаги температура 10 миллион градусни ташкил қилади.

Оқ митти юлдузлар нурланишининг ёрқинлиги жуда кичиклиги сабабли улар ичида бизга яқин бўлганларини кузата оламиз. Ҳозирги кунда Қуёш атрофида, радиуси 100 парсек бўлган фазо ичида мингга яқин оқ митти юлдузлар топилган. Улар юлдузларнинг тарқоқсимон тўдалари ва қўшалок юлдузлар аъзоси бўлиши мумкинлиги аниқланган. Энг биринчи кузатилган оқ митти — Сириуснинг табиий йўлдоши ҳисобланади. У Сириуснинг фазода мураккаб, нотўғри ҳаракатининг сабабларини ўрганиш борасида кашф қилинган.

Нейтрон юлдузлар. Агар юлдуз массаси $1,2 m_{\odot}$ дан катта бўлса, тадқиқотлар шуни кўрсатадики, гравитацион сиқилиш жараёни жадаллик билан рўй бериб, натижада ўлчами оқ миттидан ҳам кичик, ички ҳолати анча ўта зич бўлган юлдуз пайдо бўлади. Бунда ўрта ҳисобга бир метр куб ҳажмда 10^{15} тонна масса йиғилгандан сўнггина гравитацион сиқилиш жараёни тўхтайдди. Бу ҳолатни биз фақат атом ядросидаги зичлик билан таққослашимиз мумкин. Фарқи шундаки, бошида массив бўлган юлдуз ўлчами энди атиги 10—20 км ни ташкил қилади, холос. Маълумки, бундай ўта зич ҳолатда электрон ва протонлар қўшилиб кетиб, нейтронларни вужудга келтирадидлар. Натижада юлдузнинг таркиби, асосан, нейтронлардан иборат бўлиб қолади.

Ўта зич моддада нейтронларни ҳосил бўлиши жараёнини 1932 йили совет олимиди, академик Л. Д. Ландау назарий жиҳатдан ўрганиб, у Коинотда нейтрон юлдуз

албатта бўлиши кераклигини алоҳида таъкидлаб ўтган эди. Дарҳақиқат, 1967 йили, яъни 35 йил ўтгач, англиялик радиоастрономлар томонидан бундай юлдуз биринчи бор кузатилган. Афсуски, физика фанида ҳалигача ўта зич материя физикаси ишлаб чиқилгани йўқ. Шу сабабли, нейтрон юлдузлар массасининг юқоридан чегараланган қийматини аниқ ҳисоблаш анча мушкул масала. Бу қиймат қаралаётган юлдуз моддасининг ҳолат тенгламасига боғлиқ. Лекин, ҳисоб-китобларга кўра, нейтрон юлдуз массасининг максимал қиймати (2—3) m_{\odot} оралиғида бўлиши керак.

Худди шундай сабаблар туфайли, нейтрон юлдузларнинг ички тузилиши қандай ва қатор физик параметрлари нимага тенг каби саволларга ҳали тўлиқ жавоблар топилганича йўқ. Қўлчилик олимлар фикрича, у газсимон плазма ҳолида эмас, балки суюқ ҳолатда бўлиб, ўта оқувчанлик хусусиятига эга. Назарий тадқиқотларга кўра, бундай ҳолатга етиб келган юлдуз зичлиги нисбатан кичикроқ ва таркиби темир бирикмасидан иборат юпқа қобиг билан ўралган бўлиши керак. Ундан ташқари маълумки, юлдуз гравитацион сиқилиши давомида унинг импульс моментининг қиймати ўзгармайди. Демак, юлдуз ўлчами камайган сари у ўз ўқи атрофида айланишининг тезлигини тобора ошириб боришга мажбур бўлади. Масалан, диаметри 10 км атрофида бўлган нейтрон юлдузнинг сиртидаги чизиқли тезлиги 1000 км/сек га етиб боради. Бундай юлдуз бир секунд вақт ичида ўз ўқи атрофида тахминан 20 марта айланиб чиқишга улгуради.

Нейтрон юлдузларда энергиянинг ички манбаи умуман йўқ. Унинг нурланиши иссиқлик табиатига эга бўлиб, вақт давомида албатта аста-секин совишга мажбур. Шуни ҳам назарда тутиш керакки, нейтрон зарралари ўзаро таъсирда бўлиб, натижада нейтрино зарралари пайдо бўла олади. Нейтрино ташқи фазога энергиянинг бир қисмини ўзи билан олиб кетиши туфайли юлдуз яна тезроқ совиши мумкин. Нейтрон юлдузнинг нурланиш энергияси камайган сари унинг ўз ўқи атрофида айланиш тезлиги ҳам камайиб, бу айланиш даври эса, аксинча, ошиб боради.

Катта массали юлдуз эволюцияси юқорида келтирилган схема бўйича юз бермай, балки унинг гравитацион сиқилиб бориши даврида кучли портлаш ҳодисаси юзага келиши мумкин. Оқибатда, бошида хира ёки даярли умуман кўзга кўринмас юлдуз тўсатдан жуда равшан бўлиб кўрина бошлайди. Унинг равшанлигини характерловчи абсолют катталиги қийматининг максимал

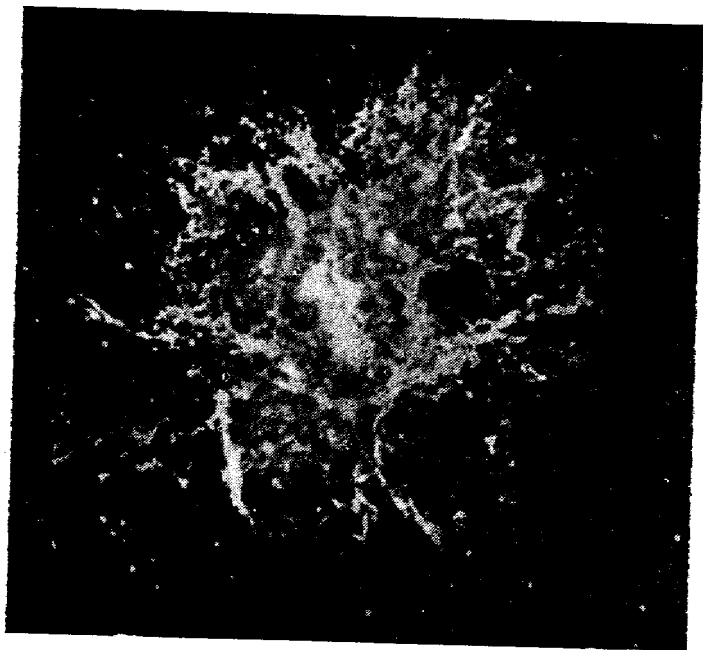
муми — 8^m — 9^m га етиб борса, бу юлдуз...
Янги деб, агар — 18^m — 20^m гача кўтарилса—ўта...
ги деб аташ қабул қилинган. Бу терминлар АҚШ астро-
номлари В. Бааде ва Ф. Цвикки томонидан 1934 йили
киритилган.

Лекин, алоҳида шуни махсус равишда таъкидлаб
ўтишимиз керакки, ҳеч қандай юлдуз портлаш жараёни-
да ёки бошқа сабабга кўра бир зумда туғилмайди. У
портлаш олдидан ҳам маълум юлдуз эди ва ундан сўнг
ҳам мавжуд бўлади. Гоҳида баъзилар «фалон одам ян-
ги юлдуз очибди» деган гапни умуман бошқача тушу-
надилар. Аслида бирор олим янги ёки ўта янги юлдуз-
ни биринчи бўлиб кузатса, унинг номи бир умр илм-
фан тарихида қолади. Сабаби шундаки, биринчидан,
юлдузни портлаган ҳолати қанчалик эрта ўрганила
бошланса, бу ноёб ҳодиса физикаси шунчалик чуқур
тадқиқот қилиниши ва қатор ечилмаган амалий маса-
лалар ҳал этилиши мумкин, иккинчидан эса бундай ҳо-
дисани ўзи жуда камдан-кам содир бўлиб, масалан,
бизнинг Галактикамизда 300—400 йил ичида битта ўта
янги юлдуз вужудга келади. Ҳозирги кунда бизнинг
улкан, юз миллиарддан кўп юлдуздан иборат «уйимиз»-
да атиги 300 та янги ва бир неча ўта янги юлдузлар
маълум, холос. Юлдуз бу тарзда портлаганда унинг
ташқи қобиғи фазога отилиб чиқиб, жуда ҳам катта
тезлик билан тарқалиб боради. Янги юлдуз портлаган-
да, фазога отилиб чиққан модда массаси (10^{-4} — 10^{-5})
 m_{\odot} , ҳаракат тезлиги 1500—2000 км/сек га тенг. Ўта
янги юлдуз ҳодисасида бир неча m_{\odot} массаси ажралиб
чиқиб, унинг фазодаги тарқалиш тезлиги 6000 км/сек
га етади. Янги юлдуз портлаши оқибатида ундан ажра-
ладиган умумий энергия 10^{45} — 10^{46} эрг бўлса, ўта янги
юлдуз портлаганда бу энергия 10^{46} — 10^{49} эрг ни ҳосил
қилади. Қуёш бундай энергияни 10^5 — 10^8 йил давоми-
да ўзининг тинимсиз нурланиши сифатида тарқатади.

Юлдуз портлаши жараёни ҳақида гап очганимизнинг
сабаби шуки, кузатув маълумотларига кўра, ўта янги
портлаш ҳодисаси туфайли марказда қолган юлдузнинг
физик ҳолати, табиати ва таркиби нейтрон юлдуз каби
экан. Шунинг учун, кўпинча нейтрон юлдузлар пайдо
бўлиши ўта янги юлдуз ҳодисаси билан боғлиқ равишда
тушунтирилади. Бундай хулосага биринчи бўлиб Қис-
қичбақасимон туманлик (6-расм) мисолида келинган. Бу
туманлик Галактикамизнинг энг ажойиб объектларидан
бири бўлгани учун қуйида унинг баъзи муҳим характе-

ристикаларини беришимиз шарт. Ундан олдин эса, ўта янги ва нейтрон юлдузлар тўғрисида яна икки оғиз гапиришга мажбурмиз.

Ўта янги юлдузлар ўз табиати ва эволюциясига кўра икки турга бўлинади: *SN I* ва *SN II*. Масалан, *SN I* портлаши ҳодисасида юлдуз равшанлигининг максимум қиймати тахминан бир ҳафта ушланиб, сўнгра узоқ давр мобайнида секин-аста пасайиб боради. Портлаш натижасида юлдузнинг $\sim 0,3 m_{\odot}$ массаси фазога ташлаб юборилади. Отилиб чиққан юлдуз қобиғи 15000 км/сек тезлик билан юлдузлараро фазога тарқала бошлайди.



6-расм. Қисқичбақасимон туманлик.

Кейинги, *SN II* турдаги ўта янги юлдуз портлаганда фазога ажралиб чиқадиган масса миқдори нисбатан анча кўп бўлиб, энг муҳими, юлдуз равшанлигининг максимуми 20 кунча деярли ўзгармай тура олади. *SN II* турдаги юлдуз атрофидаги туманликнинг кенгайиш тезлиги эса *SN I* турдаги юлдуз атрофидаги туманликнинг кенгайиш тезлигидан тахминан икки марта кичик бўлиши мумкин. Кузатувларга кўра, ўта янги юлдузлар портлаши натижасида вужудга келувчи нейтрон юлдузлар-

нинг кўпчилиги радиодиапазонда жуда қисқа даврли импульсларни тарқатиши маълум бўлди.

1967 йилнинг июль ойида Кембридж университети-нинг радиоастрономлари тўсатдан 3,68 м тўлқин узунликда ҳар 1,33730110168 секунд ўтиши билан қисқа давом этувчи импульсларни тасодифан қайд қила бошлашди. Импульслар даври йил мобайнида ўзгармай, фақат уларнинг амплитудалари тушунарсиз равишда ўзгариб турар эди. 1968 йилнинг март ойида худди шунга ўхшаш табиатга эга бўлган турли уч манба австралиялик радиоастрономлар томонидан кашф қилинди. Уларга пульсарлар деб ном берилиб, алоҳида каталоглар тузила бошланди. Масалан, АҚШнинг Грин Бэнк радиоастрономик обсерваторияси каталогига объектга *NP*, СССР нинг Пушино радиоастрономлари тузаётган каталоги объектига *PP* белгилари қўйилиб, албатта шу объектнинг «тўғри чиқиши» номли координатасини ҳам кўрсатиб бориш қабул қилинди. Бунда пульсар *PP* 0943 ни олсак, унинг координатаси $09^{\circ}43^m$ га тенг. Ҳозирги кунда маълум пульсарлар сони 300 дан ортиқ бўлиб, улар умуман ягона *PSR* белгиси билан ифода қилинмоқда, масалан, *PSR* 0943.

Пульсарлар кашф қилиниши билан биринчи илмий ишлардаёқ, улар ўз ўқи атрофида тез айланувчи ва жуда кучли магнит майдонга эга бўлган нейтрон юлдузлар деб тушунтирила бошланди. Дарҳақиқат, биринчидан пульсарлардан келаётган импульслар даври нейтрон юлдузларни ўз ўқи атрофида айланиш даври билан бир хил, иккинчидан, кузатилган ўта янги портлаш оқибатида марказда қолган юлдуз ҳар сафар пульсар бўлиб чиқмоқда. Тўғри, қатор пульсарлар атрофида портлаш қолдиги ҳисобланувчи туманликлар йўқ. Гап шундаки, бу туманликлар ёши пульсарларнинг ўртача ёшидан бир неча ўн марта кичик бўлиб, қисқа давр ичида фазода тарқалиб кетишга улгурадилар. Пульсарлар жуда ёш объектлар бўлиб, улар Сомон Йўли атрофида жойлашган. Тадқиқотларга кўра, ҳар қандай пульсарнинг импульслар тарқатиши даври *P* узоқ йиллар давомида аста ошиб боради. Агар пульсарлар ёши τ тахминан $(10^6 - 3 \cdot 10^7)$ йиллар оралиғида бўлса, уларнинг даврлари қиймати қуйидагича: $0,5 \text{ сек} < P < 2 \text{ сек}$. Бу муносабатни янада синчиклаб ўрганиб чиқиб, аниқ формула ҳам топилган:

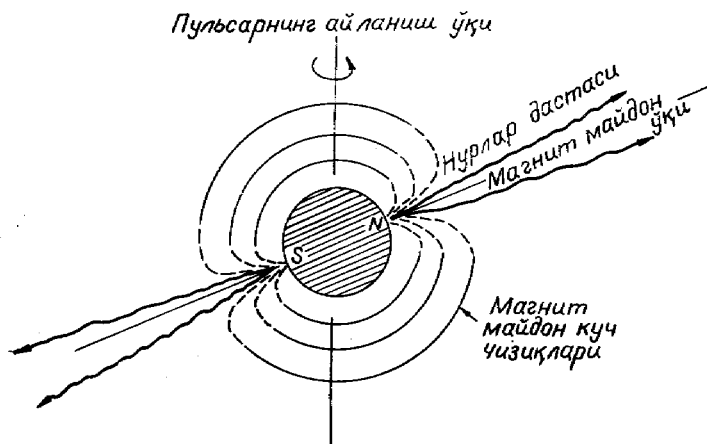
$$P = 2 \cdot \tau^{2/5} \text{ сек.} \quad (18)$$

Энг ёш пульсарлар учун $\tau \approx 10^3 - 10^4$ йил бўлиб, улар, асосан, рентген ва гамма диапазонларида кучли манба ҳисобланади. Вақт ўтган сари бу диапазонлардаги нурланиш қуввати камайиб боради. Бунинг сабаби пульсарнинг ўз ўқи атрофида айланиш даврини кўпайиб бориши билан боғлиқ. Қари пульсарлар ёши $\tau > 10^7$ йил. Уларнинг ҳаёти йўлида радионурланиш қуввати тугаб боради. Қисқача гапирганда, кучли магнит майдонга эга бўлган нейтрон юлдузларни пульсарлар деб ҳисобласак, ҳеч қачон янглишмаймиз.

Юқорида гапириб ўтилган машҳур Қисқичбақасимон туманликнинг марказида PSR 0531 пульсар бўлиб, унинг даври $P = 0,033$ сек ва йилига $1,4 \cdot 10^{-5}$ секундга ошиб бормоқда. Бу туманлик ва пульсар 1054 йилнинг 4 июлида Савр юлдуз туркумида ўта янги юлдуз чақнаши оқибатида вужудга келган. Хитой қўлёмаларида бу юлдуз портлаганда бир неча кунлар давомида кишилар кундузи уни бемалол кузатганлари ҳақида батафсил ҳикоя қилинган. Фазога ташланиб юборилган газ булути ҳозирги кунда ҳам, яъни 935 йилдан кейин ҳам кенгайишни давом эттириб, унинг тезлиги секундига тахминан 1200 километри ташкил этмоқда. Қисқичбақасимон туманликни ўзи Мессье каталогида биринчи ўринда туриб (M1 билан белгиланган), унинг физикавий хусусиятлари яхши ўрганилган. У Қуёш системасидан атиги 5,5 минг ёруғлик йилига тенг масофада жойлашган ва 8^m , 6 кўринма катталиқга эга. Унинг физик табиати икки хил бўлган, бири аморф, бошқаси толали тузилишга эга, туманликлар йиғиндисидан иборат. Аморф қисми Қисқичбақасимон туманликнинг марказий-областидан жой олган ва спектри узлуксиз. Толали туманлик қисми чизиқли спектри бериб, унда ионлашган азот, кислород, олтингургурт ва водородларнинг бизга маълум тақиқланган чизиқлари жуда интенсивдир. Толаларнинг бир куб сантиметр ҳажмида 4000 электронлар бўлиб, уларнинг кинетик температураси 17000°K га тенг. Туманликнинг умумий нурланишини 20 % и толалардан иборат қобиғга, қолган 80 % и аморф массага тўғри келади. Нурланишнинг умуман вужудга келиши сабаби электронлар тезлиги магнит майдонда аста-секинлашиши билан боғлиқ. Бундай нурланиш биринч марта синхротронларда кузатилганлиги туфайли унинг номини «синхротрон нурланиш» деб аталади. Туманлик рентген, ультрабинафша, оптик ва радио диапазонларда нурланиш тарқатади. Масалан, радио диапазондаги нурларни энергияси 10^9 эВ бўлган электронлар, оптик нур-

ларни эса 10^{11} — 10^{12} эВ энергияли электронлар вужудга келтиради. Бу юқори энергияли электронларнинг манбаи марказдаги пульсар ҳисобланади. Пульсар ҳеч қачон пульсацияланмай, вақт давомида ўз ўлчамини ўзгартирмайди.

Қизиғи шундаки, пульсарнинг айланиш ўқи билан унинг магнит ўқи устма-уст тушмайди. Демак, магнит ўқи фазода айланиш ўқи атрофида узлуксиз равишда конус чизиб боради (7-расм). Маълумки, пульсарнинг магнит майдони, унинг магнит қутбларида жуда кучли ва бу ерларда магнит куч чизиқлари юзага перпендикулярдир. Айнан ушбу қутб областлари ўзидан электромагнит тўлқинларини тарқатиши керак. Шу сабабли, юқорида таъкидлаб ўтилган қисқа даврли радиоимпульслар пульсарнинг магнит ўқи биз тарафга қараган моментларда кузатилса керак.



7-расм. Пульсарларнинг «маяк» типдаги умумий модели.

Шундай қилиб, Қисқичбақасимон ва бошқа туманликларда пульсарларнинг кашф қилиниши нейтрон юлдуз ўта янги юлдуз чақнаши натижасида вужудга келиши назариясини батамом тасдиқлади.

Ўта янги юлдуз чақнаши ҳодисасига қайтиб келиб, яқиндагина самода рўй берган ноёб воқеа хусусида тўхталиб ўтишимиз керак. Гап шундаки, 1987 йилнинг 23 февралдан 24 февралга ўтар кечаси Галактикамизга қўшни бўлган Катта Магеллан Булуги номли галактикада ўта янги юлдуз чақнаши кузатилди. Бу чақнаш юз берганини биринчи бўлиб Чилининг Лас-Кампанас

обсерваториясида кузатув ишлари олиб бораётган астрономлар И. Шелтон ва О. Духадл сезиб қолишди. Сўнгра Ердаги қатор обсерваториялар ва космосдаги автоматик станциялар бу ҳодисани кузата бошладилар. Афсуски, Ернинг Шимолий ярим шаридан, хусусан, Совет Иттифоқи территориясидан бу ўта янги юлдуз кузатилмайди. Шу сабабли, анча илгари учирилган космик кемалар, масалан, СССРнинг «Астрон» станциясида ва АҚШнинг «Вояджер—2» космик аппаратида ўрнатилган телескоплар махсус сигналлар ёрдамида Ердан бошқарилиб, ноёб ўта янги юлдузга қаратилди ва қатор кузатувлар олиб борилди. Ваҳолонки, Совет Иттифоқининг космосдаги «Квант» номли астрофизик модули ёрдамида ҳам узлуксиз кузатувлар олиб борилмоқда.

Қўлга киритилган дастлабки маълумотлар асосида юлдузни портлашдан олдинги ҳолатини тахминан ҳисоблаб чиқиш ҳам мумкин. Ҳисобларга кўра, портлашдан аввал юлдуз массаси (15—25) m_{\odot} радиуси Қуёш радиусидан камида 30 марта катта, эффектив температураси 19000°К га яқин бўлган. Маълум вақт ўтгандан сўнг бу областда бевосита пульсар кузатилиши керак. Бундан 20 йиллар олдин академик Я. Б. Зельдович раҳбарлигида совет олимларидан О. Гусейнов олиб борган тадқиқотларга кўра, ўта янги юлдузлар портлаганда, юлдуз оптик диапазонда чақнашидан анча илгари, ундан нейтрино заррачалари оқими етиб келади. Ҳақиқатда ҳам, бу ўта янги юлдуз оптик диапазонда чақнашидан тахминан бир сутка олдин Италия, АҚШ, Япония ва Совет Иттифоқида ўрнатилган махсус детектор асбоблар нейтрино заррачалар қайд қилган. Бу заррачалар учун Ер «тиник» бўлиб, улар Ерни «кўрмай» ўтиб кета олади. Кузатилаётган ўта янги юлдуз, олинган маълумотларга кўра, *SN II* турга кириши аниқ маълум бўлди. Бундай турга кирувчи ўта янги юлдузнинг қатор физик хусусиятлари юқорида айтиб ўтилган.

Ҳўш, бу ўта янги юлдуз аслида қачон портлаган? Бу саволга галактикалараро фазо миқёсида қарайдиган бўлсак, портлаш даври Катта Магеллан Булутигача бўлган масофани ёруғлик йил бирлигида олинган қийматига тенг бўлади. Бу галактика бизга энг яқин бўлиб, кузатув маълумотларига кўра, у Галактикамизнинг табиий йўлдоши ҳисобланади. Унгача бўлган масофа 52 кпк \approx 170 минг ёруғлик йилига тенг. Демак, юл-

дуз портлаши қарийб 170 минг йил бурун содир бўлиб, унинг нурланиши бизга эндигина етиб келган.

Рўй берган портлашни астрофизика фанида, юлдузлар эволюцияси йўналишида, хусусан, ўта янги юлдузлар физикаси соҳасида йиғилиб қолган муаммоларни ҳал этишда аҳамияти жуда катта. Энг муҳими, бизнинг асримизда бундай ноёб ҳодисанинг юз бериши, ҳозирги авлод олимлари учун кутилмаган ажойиб янгиликдир.

«Қора ўра»лар. Баъзи фокусчи артистларимиз бир сўмлик тангани қўлларидан сиқиб-сиқиб, йўқ қилиб юбордилар. Бироқ, бир оздан сўнг, керак бўлса, яқинларидан турган номаълум кишининг чўнтагидан ёки сочлари орасидан ўша тангани олиб беришлари мумкин. Масалан, Ерни ҳам шу даражада қаттиқ сиқишнинг иложи бўлганда, у маълум вақтдан сўнг, ўлчами бир неча сантиметрга етганда, умуман кўринмай қолиб, «қора ўрага» айланиб кетган бўлар эди. Лекин, масса-си катта бўлган юлдузлар эволюциясининг охириг босқичларидан бирида, бундай жуда ўта зич ҳол табиий равишда содир бўла олади. Аниқроғи, ўз эволюциясининг охириг босқичларидан олдин юлдуз массаси $k_{\text{п}}$ билан $3 m_{\odot}$ дан катта бўлса, у ўзининг маркази томонга гравитацион сиқилиб, унда релятивистик коллапс жараёни юз беради. Натижада бундай юлдуз тез вақт ичида «қора ўра»га айланиб, бевосита умуман кўринмас бўлиб қолади, чунки унинг сиртидан нур заррачалари ҳам чиқа олмай, балки ҳар қандай нур ёки яқинидаги жисмларни бемалол ютаверади.

Осмон механикасида маълумки, массаси m ва радиуси R бўлган ихтиёрий гравитацион сферик жисм сиртидаги нуқта учун критик тезлик қуйидагича топилади:

$$v = \sqrt{\frac{2Gm}{R}}. \quad (19)$$

Табиатда физик маънога эга бўлган энг максимал тезлик қиймати нур тезлиги c га тенг. Шу сабабли қуйидаги саволни қўйиш мумкин. Агар берилган жисм массасини ўзгармас деб қарасак, унинг радиусининг қайси қийматида ушбу сферик жисм учун критик тезлик нур тезлигига аниқ тенг бўлади? Берилган саволга жавоб топиш учун (19) формулага $v=c$ ни қўйиб, ундан R ни ифодасини келтириб чиқариш керак, холос. Натижада

$$R = \frac{2Gm}{c^2} \equiv R_g \quad (20)$$

ҳосил бўлади. Илмий адабиётда R_g жисмнинг гравитацион радиуси дейилади. Ушбу R_g радиусли сфера эса кўпинча Шварцшильд сфераси деб юритилади. Демак, критик тезлик маъносига кўра, жисмдан ажралиб чиқиши керак бўлган зарра (фотон) тезлиги нур тезлиги c дан ҳеч қачон катта бўла олмаслиги сабабли бошида нурланаётган жисм гравитацион сиқилиш оқибатида радиуси R_g га етиши билан у «қора», умуман кўринмас бўлиб қолади. Шварцшильд сферасининг ташқарисиди бўлган кузатувчи, радиуси R_g га тенг ёки ундан кичик бўлган жисмда нималар бўлаётганини кўра олмайди. Лекин бу объект яқинидаги фазода гравитацион майдон жуда кучли бўлганлиги сабабли, у ўз атрофидаги ҳамма нарсани «ютишга» интилади. Унинг сиртига тушган нурлар, газ, чанг ва бошқа жисмлар ҳеч қачон қайтмайди, шу сабабли унга қора ўра номи берилган. (20) формула ёрдамида ихтиёрий само жисми учун унинг гравитацион радиусини осонгина ҳисоблаб чиқиш мумкин. Масалан, Қуёш учун $R_g = 3$ км, Ер учун эса $R_g = 1$ см. Қуёш ва Ер каби жисмлар ҳеч қачон қора ўрага табиий йўл билан айлана олмайди. Суғий равишда ҳам бундай улкан массани сиқа олувчи техникани келажакда яратиш инсоният қўлидан келмаса керак.

Астрофизикларнинг қора ўра физикасига қизиқишлари бир неча ўн йиллардан бери маълум. Айниқса, самода ўта зич объектлардан пульсарларни кашф қилиниши мутахассисларни қора ўра бўйича тадқиқотларини активлаштириб, уни ҳам кейинчалик бор эканлигини кузатувлар тасдиқлай олиши мумкинлигига ишонч туғдирди.

Қора ўра релятивистик объект ҳисобланиб, унинг физикасини тўлиқ ўрганиш учун албатта Эйнштейннинг умумий нисбийлик назариясини қўллаш керак. Қора ўра назарияси ҳали етарлича ишлаб чиқилгани йўқ. Бироқ бу йўналишда қатор жиддий натижалар қўлга киритилган. Шулардан баъзилари ҳақида гапириб ўтишимиз шарт.

Коинотда деярли ҳар бир жисм ўз ўқи атрофида айланиш хусусиятига эга. Лекин қора ўралар физикасини ўрганишда, бу хусусият бор ёки йўқлигига қараб, назарий текширишлар бир-биридан кескин фарқ қилувчи натижаларга олиб келиши мумкин. Масалан, агар қора ўра зарядланмаган ва ўз ўқи атрофида айланмайдиган жисмнинг гравитацион сиқилиши оқибатида пай-

до бўлган деб олсак, у ҳолда унинг атрофидаги тортишиш майдони доимо сферик хусусиятга эга бўлиб, майдон кучи фақат қора ўра массасига боғлиқ бўлади. Бундай қора ўра атрофида бошқа оддий жисм ҳаракатини кўриб чиқайлик. Эйнштейн назарияси бўйича қора ўранинг яқин атрофидаги жисмлар доимо ёпиқ бўлмаган эгри чизиқли орбита бўйлаб ҳаракат қилиши керак. Ундан узоқ масофада эса мисол учун $r \geq 100R_g$ бўлганда, жисмлар Ньютон механикасига мувофиқ конус кесимларининг бири бўйлаб ҳаракат қилади. Айланиш ўқи йўқ бўлган қора ўра атрофида аниқ айлана бўйича ҳаракат $r < 1,5 R_g$ ичидаги фазода содир бўла олмайди, ваҳолонки, Ньютон назариясида эса айлана бўйича ҳаракат марказий жисмдан ихтиёрий масофада физик маънога эга. Гап шундаки, Эйнштейн назариясига кўра, қора ўра атрофида айлана бўйлаб ҳаракат қилаётган жисмнинг орбитадаги тезлиги $r < 1,5 R_g$ масофада нур тезлигидан катта бўлиб, бу ҳол маънога эга эмас. Аслида айлана бўйлаб турғун ҳаракат фақат $r > 3 R_g$ бўлган ҳолдагина содир бўла олади.

Айланиш ўқи бор ҳисобланган қора ўра модели 8-расмда келтирилган. Бошида айланиш хусусиятига эга бўлган катта массали жисм релятивистик коллапсга учраб, «қора ўра» ҳосил бўлса, унда унинг яқин атрофидаги фазода айланма ҳаракат сақланиб қолади. Айланаётган «қора ўра» атрофидаги тортишиш майдони Керр майдони дейилади. Тадқиқотларга кўра, «қора ўра»нинг бурчак тезлиги Ω юқоридан чегараланган: $\Omega \leq c / R_g$. «Қора ўра»нинг сирти горизонт деб аталиб, ундан ташқарига нур ҳеч қачон чиқа олмайди. Горизонтдан ташқаридаги айланма ҳаракат сақланиб қолган борлиқ эса эргосфера дейилади.

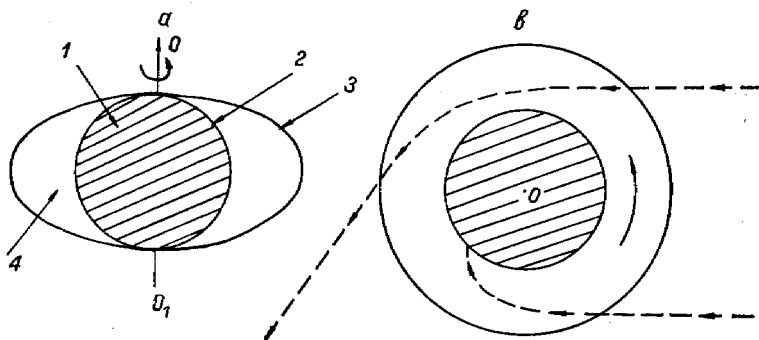
«Қора ўра»нинг гравитацион таъсирига учраган кичик жисм унинг сиртига тушиши ёки туша олмаслиги, асосан, бу жисмнинг ҳаракат йўналишига боғлиқ (8-расм). Агар жисмнинг йўналиши «қора ўра» айланиши йўналишига қарама-қарши бўлса, «қора ўра» майдони уни тўхтатишга интилиб, жисм осон қамраб олинади. Акс ҳолда, яъни ҳаракат йўналишлари бир хил бўлганда, айланаётган майдон жисм ҳаракатига тезланиш бериб, уни эргосферадан чиқариб ташлаши мумкин. Умумий ҳолда бу масаланинг аниқ ечими жисмнинг ҳаракат йўналиши билан ундан «қора ўра» томонга бўлган йўналиш орасидаги бурчак қийматига ва шу жисмгача узоқликнинг катта-кичиклигига боғлиқ. Агар

«қора ўра»га ташқаридан бирор нурлагич ёрдамида электромагнит тўлқинлар юборилса, тўлқинлар унга яқинлашган сари тезланиб, энергияси ошиб боради, лекин «қора ўра» яқинидан ўтган тўлқинлар ундан узоқлашгани сари аста яна энг аввалги ҳолига етиб кела олади.

Айланаётган қора ўранинг тўлиқ массаси қуйидаги формула ёрдамида топилиши мумкин:

$$m = \sqrt{\frac{c^4 S}{16 \pi G^2} + \frac{4\pi}{c^2 S} I^2} \quad (21)$$

Бу ерда S — «қора ўра» горизонтининг юзаси, I — унинг импульс моменти ҳисобланади. Назарий текширишлар шуни кўрсатадики, маълум массали «қора ўра» масса-



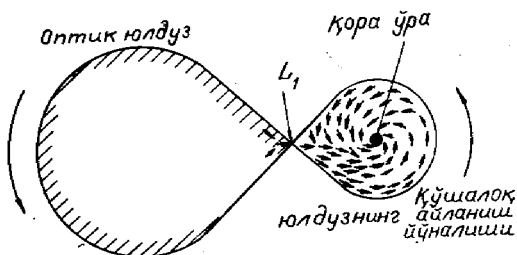
8-расм. а) айланаётган «қора ўра» модели: 1 — «қора ўра», 2 — горизонт, 3 — эргосфера чегараси, 4 — эргосфера; в) жисмнинг айланаётган «қора ўра»га ютилиши, хусусан, унинг ҳаракат йўналишига боғлиқ эканлиги кўрсатилган.

си кичикроқ «қора ўра»ларга ҳеч қачон бўлина олмас экан. Бироқ иккита «қора ўра» бир-бири билан тўқнашиб, ягона бир «қора ўра» вужудга келиши мумкин. Пайдо бўлган бу «қора ўра»нинг массаси уларнинг учрашувидан олдинги ҳолдаги массалари йиғиндисидан кичик бўлади, чунки ўзаро таъсир натижасида маълум энергия (яъни масса) гравитацион тўлқинлар сифатида ажралиб чиқади.

Хўш, «қора ўра» абадий яшовчи объектми? Бу саволни инглиз назариётчиси С. Хоукинг ўрганиб чиқиб, қуйидаги хулосага келди. «Қора ўра»лар абадий бўлмасдан, маълум давр ичида албатта «буғланиб», ўз массаларини батамом йўқотишлари ҳам мумкин экан.

Бунда, асосан, «қора ўра» яқинида рўй берувчи квант жараёнлари туфайли қатор заррачалар туғилиб, улар чексиз фазога «қора ўра» энергиясини ўзлари билан олиб чиқиб кетади. «Қора ўра» энергиясининг йўқолиб бориши унинг массасининг камайишига, температурасининг эса ошишига олиб келади. Берилган m массали қора ўрага ташқи фазо таъсири бўлмаса, у $10^{66} (m/m_{\odot})^3$ йил ичида тўлиқ «буғланиб», йўқ бўлиб кетиши аниқланган. Бу жуда узоқ давр албатта, лекин унинг мавжудлиги «қора ўра» барибир ўз хусусиятини абадий сақлаб кела олмаслигини кўрсатади. Қизиғи шундаки, «қора ўра» массаси камайган сари «буғланиши» тезлашиб бориб, унинг охири қолган 10^3 тонна массаси 0,1 секунд ичида нурланиб кетиши мумкин экан. Бундай нурланиш энергиясини бир миллион мегатоннали водород бомбасининг портлаши билан таққослаш мумкин.

Агар массаси $3 m_{\odot}$ дан катта бўлган ҳар бир юлдуз эволюциясининг охири босқичида «қора ўра» вужудга келади деб ҳисобласак, унда Галактикамиздаги «қора



9-расм. Қўшалок юлдуз системасида «қора ўра». Оддий оптик юлдуз моддасининг оқими Лагранжнинг ички нуқтаси L_1 орқали «қора ўра»га тушмоқда. Бу аккреция жараёни туфайли «қора ўра» атрофида «аккреция гардиши» ҳам ҳосил бўлиши мумкин.

ўра»лар сони, назарий ҳисоб-китобларга кўра, ҳозирги кунда бир неча юз миллионга тенг. Кузатувлар ёрдамида баъзи объектларни «қора ўра»ларга номзод қилиб кўрсатиш мумкин. Улар, асосан, зич қўшалок юлдузларнинг кўринмас компонентлари бўлиши мумкин, чунки бу ҳолда икки юлдуздан бири «қора ўра»га айланиши билан, унга маълум шароитда иккинчи юлдуздан газ оқими ўтиши бошланади (9-расм). Бунда «қора ўра»га релятивистик тезликда тинимсиз ўтаётган газ қизиб бо-

риб, ўзидан рентген нурларини тарқата бошлайди. Сабаби шундаки, газ қатламлари орасидаги ишқаланиш ва унинг тезлиги ошиб борган сари, у «қора ўра» сиртига етиб бормасидан анча олдин температураси миллион градусгача кўтарилади. Лекин бу «қора ўра» билан боғлиқ эканлигига ишонч ҳосил қилиш учун кўринмас компонентасининг массасини кузатув маълумотлари ёрдамида (нормал юлдуз орбитасига кўра) ҳисоблаб чиқиш зарур. Агар «ўлган» юлдуз массаси ҳақиқатда $3m_{\odot}$ дан катта бўлса, у албатта «қора ўра» бўлиши керак. Мисол учун, Оққушнинг $X-1$ рентген манбаси «қора ўра»га яққол номзод дейиш мумкин. У қўшалоқ юлдуз ҳисобланиб, унинг кўзга кўринувчи юлдузининг массаси $20 m_{\odot}$ га, кўринмас компонентасининг массаси эса $10 m_{\odot}$ га тенг. Бу қиймат критик масса қийматидан анча катта. Шу сабабли, «қора ўра»га тушаётган газнинг температураси 10^7 К дан ҳам баланд. Ушбу «қора ўра» ўлчами 30 километрга тенг бўлиб, у Куёш системасидан 2000 парсек узоқликда жойлашган.

Юлдузлараро муҳит физикаси

Ҳозирги кунга келиб, юлдузлараро муҳитнинг таркиби астрофизикларга жуда яхши маълум. Қисқа қилиб гапирганда, юлдузлараро муҳит, асосан, газ ва чанглардан иборат бўлиб, ундан ташқари у космик нурларни, Сомон Йўлининг магнит майдонини ва юлдузларнинг электромагнит нурларини ўз ичига олади. Бу муҳитни тадқиқ қилиш замонавий астрофизика фанининг энг муҳим йўналишларидан бири ҳисобланади. Нима учун? Гап шундаки, юлдузлараро муҳит моддасининг зичлиги Сомон Йўлининг турли ерларида ҳаддан ташқари турлича бўлишига қарамай, унинг ўртача зичлиги шунчалик сийракки, бундай ҳолатни, масалан ўз лабораториямизда сунъий равишда вужудга келтиришнинг иложи йўқ. Шунинг учун юлдузлараро муҳит, хусусан, атом физикаси учун улкан табиий «лаборатория» ҳисобланади. Бу «лабораторияда» юлдузлар туғилиши жараёнини астрофизиклар бевосита кузатиб, илмий тадқиқот ишлари олиб бормоқдалар. Ундаги магнит майдонни ва табиий космик нурларни ўрганиш эса муҳим фундаментал ҳамда амалий аҳамиятга эга.

Юлдузлараро муҳит моддаси мавжудлиги биринчи бўлиб спектрал анализ усулларини юлдузларга татбиқ этиш орқали намоён бўлди. Бизнинг асримиз бо-

шида немис астрономи И. Гартманн Орион δ си ҳисобланувчи қўшалок юлдузнинг спектрида ионлашган кальцийнинг ютилиш чизиқларини топиб, улар бошқа спектрал чизиқлар қатори умумий даврий тебраниш (шу икки юлдузнинг нисбий ҳаракатлари туфайли юз берадиган) жараёнида иштирок этмасликларини аниқлаган. Демак, қўшалок юлдуздан келаётган нурлар юлдузлараро муҳитда қисман ютилади ва ундан қайтади. Кейинчалик қатор олимлар томонидан юлдузлараро муҳитда натрий, калий, темир, титан элементлари ва турли молекулалар топилган. Масалан, 1975 йилга келиб, юлдузлараро муҳитда 30 дан ортиқ мураккаб молекулалар кашф қилинган. Бунда, албатта, Ернинг сунъий йўлдошларидан олиб борилган кузатувлар анча қўл келди.

Шубҳасиз, нур ютилиши туфайли бир хил спектрал синфдаги, лекин биздан турлича масофада жойлашган юлдузларнинг спектр таркиблари ҳар хил бўлиши керак. Хусусан, узоқдаги юлдуз ранги яқиндагига қараганда қизилроқ бўлиб кўринади. Бу эса юлдузлараро муҳит таркибида чанг заррачалари борлигидан далолат беради. Чанг заррачалари юлдуз нурларининг бир қисмини сусайтириб, иккинчи қисмини қайтаради. Бунда қисқа тўлқинли нурланиш чанг томонидан яхши ютилиб, спектрнинг қизил қисмидаги узун тўлқинли нурлар бирозгина ютилади. Инфрақизил диапазондаги нурлар эса ютилиш жараёнига деярли учрамайди.

Демак, нурларни ютилиш коэффиценти k тўлқин узунлиги λ га боғлиқ функция экан. Бу муносабатни ўрганиш ёрдамида чанг заррачаларининг характеристикаларини осонгина аниқлаш мумкин. Бунинг учун ютилиш коэффицентини

$$k = k_0 + k_1 \lambda^{-n} \quad (22)$$

тарзида ифодалаб, юлдуз нурланишининг интенсивлиги ва бошқа кузатув маълумотларини назария билан солиштирилади. Натижада турли ўлчамдаги чангларга мос келган номаълум параметрлар k_0 , k_1 ва n ларни қиймати топилади. Тадқиқотларга кўра, чанг заррачалари диаметри 0,0001 см дан 0,1 см гача бўлса, $k_0 = \text{const}$ ва $k_1 = 0$ бўлиб, ютилиш коэффиценти тўлқин узунлигига боғлиқ эмас экан, яъни биз учун бу модель тўғри келмайди. Агар зарралар ўлчами 10^{-6} — 10^{-7} см бўлса, ютилиш коэффиценти тўлқин узунли-

гининг тўртинчи даражасига тескари пропорционал-дир ($n=4$). Бундай ҳолат бизга азалдан маълум бўлиб, Ер атмосфераси учун ўринли. Масалани чуқурроқ ўрганиш мақсадида электромагнит нурланиш спектрини турли диапазонлари алоҳида тадқиқот қилиниб, тўлқин узунлик қиймати 4000 Å дан 7000 Å гача бўлган ораликда $k \approx K_1/\lambda$ эканлиги топилди. У ҳолда назарияга кўра, чанг заррачалари диаметри, тахминан, 10^{-4} — $3 \cdot 10^{-6}$ см оралигида бўлиши керак. Бу ўлчамлар ҳақиқатга яқин ҳисобланади.

Чанг заррачаларининг ички тузилиши жуда мураккаб. Уларнинг ядроси графит ёки силикатдан ташкил топган бўлиши керак. Ядронинг сирти эса турли молекулаларни ўз ичига олувчи муз қатлами билан қопланган. Бу заррачаларнинг келиб чиқиши ҳали охиригача аниқланмаган. Улар совуқроқ юлдузларнинг атмосферасида ҳосил бўлиб, юлдуз «шамоли» остида юлдузлараро фазога тарқалади деб келинмоқда. Баъзи чанглар фазодаги турли молекулалар бирикиши натижасида ҳам вужудга келиши мумкин. Лекин бу жараён назарияси ҳали ишлаб чиқилгани йўқ. Юлдузлараро чанг заррачасининг моделларидан бирига кўра, унда 100 та сув молекуласига 20 та метан CH_4 молекуласи, 10 та аммиак, 5 та магний гидриди молекулалари тўғри келади. Бундай чангларни температураси 15° — 20° К га тенг. Чанг заррачаларининг Сомон Йўли бўйлаб ўртача зичлиги 10^{-26} гр/см³. Бу эса юлдузлараро газ моддасининг зичлигини 0,01 қисмига тенг. Кузатувларга биноан, чанг ва газ моддалари, кўпинча, аралашган ҳолда учрайди. Бу аралашма қисқача диффуз материя деб ҳам номланади. Унинг массаси Галактикамиз тўлиқ массасининг 3—4% ини ташкил қилади.

Юлдузлараро муҳитнинг масса жиҳатидан энг асосий элементи газ моддаси ҳисобланади. Юлдузлараро газ моддасининг тахминан 80% и водороддан, 18% и гелийдан ва қолган 2% и турли оғир кимёвий элементлардан иборат. Юлдузлараро газ Сомон Йўлида нотекис жойлашиб, баъзи жойларда зичлиги ўртача зичликдан бир неча ўн баробар ошади ва шу жойларда диффуз материя қуюқлашиб бориб, оҳиста юлдузлар туғилиши жараёни бошланади. Умуман олганда, юлдузлараро газ бор фазони икки соҳага ажратиш мумкин: 1) нейтрал водород HI зонаси ва 2) водороднинг монлашган HII зонаси. Бу зоналар оралигида аста-се-

кин ўтиш қисми бўлмай, улар ўртасида кескин чегара борлиги кузатувчи кўзига яққол ташланиб туради. Водороднинг ионлашган *III* зонаси, одатда, қайноқ юлдузлар атрофида учрайди. Қайноқ юлдузлар анча ёш юлдузлар бўлгани сабабли *III* зоналар, асосан жадаллик билан туғилаётган юлдузлар яқинида вужудга келади. Қизиғи шундаки, *III* зонада газ температураси юлдуз сатҳидаги ҳароратга боғлиқ бўлмай, бу зонанинг ички қисмидаги температура деярли ҳамма ерларида бир хил. Унинг қиймати $7000^{\circ} - 9000^{\circ} \text{K}$ оралиғига тўғри келади. *III* зонанинг ўлчами, масалан, Орион туманлигида тахминан 0,6 пк, Омега туманлигида 5 пк бўлиб, умумий ҳолда, у шу муҳит зарралари зичлигининг $2/3$ даражасига тескари пропорционал. Водороднинг ионлашган *III* зонаси кўп миқдорда, Сомон Йўли марказига нисбатан, ички радиуси 4 кпк, ташқи радиуси 7 кпк бўлган ҳалқа ичида жойлашган. Лекин бутун Сомон Йўли бўйича *III* зона юлдузлараро газ бор ҳисобланган фазонинг атиги 5% ини эгаллаган, холос.

Кузатувларга (кўра, юлдузлараро муҳитнинг нейтрал водороддан иборат *II* зоналари кўпчиликини ташкил этиб, улар улкан фазо бўйлаб тақсимланган. Бу зоналар, асосан, тўлқин узунлиги 21,2 см бўлган радионурларни кузатиш ёрдамида ўрганилади. Бундай тадқиқотлар биринчи бўлиб Австралияда Ф. Керр ва АҚШ да Г. Уивер томонидан олиб борилган. Қўлга киритилган натижаларни қуйидагича яқунлаш мумкин. Юлдузлараро газ Галактикамизда яхлит қатлам кўринишига эга. Қатлам қалинлиги унинг марказида 200 пк атрофида бўлиб, бу қалинлик марказдан узоқлашганимиз сари аста ошиб бориб, Галактикамизнинг четки қисмларида 3000 пк гача етади. Вероника сочлари юлдуз туркуми томонидан қарасак, Сомон Йўли соҳасида нейтрал водород спирал тармоқлар тарзида тақсимланган. Юлдузлараро газ қатламининг умумий массаси тахминан $10^9 m_{\odot}$. У Сомон Йўли маркази атрофида дифференциал тарзда айланиш хусусиятига эга. Радио диапазонда олинган кузатув маълумотлари асосида Галактикамиз айланиши бурчак тезлигининг ҳисоблаш усулини Ленинград университети профессори Т. А. Агекян ўз шогирдлари билан биргаликда ишлаб чиққан. Ҳисоб-китоблар шуни кўрсатадики, бу айланиш бурчак тезлиги Сомон Йўли марказидан узоқлашганимиз сари дастлаб кескин камайиб бориб, кейин эса аста-секин камайишини давом эттирар экан. Сомон Йўлининг марказий қисми-

да эса катта тезлик билан айланувчи дисксимон ядроча мавжуд. Бу диск радиуси тахминан 600 пк бўлиб, ундаги газнинг умумий массаси $12 \cdot 10^6 m_{\odot}$ га тенг.

Юлдузлараро газ, ўз зичлигига кўра, икки хил тарзда бўлади: а) юлдузлараро газ булутлари ва б) булутлараро муҳит. Газ булутининг массаси, асосан, бир неча Қуёш массасига тенг. Булутлараро ўртача масофа 25 пк ни ташкил қилади. Уларнинг фазодаги ўртача тезлиги 8 км / сек. Юлдузлараро муҳит қатламининг ташқарисида ҳам, яъни Галактикамиз симметрия текислигидан анча юқорида, турли газ булутлари кузатилади. Бу булутлар Галактикамиз экваториал текислигига 80—100 км / сек тезлик билан тушиб бормоқда. Улар ичида массаси $10^3 m_{\odot}$ га тенг катта булутлар ҳам бор.

Юлдузлараро муҳитда кузатиладиган йирик, массаси $10^5 - 10^6 m_{\odot}$ гача етадиган булутларни, кўпинча, газчанг туманликлари дейилади. Улар ичида бизга энг яқини Орион туманлиги ҳисобланиб унгача бўлган масофа атиги 500 пк. У ҳозирги кунда жуда яхши ўрганилган бўлиб, унинг ички қисмида газ ва чанглардан ташқари ёш юлдузлар ва уларнинг тўдалари ҳам кузатилади. Орион туманлигининг умумий массаси $10^5 m_{\odot}$ га, ўлчами эса 40 пк га тенг. У илгари алоҳида деб ҳисобланган $M 42$, $M 43$ ва $NGC 1977$ бўлган кичик туманликларни ҳам ўз ичига олади. Туманликнинг энг ёруғ, марказий қисмини ўлчами 0,6 пк бўлиб, бу областда Трапецияни ташкил қилувчи тўртта ёш юлдуз кузатилади. Ушбу юлдузлараро ўртача масофа 0,02 пк га тенг. Улардан бирининг спектрал синфи O_6 бўлгани учун, унинг атрофида ионлашган HII зонаси кўзга яққол ташланиб туради. Орион туманлигининг бу ёруғ марказий қисмининг массаси $7 m_{\odot}$ га яқин. Унинг ички қисмидаги ёш юлдузлар нурланиши туфайли бу туманлик секундига ўн километр тезлик билан кенгайиб бормоқда. Юлдузлар яқинида эса ҳатто 100 км / сек тезлик билан ҳаракатланувчи газ оқимлари ҳам мавжуд.

Охирги ўн йил ичида Орион туманлигининг физик хусусиятлари турли молекулаларнинг спектрал чизиқларида олиб борилган кузатувлар ёрдамида ўрганилди. Бу молекулалар ичида углероднинг бир оксиди, гидроксил, углерод I-сульфиди каби молекулаларни кўрсатиб ўтишимиз зарур. Баъзи молекуляр чизиқларда туманлик анча «тиниқ» кузатилади. Айниқса, CO молекуласи чизигида эндигина тугилиши бошланган юлдузларни кузатишимиз мумкин. Марказий қисмдаги юлдузлар-

ни туғилиш областининг ўлчами $M 42$ ва $M 43$ ўлчамлари каби бўлиб, тахминан 8 пк га тенг. $M 42$ областада ҳам юлдузларнинг туғилиш жойларини кўриш мумкин. Унинг марказий қисмида «Орионнинг молекуляр булути» $OMC-1$ кузатилиб, унинг массаси камида $200 m_{\odot}$ ни ташкил қилади. $M 42$ дан бир оз шимолда $OMC-2$ булут бор бўлиб, унинг массаси ва зичлиги $OMC-1$ никидан сал камроқ. Бу икки объект, асосан, инфрақизил манбалар тўдасидан иборат. Шунинг учун бу булутларнинг ўзини инфрақизил манбалар дейиш мумкин.

Орион туманлигига ўхшаш қизиқ объектлардан яна бири Омега туманлиги ($NGC 6618$) ҳисобланади. Унинг Орион туманлигидан асосий фарқи шундаки, бу туманлик кучли инфрақизил манбаликдан ташқари оптик диапазонда ҳам яхши кузатилади. Ундаги юлдузларни туғилиш областлари оптик диапазонда сезиларли даражада. Омега туманлиги айнан Галактикамиз симметрия текислигидан жой олган бўлиб, у биздан тахминан 2200 пк узоқликдадир. Бу туманликнинг жуда равшанлиги унда яқиндагина туғилган мингдан ортиқ ёш юлдузларни нурланиши билан боғлиқ. Унинг яқинида массалари $6 \cdot 10^3 m_{\odot}$ ва $10^6 m_{\odot}$ бўлган катта булутлар мавжуд. Умуман олганда туманликни ўзи ҳар бири тахминан $10^5 m_{\odot}$ массали тўртта бўлакдан иборат ҳам дейиш мумкин. Бу туманликларни ўрганиш ҳали давом этмоқда.

Юлдузлараро муҳитдаги булутлар эволюцияси турлича содир бўлиши мумкин. Массаси кичик бўлиб, унда юлдузлар туғилиши жараёни юз бера олмайдиган булутларни олайлик. Ушбу рисола муаллифининг илмий текширишларига кўра, улар Галактикамиз эволюциясининг ностационар босқичларида турли амплитудага эга бўлган гравитацион таъсирга учраб, ўз ўлчамларини маълум бирор йўналиш бўйича албатта ошириб боришга мажбур бўладилар. Бундай булут бошқа кичик булут билан тўқнашмаса, маълум давр ичида унинг ўлчами бошланғич ҳолдагидан камида ўн мартагача чўзилиб, сўнг фазода осонгина ёйилиб кетади. Ёйилиб тарқалишга улгурмаган булутлар қўшилиб катта массали булутларни ҳам ҳосил қилишлари мумкин. Дарҳақиқат, ҳозирги кунда Галактикамиз марказидан $4-9$ килопарсек узоқликдаги ҳалқасимон фазода 4 мингдан ортиқ гигант молекуляр булутлар борлиги қатор кузатувчилар томонидан аниқланган. Уларнинг ички тузилиши анча мураккаб бўлиб, массалари ($10^5 - 10^6$) m_{\odot}

га, ўлчамлари эса бир неча ўн парсекга тенгдир. Бу гигант булутларнинг ёши 10^8 йилга тенг ёки ундан катта ҳисобланиб, уларнинг кўпчилиги спирал тармоқлардан ташқарида жойлашган. Демак, бу булутлар спирал тармоқларни вужудга келтирган гравитацион беқарорлик билан боғлиқ бўлмай, бошқа ностационар жараёнлар туфайли юзага келган. Уларда юлдузларнинг туғилиши ёки туғилмаслиги ва бошқа нотурғун жараёнларнинг юз бериши, бу булутларнинг ички физикавий ҳолатига, зичлиги, ўлчами каби параметрлари орасидаги муносабатга боғлиқ. Лекин гигант катта массали бундай булутларни атрофдаги юлдузлар ва уларнинг тўдалари билан гравитацион таъсири Сомон Йўлининг эволюцияси ҳамда улкан масштабдаги унинг тузилишида муҳим роль ўйнайди. Бу каби динамик жараёнлар ҳали батафсил ўрганилиб чиқилганича йўқ.

Энди Сомон Йўлининг магнит майдони масаласига келсак, у ҳақиқатда мавжуд эканлиги тўғрисида қатъий хулоса космик нурларни фазода тақсимотини ўрганиш борасида чиқарилган. Табиатда энг катта энергияга эга бўлган заррачалар оқими космик нурлар дейилади. Ер сиртига тинимсиз равишда космик фазодан бундай нурлар тушиб туриб, уларнинг асосий таркибинини 85% и протонлардан, 14% и α -заррачалардан, 1% и электронлардан иборат. Жуда оз миқдорда оғир ядроли заррачалар ҳам бу оқимда бўлиши мумкин. Қуёш сиртида баъзи чақнашлар юз берганда, ундан кичик ($10^7 - 10^{10}$ эВ) энергияли космик нурлар ажралиб чиқади. Космик нурлар, энг аввал юлдузлараро ва сайёралараро муҳит билан тўқнашиб, сўнг Ерга тушишидан олдин албатта унинг атмосферасидаги азот, ксилород каби элементлар билан тўқнашади. Натижада улар Ер сиртига, боринг-ки иккиламчи космик нурлар тарзида етиб келади. Шунинг учун бу нурлар табиатини космик аппаратларга ўрнатилган махсус асбоблар ёрдамида ўрганиш зарур. Афсуски, ҳозирча Қуёшдан ўн астрономик бирлик (яъни 0,0001 парсек) масофагача бўлган ва Ер орбитаси текислигининг давомига тўғри келган сайёралараро фазодаги космик нурларгина текширилиб кўрилган, холос. Улкан Сомон Йўли магнит майдонга эга бўлмаганда, космик нурлар, биринчидан анча қисқа давр ичида ундан чиқиб кетган бўларди, иккинчидан, тақсимотлари шубҳасиз нотекис ва нисбатан кам энергияга эга бўлиши мумкин эди. Бироқ, турли ностационар юлдузлардан ажралиб чиқувчи, энергияси $3 \cdot 10^3 - 10^{18}$ эВ бўлган космик нурлар магнит

майдонда ушланиб қолиб, улар Сомон Йўлининг исталган йўналишида аниқ бир хил миқдорда тақсимланган. Космик нурларни Галактикамиз магнит майдонидаги ҳаракати жуда мураккаб бўлиб, бу ҳаракат газда кузатиладиган оддий молекулаларнинг диффузияси жараёнини эслатади. Гап шундаки, юлдузлараро муҳитда магнит майдон куч чизиқлари жуда чалкаш ҳолда бўлиб, бир-бирлари билан чуваланиб ҳам кетган дейиш мумкин.

Сомон Йўлининг юлдузлараро фазосида магнит майдон бор эканлигини исбот қилувчи бошқа қатор далиллар ҳам бор. Шулардан яна бири юлдузлараро муҳитда чанг заррачаларини магнит майдон куч чизиқларига перпендикуляр ҳолда қатор бўлиб тизилиб олиш хусусиятлари билан боғлиқ. Бундай аҳвол ҳақиқатда ҳам Сомон Йўли фазосида ўринли эканини чанг заррачалари электромагнит нурларни қай даражада ютиши яққол кўрсатади.

Қатор кузатув маълумотларига кўра, Сомон Йўли магнит майдонининг ўртача кучланиши $3 \cdot 10^{-6}$ эрстедга тенг. Унинг куч чизиқлари Галактикамизнинг симметрия текислигига деярли параллел бўлиб, улар Сомон Йўлини бутунлай қамраб олган. Бу майдоннинг пайдо бўлиши сўзсиз Галактикамиз эволюцияси билан чамбарчас боғлиқ. Илмий текширишларга кўра, бундай кучланишга эга магнит майдон вужудга келиши учун Галактикамиз бошланғич, улкан туманлик ҳолатида, тахминан, 10^{19} эрстедга тенг майдонга эга бўлган бўлиши керак. Кейинчалик бу туманликнинг гравитацион сиқилиши ва дифференциал айланиши туфайли магнит майдон кучайиб борган. Юлдузлараро муҳитнинг магнит майдони газга сингиб кетганлиги туфайли у газ билан Сомон Йўли бўйлаб ҳаракат қилади. Юлдузлараро газ спираль тармоқларни ҳосил қилиши, магнит майдон бу тармоқларда ҳам нисбатан юқори бўлишини кўрсатади.

Сомон Йўли спираль тармоқлардан иборатми?

Юлдузлараро муҳитда нурларнинг ютилиши ва атрофимизда турли қора туманликлар борлиги туфайли Сомон Йўлининг аниқ тузилиши узоқ йиллар мобайнида номаълум бўлиб келган. Шу даврда бизнинг юлдузли уйимизга ўхшаш бошқа галактикаларни тадқиқ қилиш жуда ажв олган эди. Натижада, бир вақтлар хира туманликка ўхшаб кўринган узоқлардаги бу объектлар замонавий фотосуратларда мураккаб структурага эга

бўлган юлдузларнинг улкан системалари бўлиб чиқди. Уларнинг ичида спиралсимон галактикалар энг аввал хушманзарали кўринишлари билан эътиборимизни ўзларига жалб этадилар. Галактика ядросидан чиқиб тармоқланган чиройли, ёруғ шохобчалар энг ёш, қайноқ юлдузлардан, юлдузларнинг тарқоқсимон тўдаларидан ва нейтрал ҳамда ионлашган водород газларидан иборат бўлиб, бу шохобчалар шакли логарифмик спиралга бир оз мос келади. Ташқи кўриниши бўйича спираль галактикалар ўз эволюцияси давомида қаттиқ тўлқинланиб, эндигина маълум даражада турғун ҳолатга эришган системани эслатади. Коинотда маълум бўлган спираль галактикалар турли хил манзарага эга. Тез вақт ичида уларни синфларга ажратиш усуллари ишлаб чиқилди. Бу тадқиқотлар ичида ҳозирги кунгача машҳур америкалик астроном Э. Хабблнинг синфлар кетма-кетлиги қўлланилиб келинмоқда. Бу кетма-кетлик ядронинг шакли билан нисбий ўлчамига ҳамда спираль тармоқлар унинг атрофида қандай даражада тортилиб ўралганлиги ва қанчалик ривожланганлигига қараб синфларга бўлинади. Коинотда кузатилаётган галактикаларнинг тахминан 50% и спиралсимондир.

Хўш, бизнинг Галактикамиз ҳам спираль тармоқлардан иборатми? Бу масалани ҳал этиш мақсадида қайноқ *O* ва *B* спектраль синфларидаги юлдузлар, юлдузлар ассоциациялари, *HI* ҳамда *III* областларни фазодаги тақсимоти синчиклаб ўрганилиб чиқилган. Уларгача бўлган масофани аниқлаш усуллари амалий равишда ўйлаб топилиб, ушбу объектларни тақсимоғ хариталари яратилди. Натижада, Сомон Йўлининг қатор объектлари ҳақиқатда спираль шохобчаларни ташкил қилишлари маълум бўлди. Қуёш яқинида учта спираль шохобчаларнинг қисмлари кузатилади. Бу шохобчаларга улар ўрин олган юлдуз туркумлари номи берилиб, номлари Қавс, Орион ва Персей деб аталади. Маълум бўлишича, Сомон Йўли марказига энг яқини — Қавс тармоғи, сўнгра Орион ва, ниҳоят, энг ташқаридан Персей шохобчалари ўтади. Қуёш системаси Орион шохобчасининг четки Қавс томонига қараган ва сийраклашган қисмидан жой олган. Қуёшдан Қавс тармоғининг энг яқин еригача масофа 1800 парсек бўлса, Персей тармоғигача эса 2400 парсекни ташкил қилади. Охирги маълумотларга кўра, водороднинг *III* зоналари бўйича аниқланган спираль тармоқлар билан пульсарларнинг фазодаги тақсимоти орқали топилган спираль тармоқлар жуда яхши устма-уст тушмоқда. Пуль-

сарлар оуинча қулга киритилган натижаларнинг ўзига асослансак, у ҳолда фақат Қавс ва Персей тармоқлари ҳақиқатда мустақил бўлиб, Орион тармоғини эса бу икки тармоқларнинг бирдан ажралиб чиққан шохобча деб ҳисоблашга тўғри келмоқда.

Спиралсимон геометрик чизиқнинг энг ажойиб хоссаларидан бири шундаки, унга ўтказилган уринма билан марказ томон йўналиш орасида ҳосил бўлган бурчак унинг ҳамма нуқталарида деярли бир хил. Ушбу бурчакка спиралнинг ўралиш бурчаги дейилади. Сомон Йўлидаги спиралларнинг Қуёшга яқин қисмлари ўралиш бурчагининг қиймати тахминан 12° — 25° оралиғида экан.

Галактикамизда ва, умуман, бошқа гигант галактикаларда спираль тармоқлар қандай қилиб вужудга келганлиги олимларни бир неча ўн йиллар мобайнида қизиқтириб келмоқда. Бу масала ҳаётга дадил назарияларни келтириб чиқариб, баҳslashувлар манбаи бўлмоқда. Боринги, баъзида коинотнинг бизга маълум фундаментал физик асосларини рад қилувчи кескин ғоялар ҳам ўртага ташланган. Масалан, асримизнинг 30-йиллари машҳур астроном, гравитацион беқарорлик назариясини ишлаб чиққан олим Ж. Жинс шундай гипотезалардан бирини таклиф қилган. Унинг назариясига кўра, фазонинг кутилмаган метрик ва акслантирувчи янги хоссалари бўлиши мумкин. У Галактикамизнинг маркази «махсус нуқталар» характериға эга бўлиб, унда материя узлуксиз равишда вужудга келиб туради ва ташқарига чиқаётганда айланма ҳаракат таъсирида спираль тармоқларни ҳосил қилади, деган фикрни илгари сурган. Бундай ғоя спираль тармоқлар қандай келиб чиққанлиги муаммосини ҳал этиш қийинлиги сабабли пайдо бўлиб, унинг хато эканлиги кейинчалик кўрсатилган. Гап шундаки, Галактикамиз маркази радиуси тахминан бир парсекга тенг бўлган кичик ядроча ичида жойлашган. Бу ядро бизга оптик диапазонда умуман кўринмайди, чунки юлдузлараро чанг моддаси ундан келаётган нурларни 30^m кўринма катталиғигача хиралаштириб беради. Лекин бу марказий область инфракизил ва радио диапазонларда яққол кузатилади. Олиб борилган кузатувлар Галактикамиз маркази яқинида ионлашган III газининг бир неча зич булутлари бор эканлигини кўрсатди. Масалан, радиуси $0,5$ пк бўлган область массаси $5 \cdot 10^6 m_{\odot}$ га тенглиги аниқланди. Демак, бу областда ўта зич юлдузлар ва «қора ўра»лар

туғилишига керакли шароит мавжуд. Шунинг учун ҳам қатор авторлар Галактикамиз ядросининг модели қўша-лоқ ёки каррали қора ўралардан иборат деб тушунтирадилар. Галактикамиз маркази атрофида ўн парсек ўлчамли фазони олсак, бу ерда «Қавс А» номли кучли радиоманба кузатилади. У водород молекулаларидан иборат бўлган зичлиги катта газ булути ҳисобланади. Охирги ярим аср даврида спиралсимон галактикаларда рўй берадиган жараёнларни ва спираль тармоқларни вужудга келиши сабабларини тушунтириш йўлида катта қадам қўйилди. Бу ютуқ астрофизика, плазма физикаси, гидродинамика каби фанларнинг ривожланганлиги натижасидир.

1965 йили совет астрофизиги С. Б. Пикельнер юлдузлараро газ материясининг мувозанатсиз ҳолатида магнит майдоннинг ролини текширди. Маълумки, магнит майдони тўғридан-тўғри юлдуз ҳаракатига таъсир кўрсата олмайди. У фақат юлдузлараро газга таъсир қилади, газ ва ундан иборат булутлар эса гравитацион тортишиш натижасида юлдуз ҳаракатини ўзгартириши мумкин. Шу тариқа магнит кучлари, С. Б. Пикельнер фикрича, газ ва юлдузларни спираль тармоқларга йиғиб ушлаб тура олиши керак. Лекин Сомон Йўлининг дифференциал айланиши бу тармоқлар шаклини тезда бузиб юбориши мумкин. Нега деганда, агар спираль тармоқлар Галактикамизнинг гардишсимон қатлами билан бир хил айланса, спиралларнинг ташқи қисмлари марказ атрофида бир марта айланиб чиққунларига қадар уларнинг ички, ядрога яқин қисмлари бемалол бир неча марта айланиб чиқишга улгурадилар. Натижада тармоқлар ядрога ўралиб кетиб, спиралсимон шакл тезда йўқолиб қолиши керак. Мана шу масала энг катта муаммо ҳисобланади, чунки аслида тармоқларни аниқ спираль шакли, Галактикамиз ёши ўн миллиард йилдан кўп бўлишига қарамай ҳозир ҳам кузатилмоқда. Демак, Сомон Йўлининг дифференциал айланишига қарши тура олиб, спираль структурани узоқ давр ушлаб туриш учун жуда катта кучланишли магнит майдони керак. Афсуски, кузатувларга кўра, спираль тармоқлардаги магнит майдони бундай кучланишга эга эмас. Шунга қарамай, ҳали ҳам спираль тармоқларнинг магнит назариясини баъзи олимлар, масалан, СССРда В. А. Антонов, чет элда Ж. Пиддингтонлар ривожлантириш йўллари ахтармоқдалар. Спираль тармоқларни ушлаб туриш муаммоси ҳал бўлавермаганлиги сабабли П. Голдрейх ва Д. Линден-Белл биринчи бўлиб спираль тар-

моқлар Галактиканинг дифференциал айланиши туфайли маълум вақт ичида йўқолиб, унинг ўрнига қайтадан юлдузлар туғилиши жараёни яна спиралларни беради, деган назарияни ишлаб чиқдилар. Аммо бу назарияда иштирок этувчи баъзи параметрлар қиймати кузатувлар натижасида олинган қиймат билан кескин фарқ қилади.

1964 йили Америкада ишловчи, миллати хитой бўлган астрофизиклардан К. Лин ва Ф. Шу газ ва юлдузлардан ташкил топган ҳамда дифференциал айланувчи гардишсимон гравитацион системанинг динамик эволюциясини ифодаловчи тенгламаларнинг спиралсимон зичлик тўлқини кўринишидаги ечимларини топган эдилар. Охирги йигирма йил ичида бу йўналишни СССРда қатор астрофизиклар, шу жумладан Л. С. Марочник, А. А. Сучков ва А. М. Фридман ўз шогирдлари билан биргаликда ривожлантириб келдилар. Ҳозирги кунда спираль тармоқлар газ ва юлдузлар зичлигининг тўлқинидан ташкил топганлигини тушунтириб берувчи назария асоси бутунлай ишлаб чиқилган дейишимиз мумкин. Шунини айтиб ўтиш керакки, спиралсимон тўлқинлар назарияси жуда чуқур тарихга эга бўлиб, К. Лин билан Ф. Шу топган ечимларидан анча олдин маълум фундамент яратилган эди. Бунини швед астрономи Бертил Линдبلاد якка ҳолдаги юлдузлар орбитасини назарий ўрганиш натижасида биринчи бўлиб ишлаб чиққан. Лекин бу ишларни ўз вақтида тушунмаганлар. Кейинчалик худди шу масала ва тўлқин назарияси мустақил равишда гравитацион системага монанд ҳисобланган электронлар плазмасида ўринли эканлиги маълум бўлди. Ахир гравитацион система билан электронлар плазмасидаги майдон кучи масофани квадратига тескари пропорционал бўлиб, фақат ҳар бир ҳол учун ишоралари турлича холос. Бу аҳвол тушунилиб етилганидан кейингина Линдبلاد гоёсини давом эттириш кераклиги ўз-ўзидан аён бўлиб қолди.

Зичлик тўлқинининг физик маъноси қуйидагича. Фараз қилайлик, газ моддасидан иборат бўлган бирор улкан системада бир неча юз минг ёки миллион юлдуз туғилган бўлсин. Пайдо бўлган юлдузларнинг жойлашиши албатта тартибсиз ҳолда бўлади. Бу ўз навбатида системанинг бир ерида юлдузларнинг катта зичлигига, иккинчи ерида эса аксинча кичик зичликка олиб келади. Бундай системанинг гравитацион майдони айниқса зичлик кўп ерда катта бўлиб, у вақт ўтиши билан аста-секин тарқала боради. Натижада системанинг зичлиги ҳам

вақт давомида узлуксиз равишда ўзгаради. Бу ҳодиса тошни сувга ташланганда сув юзасида ҳосил бўлувчи тўлқинни эслатади. Юлдуз системасида юлдузлар зичлигининг шунга ўхшаш ҳолати зичлик тўлқини деб номланган. Юлдузлар системасида ҳар бир юлдуз системанинг умумий гравитацион майдонига жуда ҳам сезгир бўлади. Ундаги юлдузлар ўзаро ҳеч қачон рўпара келиб тўқнашмайди. Зичликнинг спиралсимон тўлқини эса Сомон Йўлининг дифференциал айланишига қарамай ўзининг спираль кўринишидаги шаклини йўқотмайди. Сабаби шундаки, бу тўлқин Галактика маркази атрофида қаттиқ жисм каби айланиш хусусиятига эга бўлиб, у гардишсимон қатламнинг дифференциал айланишига бўйсунмайди. Тўғри, бу назарияда ҳали қатор мураккаб ҳодисалар, шу жумладан газ ва юлдузлардан ташкил топган системада рўй берувчи, амплитудаси ихтиёрий бўлган, яъни чизиқли бўлмаган турли жараёнлар тўла ҳисобга олинмаган. Спираль тармоқларнинг тўлқин назарияси юлдузлар туғилишининг яна бир бошқа механизми борлигини кўрсатиб берди. Бу механизм спираль тармоқларнинг ва гардишсимон қатламдаги газнинг айланиш тезликлари бир-биридан фарқ қилиши билан боғлиқ. Нисбий тезлик мавжуд бўлган ерлардан газнинг спираль тармоқ бўйлаб ўтиш даврида катта амплитудали тўлқинлар вужудга келиб, улар газнинг сиқилишига ва юлдуз туғилиши жараёни бошланишига сабаб бўлади. Қизиғи шундаки, келиб-келиб Қуёш яқинидаги областда спираль тармоқлар билан гардишсимон газ қатламининг Сомон Йўли маркази атрофида айланиш тезлиги бир хил. Демак, бу масофада юлдузлар туғилиши жараёни юз бермаслиги ва маълум даражада ёш юлдузлар сони жуда оз бўлиши керак. Афсуски, ҳозирча кузатувлар ёрдамида бу масала текшириб кўрилганича йўқ. Лекин шунга қарамай баъзи мутахассислар фикрича, айнан Қуёш яқинида юлдузлар туғилиши рўй бермаслиги, бизнинг сайёрамизда ҳаётни вужудга келтириши учун қулай шароитни яратади. Бу масала албатта синчиклаб ўрганилиши лозим, чунки юқоридаги фикр ҳақиқатда тўғри эканлиги исботланса, у ҳолда бошқа сайёралар системаларини ва онгли цивилизацияларни Галактикамиз марказидан Қуёшгача бўлган масофага тенг радиусли ҳалқа ичида қидириб кўриш керак.

Галактикамизнинг вужудга келиши ва динамикаси

Сомон Йўли нима учун юқорида баён этиб келинган хусусиятларга ва шунга яраша мураккаб таркибга ҳамда тузилишга эга эканлиги Галактикамизнинг вужудга келиши муаммоси билан чамбарчас боғлиқ. Бу муаммо астрофизикада жуда муҳим ва қизиқарли ҳисобланиб, у бевосита Қоннотнинг келиб чиқишини, унинг биздан энг узоқ областларида шу кунда туғилаётган галактикаларини, шунингдек, кузатилаётган ноёб квазарларини батафсил тадқиқ этишга мажбур этади. Лекин биз қуйида фақат Галактикамиз пайдо бўлишига ва динамикасига оид бўлган асосий натижалар устида тўхталиб ўтамиз.

Юлдуз туғилгунга қадар бўлган унинг ҳолатини протоюлдуз деб атаганимиз каби, ҳали маълум турдаги галактика ҳолига етиб келмаган, бошланғич газсимон туманликни қисқача протогалактика деб аташга келишиб олайлик. Демак, бундан қарийб 15—17 миллиард бурун бизнинг протогалактикамиз водород ва гелийдан иборат улкан газ булутини ҳолатида бўлиб, бошқа протогалактикалар билан гравитацион таъсир остида маълум ўқ атрофида айланиш қобилиятига ҳам эришиб бўлган деб ҳисоблаш мумкин. Бу ҳолатда протогалактикадаги газнинг ўртача зичлиги ҳозирги кузатилаётган галактикалараро фазодаги зичликдан кескин фарқ қилиб, унинг қиймати 10^{-27} гр/см³ га тенг бўлиши керак. Ҳозирги вақтда Галактикамизнинг ўртача зичлиги 10^{-24} гр/см³ ни ташкил қилади. Бундай ҳолатга етиб келиш учун протогалактикамиз ўлчами шу кундаги Галактикамиз ўлчамидан камида 10 марта катта бўлиши зарур, чунки шундагина гравитацион сиқилиш натижасида бошланғич зичлик минг марта ошади (сабаби зичлик масофанинг кубига тескари пропорционалдир). Демак, ўша даврда протогалактикамизнинг радиуси тахминан 100—120 килопарсекга тенг бўлган. Бу радиуснинг аниқроқ қийматини топиш учун протогалактиканинг айланиш ўқи йўналиши ва бу ўқга перпендикуляр йўналиш бўйича сиқилишлари турли даража билан ҳар хил вақт ичида юз беришини ҳисобга олиш зарур. Шунинг ҳам таъкидлаб ўтиш керакки, юлдузларнинг вужудга келиши гравитацион сиқилиш оқибатида рўй берса, улкан массали галактикаларнинг пайдо бўлишида гравитацион сиқилиш жараёни ундан ҳам муҳим роль ўйнайди. Протогалактиканинг бошланғич температураси ўн минг градусга яқин бўлган. Бу температура қийматида

газинг босим кучи протогалактиканинг сиқилишига ҳа- лақит бермайди. Протогалактиканинг бундай модели эволюцияси биринчи бўлиб 60-йиллар бошида О. Эгген, Д. Линден-Белл ва А. Сендиж томонидан батафсил ўр- ганиб чиқилган. Бу моделнинг гравитацион сиқилиши узлуксиз давом этиб, юлдузларнинг туғилиш жараёни катта масштабдан кичик масштабга ўтиб боради дейиш мумкин. Протогалактика сиқилишининг бош босқичида ҳамма зарралар унинг маркази томон деярли эркин тушиб, бу даврда системанинг айланиш моменти кат- та аҳамиятга эга бўлмаган. Лекин протогалактика ўл- чами камайган сари марказдан қочма кучнинг қиймати ошиб бориб, маълум вақтдан сўнг унинг айланиш ўқи- га перпендикуляр бўлган йўналиш бўйича сиқилиш ас- та-секин тўхтайди. Лекин айланиш ўқи йўналишида сиқилиш жараёни давом этавериб, ниҳоят гардишсимон юпка қатлам вужудга келади.

Охириги ўн йил ичида кузатувлар орқали қатор янги маълумотлар қўлга киритилди. Масалан, Галактикамиз таркиби, массаси ва бошқа параметрлари бўйича у турлича бўлган алоҳида компонентлар — ядро, балж, диск, гало, тож кабилар йиғиндисидан иборат эканлиги маълум бўлди. Оғир элементлар миқдори галодаги юл- дузлар таркибида жуда кам, текислик ташкил этувчи қисм юлдузларида эса, аксинча, кўп миқдорда экан. Қуёш ўрин олган жойда гардишсимон қатлам айлани- шининг чизиқли тезлиги галонинг айланиш тезлигидан 5—6 марта катталиги маълум бўлди ва ҳоказо.

Назарий тадқиқотларга кўра, протогалактиканинг сиқилиши бошланиши билан гравитацион беқарорлик натижасида унда турли қуюқланишлар ва бўлақлар ву- жудга келиб, улар массаси $3 \cdot 10^7 - 10^8 m_{\odot}$ оралиғида бўлиши мумкин. Бу булутлар марказ томон осонгина тушиб бориб, баъзилари бир-бирлари билан ўз хусу- сий ҳаракатлари туфайли тўқнашиб кетадилар. Тўқ- нашиш натижасида пайдо бўлган янги булутда юлдуз- лар туғилиши янада тезроқ содир бўлади. Бунинг оқи- батада биринчи юлдузлар ва уларнинг тўдалари туғила бошлайди. Протогалактика эволюцияси даврида энг биринчи туғилган юлдузлар ичида массаси энг катта бўлган юлдузларнинг ҳаёт йўли жуда қисқа эканлигини биз яхши биламиз. Уларнинг марказида термойдро ре- акциялари тугагандан сўнг янги юлдуз портлаши рўй беради. Ута янги юлдузлар туфайли эса протогалак- тика газининг таркибида оғир элементлар миқдори кес- кин равишда ошиб кетади. Шунинг учун кейинроқ ву-

жудга келган юлдузлар таркибида қатор оғир металллар ҳамда азот, кислород, углерод каби элементлар нисбатан кўпроқ бўлади. Бу элементлар протогалактика сиқилиши даврида унинг маркази томон йиғилиб боришга интилади. Демак, Галактикамизнинг марказий қисмларига яқинлашганимиз сари учрайдиган юлдузлар таркибида оғир элементлар миқдори ошиб бориши керак. Бу хулосани кузатув маълумотлари ҳақиқатдан ҳам тасдиқламоқда. Шуни ҳам айтиб ўтиш керакки, бошида вужудга келган катта массали газ булутлари яна алоҳида кичик бўлақларга бўлиниши мумкин экан. Протогалактика гравитацион сиқилишининг бошланғич этапларида унинг четки қисмларининг сиқилиши ва парчаланиб бўлақларга ажралиши жуда суст рўй беради. Сиқилиш жараёни давомида марказдан қочма куч қиймати аста-секин ошиб бориб, протогалактика ўлчами 2—3 марта кичрайган даврда турли булутлар марказ томон эмас, балки унинг айланиш ўқиға перпендикуляр бўлган марказий текислик томон туша бошлайди. Натижада маълум гардишсимон қатлам ёки диск пайдо бўлади. Демак, Сомон Йўлининг диск қисми олдиндан айланиш моментиға эға бўлган газ ва унинг булутларидан ташкил топган, гало қисми эса айланиш моменти жуда кичик бўлган газ моддасидан вужудга келган.

Галактикамиз эволюцияси ва динамикасини ўрганишда назарий тадқиқотлар муҳим роль ўйнайди. Сабаби шундаки, унинг таркибий қисмларида йирик масштабда бирер динамик жараён содир бўлиши учун энг камида бир неча ўн миллион йил керак. Амалий астрофизика ёки бошқа кузатув методлари ёрдамида бундай жараёнларни бевосита ўрганишнинг ҳеч қандай имконияти йўқ. Лекин, кўпинча, назарий текширишлар натижаси тўғри ёки хато чиққанини энг охирида кузатувлар билан солиштириб айтиб бериш мумкин. Галактикамиз эволюциясига боғлиқ ҳолатларни, спираль тармоқлар муаммосини ва қатор кузатув натижаларини текшириб ҳал этишда, унинг ўзини ҳамда ташкил этувчи қисмларининг мувозанат ва ностационар ҳолларидаги моделларини назарий равишда тузиш, ҳар бирининг динамикасини ва турғунлик масалаларини алоҳида ўрганиш талаб қилинади. Бу илмий ишлар охириги йиллар мобайнида Тошкент Давлат университетининг астрономия кафедрасида ҳам кенг кўламда олиб борилмоқда. Қўлга киритилган муҳим натижалардан баъзиларини айтиб ўтадиган бўлсак, биринчи ўринда Галактикамиз-

нинг турли ташкил этувчи қисмларининг модели ва эволюция босқичи тўғрисида тўхталиб ўтиш керак.

Умуман олганда, кузатилаётган юлдуз системасининг ёки унинг назарий равишда тузилган нотурғун моделларининг эволюция босқичи қандай ҳолатда эканини билиш катта аҳамиятга эга. Буни аниқлаш учун бевосита кузатув ёрдамида ёки назарий ҳисоблашни ҳам қўллаб топиш мумкин бўлган параметрларни ўрганилаётган масалага боғлаш лозим. Индикаторлик ролини бажарувчи бундай параметрлар сифатида, масалан, гравитацион система «зарра»ларининг кўринма (радиал) ва кўндаланг (унга перпендикуляр) йўналишлардаги тезлик дисперсиялари нисбатини олиб, «тезликлар анизотропияси» параметрини қўллаш мумкин экан. Ундан ташқари системанинг кинетик ва гравитацион энергиялари нисбатини олсак, уни «вириал параметр» дейиш мумкин. Система турғун ҳолатга эришганида унинг қиймати аниқ $1/2$ га тенг бўлиб, қолган ҳолларда ундан кичик ёки катта бўлиши керак. Гоҳида бу параметрлар қийматини тўғридан-тўғри топиш анча мушкул масала ҳисобланади. Шунинг учун ўрганилаётган системанинг асосий хусусиятларини ўз ичига олган назарий моделларини тузиш муҳим роль ўйнайди. Масалан, бизга сферик системалар учун Эйнштейн ва Камм моделлари, теҳислик ташкил этувчи қисм учун эса Бисноватый—Коган ва Зельдович модели маълум. Бу моделлар мувозанатлик хусусиятига эга бўлиб, уларнинг физик параметрлари яхши ўрганилган. Бу назарий моделларни конкрет гравитацион системаларга қўллаш мақсадида, рисола муаллифи томонидан улар нотурғун, пульсацияланувчи ҳоллар учун умумлаштирилиб, сўнгра ҳар бирининг турғунлик муаммоси ўрганилиб чиқилган. Натижада юқорида тушунтирилиб ўтилган, масалан, «тезликлар анизотропияси» параметрининг критик қийматлари ҳисоблаб берилган. Унинг критик қийматлари ёрдамида эса қайси ҳолда бошланғич сферик система Галактикамизнинг ҳозирги ҳолатига етиб келиши мумкинлиги ёки гардишсимон қатламда қачон спираль тармоқлар вужудга келиши ўринли эканлиги каби саволларга жавоб берсак бўлади.

Турли физик системалар қаторида Галактикамиз ва унинг асосий ташкил этувчи қисмлари ҳам ўз эволюцияси оқибатида маълум даражада турғун ёки мувозанат ҳолдаги ҳолатга интилади. Бу ҳолатга интилиш жараёнига релаксация дейилади. Масалан, лабораториядаги ҳаво гази релаксацияси унинг молекулалари тўқнашу-

ви натижасида рўй бериб, бунда улар энергияси мувоzanат тақсимотига эришади. Қизиғи шундаки, Галактикамиз юлдузлари тўқнашуви умуман юз бермайди (агар унинг марказий соҳасини ҳисобга олмасак албатта).

Лекин шунга қарамай, Галактикамизда релаксация жараёни барибир содир бўлиб, у системанинг умумий гравитацион майдони ҳар бир юлдузга таъсир кўрсатиб боришига боғлиқ. Айниқса, протогалактика сиқилиши даврида системанинг гравитацион майдони унинг ҳар бир нуқтасида ва вақт давомида тасодифий равишда кескин ўзгариб бориш хусусиятига эга. Бу эса, Д. Линден-Белл ҳисоб-китобларига кўра, сўзсиз Галактикамизда релаксация жараёни юз беришига олиб келади.

Маълумки, бир неча ўн миллиард юлдуздан ташкил топган системанинг эркинлик даражаси ниҳоятда катта. Бундай системанинг динамикасини ўрганиш ҳам шунга яраша анча оғир масаладир. Бунинг учун дастлаб системанинг элементларига таъсир қилувчи кучлар табиатини билиш зарур. Галактикамиздаги юлдузлар системасининг куч майдони мураккаб структурага эга, чунки ҳар бир юлдуз ўз массасига биноан бошқа яқин юлдузлар билан гравитацион тортишишда иштирок этади. Бундай системадаги ихтиёрий юлдузнинг ҳаракатини, асосан, иккита куч бошқаради. Биринчиси унга яқин бўлган битта ёки икки-учта қўшни юлдузнинг гравитацион таъсири бўлса, иккинчиси қолган бошқа юлдузларнинг ҳаммасининг умумий таъсир кучидир. Системанинг яқин бўлмаган юлдузлари таъсири бу системанинг ўз тузилишига ва муайян юлдузнинг турган аниқ ўрнига боғлиқ. Агар системанинг тузилиши бизга тўлиқ маълум бўлса, у ҳолда унинг ҳар бир қисми учун умумий гравитацион майдон кучининг қийматини ҳисоблаб топиш мумкин. Бу куч юлдуз қаерда бўлишидан қатъи назар унинг ҳаракатига доимо таъсир кўрсатиб туради. Академик В. А. Амбарцумян юлдузлар системасидаги гравитацион майдон кучининг табиатини ўрганиб чиқиб, яқин бўлмаган юлдузларнинг умумий таъсир кучига доимий куч деб ном берган. Энг яқин юлдузнинг таъсир кучи эса бошқа юлдузларникидан устун туриши мумкин. Лекин бу нисбат система нотурғунлиги ошган сари камайиб боради. Яқин юлдузларнинг таъсири тасодифий характерга эга бўлиб, юлдуз атрофидаги шароитга боғлиқ. В. А. Амбарцумян бу кучни нотекис куч деб атаган. Нотекис кучнинг қийматини ва йўналган томонини олдиндан айтиш анча қийин. Бу кучларни таққослаб ва ажратиб тушуниш Со-

мон Йўлининг кичик ҳамда катта қисмларида эволюция жараёнлари қандай рўй беришини текширишда муҳим натижаларни беради.

Бунинг учун бирор маълум юлдуздан унга энг яқин қўшни юлдузгача бўлган масофани турлича ҳолда оламиз. Агар кўрилаётган юлдуздан яқин юлдузгача бўлган масофа жуда узоқ бўлса, у ҳолда доимий кучнинг таъсири нотекис кучнинг таъсиридан катта бўлади. Лекин қўшни юлдуз яқин масофада жойлашган бўлса, унда шубҳасиз нотекис куч доимий кучдан юқори туради. Демак, ҳар бир юлдуз атрофида система фазосини икки турга бўлувчи шундай сфераларни ўтказса бўладики, бу сфераларнинг ичида фақат нотекис кучнинг қиймати юқори дейиш мумкин. Ундан ташқари худди шу каби мулоҳазаларни массаси катта гигант юлдузларро муҳит булутлари учун ҳам қўллаш лозим. Умуман олганда юлдузларнинг ўзаро массалари фарқи ва булутлар массаси қанчалик катта бўлса, нотекис кучлар шунчалик муҳим аҳамиятга эга. Системада юлдузлар сони қанчалик кўп бўлса, нотекис кучлар роли шунчалик кам бўлади. Галактикамиз миқёсида юлдузларро муҳит массаси нисбатан кам бўлгани учун, агар унинг турли булутларини ҳисобга олмасак, унда юлдузлар оламидаги нотекис кучлар жуда кичик бўлиб, уларнинг таъсири Сомон Йўли эволюциясида унчалик муҳим роль ўйнамайди.

Галактикамиз бунёдга келганда ностационар характерга эга бўлгани аниқ. Бундай ностационар системада бир қанча юлдуз тўпламларининг коллектив ҳаракати, уларнинг ўзаро ва газ булутлари билан мураккаб таъсири вужудга келиб, натижада жўшқин релаксация жараёни юз беради. Бу релаксация оқибатида Галактика дастлабки доимий кучлар майдонида стационар ҳолатга интилади. Бу давр ичида унинг спираль тармоқлари пайло бўлиб, газ моддасининг массаси жуда оз қолади.

Протогалактика динамикаси муаммосига қайтиб келиб, охириги тадқиқотлар ҳақида қисқача тўхталиб ўтамиз. Юқорида таъкидлаганимиздек, Галактикамизнинг диск қисмидаги юлдузлар жуда ёш бўлиб, қари объектлар эса галодан жой олган. Кузатувларга кўра, гало ва диск қисмларнинг ёшлари орасидаги фарқ бир неча миллиард йилга тенг. Бу маълумотга ва Галактикамиз турли қисмлар йиғиндисидан иборат эканлигига асосланиб, Ростов университетидан ишловчи А. А. Сучков раҳбарлигидаги астрофизиклар группаси протогалактиканинг янги, «қайноқ» моделини таклиф этмоқдалар. Бу

моделга биноан, протогалактиканинг бошланғич ҳолатдаги температураси юқорида келтирилган қийматдан кўра минг марта катта деб олиниб, унинг гравитацион сиқилиши эса босим кучи таъсирида тўхтаб, кенгайиш жараёнига айланади ва маълум даврдан сўнг яна қайта сиқилиш жараёни вужудга келади*. «Қайноқ» модель муаллифлари ушбу дискрет ҳолатлар тушунчаси ёрдамида гало ва диск юлдузлари ёшларининг фарқини тушунтириб беришга ҳаракат қилмоқдалар. Бу нуқтаи назарни чет эл олимларидан нидерландиялик Ван дер Круит ва Л. Сирл қўллаб-қувватламоқдалар. Қўрииб турибдики, протогалактикамиз динамикаси ва Галактикамизнинг вужудга келиши ҳамда эволюцияси билан қатор муаммолар боғлиқ. Бу йўналиш бўйича келажакда қилинадиган илмий ишлар сон-саноқсиз. Шунга қарамай, рисола темасига тегишли баъзи қизиқ муаммолар билан таништириб чиққанамиз маъқул.

Сомон Йўли физикасининг замонавий муаммолари

Сомон Йўли, юқорида таъкидлаганимиздек, олимлар учун энг улкан «лаборатория» ҳисобланади, чунки у — Коинот миқёсида жуда кичик, лекин биз учун жуда катта «уй» бўлиб, ҳаммамиз шу «лаборатория» ичида яшамоқдамиз. Улкан «уй»нинг ўзига яраша ҳали чала ёки умуман ўрганилмаган масалалари кўп. Бу масалаларнинг ҳар бирининг мазмуни ва қўйилиши билан шуғулланиб, китобхоннинг вақтини олиш ноқулай. Шунинг учун улар ичида энг муҳимлари ёки ушбу рисолада алоҳида тўхталиб ўтилган илмий масалаларга онд ечилмаган баъзи муаммолар хусусида қисқача фикр юритиб ўтамиз, холос.

1. Сомон Йўлининг объектлари муаммосидан олдин унинг ўзи ҳақида гапирадиган бўлсак, кузатув маълумотлари, нима учун юлдузлар ва газ-чанг булутлари гардишсимон қатлам бўйлаб нисбатан кескин даражада жойлашганлигига ақл бовар қилмайди. Масалан, балжда газ булутлар деярли йўқ, лекин юлдузлар жуда кўп, Галактикамиз марказидан 4—8 кпк оралиғида эса, аксинча, молекуляр булутлар жуда кўп, ammo юлдузлар нисбатан жуда оз. Ундан ташқари, кузатувлар орқали топиладиган Сомон Йўлининг ўз марказига нисбатан айланиш тезлигининг масофа бўйича ўзгариши («айла-

* Натижада протогалактика кенгайиши даврида юлдузлар туғилиши жараёни узоқ вақт рўй бермайди.

ниш чизиғи») қўлланиладиган методга ёки диапазонга боғлиқ бўлиб, унинг массасини фазода аниқ тақсимоли ҳалигача топилмаган. Шу пайтга қадар Галактикамизнинг назарий тадқиқотларда қабул қилса бўладиган аналитик модели ҳам ишлаб чиқилганича йўқ. Бу, хусусан, Тошкент Давлат университетиде шу куни-кеча тадқиқот қилинаётган масалалардан бири ҳисобланади.

2. Замонавий астрофизиканинг энг қизиқ саволларидан яна бири юлдузларнинг туғилиши масаласидир. Бу масалага оид муҳим муаммолар жуда кўп. Юлдузлар туғилиши бизнинг давримизда молекуляр булутларда содир бўлаётгани учун бу булутларга тегишли муаммолар устида тўхталиб ўтамиз. Энг аввал бу булутларнинг ўлчамлари, зичлик ва массалари бўйича алоҳида гистограммаларини билиш зарур, яъни, масалан, массаси $10^4 m_{\odot}$ бўлган булутлар Сомон Йўлида қанча? Маълумки, булутларнинг массаси камида $10m_{\odot}$ дан то бир неча $10^6 m_{\odot}$ гача бўлиши мумкин. Шунчалик турли-туман булутлар қандай вужудга келган? Уларнинг ёши ҳам турличами? Ёшлари тахминан қанча?

3. Агар молекуляр булутларда юлдузлар туғилиши эффективлигини ва тезлигини ўрганиб чиқсак, у ҳолда қатор, массаси етарли даражада катта бўлган булутларда юлдузлар туғилиши умуман бошланмаганини ёки қандайдир миқдорда юлдузлар туғилган бўлса, бу жараён эффективлиги атиги 5—10% эканлигининг гувоҳи бўламиз. Нима учун бундай? Ахир у ерда гравитацион беқарорлик ва юлдузлар туғилиши учун керакли шароит борку. Эҳтимол булутнинг айланиш momenti ёки магнит майдони халақит берар? Уларнинг қиймати нақотки катта бўлса? У ҳолда қиймати нимага тенг?

4. Ниҳоят, берилган юлдузлараро муҳитнинг булути учун қайси шартлар аниқ бажарилганда, унинг камида 10—50% и албатта юлдузлардан иборат бўлади? Гап шундаки, баъзи булутларнинг параметрлари учун Жиннинг гравитацион беқарорлик шarti бажарилса ҳам, уларда юлдузлар туғилишидан дарак йўқ. Сўралаётган шартлар тўпламини аниқ билишимиз керак. Акс ҳолда ўз «юлдузли уйимизда» эртага нима юз беришини била олмаймиз.

5. Мазкур рисолада мактабнинг 10-синф дарслигида батафсил ўтиладиган қўшалок юлдузлар мавзуси устида алоҳида тўхталиб ўтилгани йўқ. Маълумки, юлдуз ҳеч қачон ягона, бир ўзи алоҳида туғила олмайди, балки бир группа, тўда ёки қандайдир тўплам тарзида туғи-

либ, унинг юлдузлари умумий келиб чиқиш хусусиятига эга. Шунинг учун қўшалок юлдуз ва каррали юлдузлар системалари алоҳида туғила олмаслигини биз яхши биламиз. Сомон Йўлида қўшалок юлдузлар жуда кўп бўлиб, бир неча ўн процентни ташкил қилади, Афсуски, бу юлдузлар қандай қилиб вужудга келганлиги ҳозирча номаълум. Балки массаси катта юлдуз кичик массали юлдузни ўз гравитацион майдонига қамраб олар ёки турилган, масалан, тарқоқсимон тўдалар шунчалик беқарорки, улар фазода аста тарқалиб бориб, кўпчиликларининг эволюцияси охирида қўшалок юлдузгина қолармикан? Бошқа бирор физик маънога эга йўл маълум бўлса, уни ҳам албатта ривожлантириб, сўнг натижаларни кузатув маълумотлари билан солиштириш лозим.

6. Сомон Йўли таркибида Галактикамизнинг тожигатегишли қандай модда ёки объектлар бор бўлиши мумкин? Бундай савол қўйилишининг сабаби шуки, Галактикамиз тожининг таркиби ҳали охиригача номаълум. Бу тож билан эса бизга кўринмас, «яширин» масса муаммоси бевосита боғлиқдир. Галактикамиз тожининг моделлари ҳам ҳали ишлаб чиқилгани йўқ, лекин рисола муаллифининг назарий ҳисобларига кўра, бу тож Сомон Йўлидаги муҳим ностационар жараёнларни баъзида турғунлаштирувчи таъсири сезиларли даражададир.

7. Сомон Йўлидаги спираль тармоқлар нима учун Галактиканинг дифференциал айланиши таъсирида йўқ бўлиб кетмай, узоқ давр ичида яшай олиши ҳақида юқорида бир оз гапириб ўтилган эди. Бунда магнит майдон кучланиши қиймати, кузатувдан аниқланишича, ушбу фактга алоқаси йўқ дейилди. Бироқ бу майдон кучланиши қайта-қайта Сомон Йўлининг турли нуқталари учун ўлчаниб турилиши ва ўлчаш усулларини тақомиллаштириш ишлари олиб борилса, янги натижаларни қўлга киритишимиз мумкин. Сабаби шундаки, балки кузатилиши қийин областларда магнит майдон куч чиқиқларининг торгина, аммо кучли ўровлари бордир? Ундан ташқари, спираль тармоқларини узлуксиз равишда ушлаб туриб, энергия билан таъминлаб турувчи манбалар борми? Бор бўлса, бундай манба Сомон Йўли марказидами ёки Галактикамиздан ташқаридами?

8. Протоюлдузларнинг Герцшпрунг-Рессел диаграммасидаги эволюцияси асосан ўнг томондан чапга қараб бош кетма-кетликка яқинлашиб келадими ёки ушбу кетма-кетликнинг пастки қисмидан ҳам бошланиб, унга чап томондан етиб бора оладими? Умуман олганда юлдузларни Г—Р диаграммасидаги эволюцияси анча му-

раккаб бўлиб, баъзи муаллифлар қўлга киритган натижалар дастлабки шарт-шароитларга кескин боғлиқ. Протоюлдузлар физикаси ва эволюцияси бўйича Совет Иттифоқида ЎзССР ФА Астрономия институтида ва бу институтнинг Майданак тоғидаги астрофизик кузатув станциясида илмий ишлар жадаллик билан олиб борилмоқда.

9. Қизиғи шундаки, юлдузлар эволюциясининг охириги босқичлари, уларни вақт давомида қандай қилиб таъмомила «ўлиб» боришлари ҳақида туғилишига оид масалалардан кўра ҳам анча натижалар бизга маълум. Лекин шунга қарамай ўта зич объектларнинг физикаси ҳалигача ишлаб чиқилгани йўқ. Улардан пульсар ва «қора ўра» каби объектларнинг, масалан, магнитосфералари физикаси ўрганилмаган.

10. Сомон Йўлининг марказий қисми, ядроси ва, айниқса, радиуси бир парсекга тенг бўлган соҳа жуда ажойиб ҳодисаларга бой бўлиб, бу областларни илмий текшириш катта аҳамиятга эга. Бу ерда ўта массали юлдузлар ва «қора ўралар» вужудга кела олиши мумкин. Ҳозирча кузатув маълумотлари ядронинг ягона бир моделини тузишга асос бўла олмапти. Мазкур соҳа бўйича келажак ютуқлар ва умидимиз фақат кузатувчи астрофизикларимиз қўлга киритадиган натижаларга боғлиқдир.

Бу рўйхатни яна анча давом эттиришимиз мумкин эди. Лекин ўқувчида ҳали жуда кўп нарса номаълум экан, ўзи нима маълум, деган хато тушунча пайдо бўлмаслиги керак. Рисолада қисқача тарзда бўлса ҳам қатор замонавий ютуқларимиз тўғрисида фикр юритилди. Фикр юритилган муаммоларнинг баъзилари кичик, бошқалари катта бўлиши мумкин. Қўйилган саволларнинг баъзилари бўйича шу кунда илмий текширишлар олиб бораётган айрим мутахассислар ўз фикрлари билан иштирок қилишлари эҳтимолдан холи эмас. Лекин бу масалалар яқин давр ичида албатта олимларимиз томонидан синчиклаб, батафсил ўрганилиши даркор.

МУНДАРИЖА

| | |
|--|----|
| Кириш. | 3 |
| Сомон Йўлининг тузилиши, таркиби ва модели | 5 |
| Кузатув маълумотлари ва уларнинг тадқиқоти | 13 |
| Юлдузларнинг туғилиш областлари ва эволюцияси | 19 |
| Оқ митти, нейтрон юлдуз ва «қора ўра»лар. | 26 |
| Юлдузлараро муҳит физикаси | 41 |
| Сомон Йўли спираль тармоқлардан иборатми? | 48 |
| Галактикамизнинг вужудга келиши ва динамикаси. | 54 |
| Сомон Йўли физикасининг замонавий муаммолари. | 60 |

Салохитдин Насритдинович Нуритдинов

МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ

На узбекском языке

Ташкент, «Фан»

*УзССР ФА илмий-оммабон адабиётлар таҳрир
хайъати томонидан нашрга тасдиқланган*

Мухаррир *Х. Зарипова*
Рассом *Н. Акромов*
Бадний муҳаррир *А. Баҳромов*
Техмуҳаррир *Г. Негматова*
Корректор *С. Зокирова*

ИБ № 4819

Терингга берилди 8.09.89. Босишга рухсат этилди 13.12.89. P09007. Формат 84×108¹/₃₂. Босмахова қозони № 1. Адабий гарнитур. Юқори босма. Шартли босма л. 3,36. Ҳисоб-нашриёт л. 3,2. Тиражи 2000. Заказ 196. Баҳоси 15 т.

УзССР «Фан» нашриёти: 700047. Тошкент, Гоголь кўчаси, 70.
УзССР «Фан» нашриётининг босмахонаси: 700170. Тошкент, М. Горький проспекти, 79.