

Дәріс 5

Ақ ергежейлі жұлдыздар

Дәрістің мақсаты: жұлдыздардың эволюциялық процестерін, жұлдыздардың өмірлік цикліндегі ақ ергежейлі кезеңінің ерекшеліктерін, сондай-ақ олардың астрономия мен астрофизикадағы маңызын түсіну.

Дәрістің жоспары:

1. Ақ ергежейлілер туралы түсінік
2. Ақ ергежейлілердің ашылуы
3. Ақ ергежейлі жұлдыздардың құрамы және құрылымы
4. Ақ ергежейлілердің массасы мен мөлшері
5. Ақ ергежейлілердің температурасы мен жарқырауы
6. Ақ ергежейлілердің қоршаған ортамен әрекеттесуі
7. Ақ ергежейлілердің өмірлік циклінің аяқталуы
8. Әдебиеттер тізімі

Ақ ергежейлілер туралы түсінік

Ақ ергежейлі жұлдыз, бұл негізінен айныған электронды газдардан тұратын жұлдыздық дене. Олар өте тығыз. Ақ ергежейлінің массасы Күннің массасымен, ал көлемі Жердің көлемімен теңеседі. Ең жақын белгілі ақ ергежейлі - Сириус В, 8,6 жарық жылы, қос жұлдыз Сириустың кішірек құрамдас бөлігі. Қазіргі уақытта Күн жүйесінің айналасындағы жүздеген жұлдыз жүйелерінің ішінде тек сегіз ақ ергежейлі белгілі. Ақ ергежейлілердің әдеттен тыс күңгірттігін алғаш рет 1910 жылы Генри Норрис Рассел, Эдвард Чарльз Пикеринг және Уильямина Флеминг атап өтті. «Ақ ергежейлі» деген атауды 1922 жылы Виллем Люйтен енгізген.

Ақ ергежейлілер массасы нейтрондық жұлдызға (біздің Күнді қоса алғанда) айналуға жеткіліксіз болатын барлық жұлдыздардың соңғы эволюциялық күйі болып саналады, Құс Жолындағы жұлдыздардың 97 пайызын құрайды. Сутегінің бөлінуіне ықпал ететін төмен немесе аралық массасы бар бас тізбекті жұлдыздың өмірі аяқталғаннан кейін ол қызыл алыпқа айналады, оның ядросында үштік альфа процесі нәтижесінде, гелий көміртегімен және оттегімен біріктіріледі. Егер қызыл гиганттың массасы көміртек синтезі үшін қажетті негізгі температураны құру үшін жеткіліксіз болса (шамамен 1 млрд К), оның орталығында көміртегі мен оттегінің инертті массасы пайда болады. Планетарлық тұмандық пайда болу үшін сыртқы қабаттарын төгіп тастағаннан кейін ол ақ ергежейлі қалдықтарды құрайтын осы ядроны қалдырады. Сондықтан ақ ергежейлілер әдетте көміртегі мен оттегіден тұрады.

Ақ ергежейлі жұлдыз ары қарай синтез реакцияларына қатыспайды, сондықтан жұлдыздың энергия көзі жоқ және гравитациялық коллапсқа қарсы синтез нәтижесінде пайда болатын жылумен қамтамасыз етілмейді. Ол тек айныған электрондардың қысымымен қамтамасыз етіледі, бұл оны өте тығыз етеді. айналмайтын ақ ергежейлі үшін максималды масса, Чандрасехар шегі шамамен $1,4M_{\odot}$ құрайды.

Ақ ергежейлі қалыптасу сәтінде өте қызады, бірақ оның энергия көзі болмағандықтан, ол оны біртіндеп сәулелендіреді және суытады. Бұл оның бастапқыда жоғары түс температурасы бар шығарындысы уақыт өткен сайын әлсіреп, қызарып кететінін білдіреді. Ұзақ уақыт ішінде ақ ергежейлі бұдан былай айтарлықтай жылу немесе жарық шығармайтын температураға дейін салқындап, салқын қара ергежейлі болады. Дегенмен, ақ ергежейліге бұл күйге жету үшін қажет уақыт Әлемнің қазіргі жасынан (шамамен 13,8 миллиард жыл) асып түседі деп есептеледі. Ең көне ақ ергежейлілер әлі күнге дейін бірнеше мың Кельвин температурасында сәулеленеді.

Ақ ергежейлілердің ашылуы

Ақ ергежейлілер – аралық массалық жұлдыздардың, соның ішінде Күннің эволюциясының соңында пайда болатын нысандар. Олар ядролық отын қорын таусылған және гелийдің термоядролық жану кезеңіне өткен жұлдыздардың өзегін білдіреді.

Ақ ергежейлілердің ашылуы тарихындағы негізгі кезеңдердің бірі осындай нысандардың болуы туралы болжам болды. Сонау 19 ғасырда астрономдар жұлдыздарды зерттей отырып, мәселеге тап болды: кейбір жұлдыздар әдеттен тыс әрекет етті. Олар жұлдыздар эволюциясының стандартты үлгілеріне сәйкес келмеді. Осыған сүйене отырып, таусылған жұлдыз ядроларының қалдықтарын бейнелейтін объектілердің болуы туралы гипотеза пайда болды.

Алғашқы ақ ергежейлі 40 Eridani үштік жұлдыз жүйесінде табылды, оның құрамында салыстырмалы түрде жарқыраған бас тізбек жұлдызы 40 Eridani A ақ ергежейлі 40 Eridani B және негізгі қызыл ергежейлі 40 Eridani C жақын екілік жүйенің айналасындағы қашықтықта орбитада айналады. 40 Eridani B/C жұбын Уильям Гершель 1783 жылы 31 қаңтарда ашқан.

40 Eridani B спектрлік түрін ресми түрде 1914 жылы Уолтер Адамс сипаттаған.

Кейін келе Сириустың серігі, Сириус B ашылды.

Кейінгі онжылдықтарда астрономдар аспанның әртүрлі бөліктеріндегі жұлдыздарды зерттеу арқылы көптеген ақ ергежейлілерді тапты.

Бүгінгі таңда ақ ергежейлілер жұлдыздардың эволюциясын және жалпы ғарыштық процестерді түсінудің негізгі объектілері ретінде зерттеледі. Олардың қасиеттері мен сипаттамалары жұлдыздардың қалай дамып жатқанын және осы процестен қандай нысандар пайда болуы мүмкін екенін жақсы түсінуге көмектеседі.

Ақ ергежейлі жұлдыздардың құрамы және құрылымы

Ақ ергежейлілер – эволюциясының соңғы сатысында тұрған жұлдыздар. Олар жұлдыз өзінің ядролық қорын таусып, қызыл алып фазаға өткенде пайда болады. Бұл кезеңде жұлдыз кеңейе бастайды және өте үлкен және жарқын болады.

Бірақ жұлдыздың өзегіндегі ядролық реакциялар тоқтаған кезде ол өзінің тартылыс күшінің әсерінен ыдырай бастайды. Бұл жұлдыздың сыртқы қабаттарының лақтырылуына және жұлдыздың қалған бөлігінің өте кішкентай өлшемге дейін қысылуына әкеледі.

Ақ ергежейлі құрылымы екі негізгі компоненттен тұрады: ядро және электронды қабық. Ақ ергежейлі жұлдыздардың ядросы негізінен жұлдыздағы ядролық реакциялар нәтижесінде пайда болатын көміртегі мен оттегіден тұрады. Бұл ядро өте жоғары тығыздыққа ие және сығылған атомдық бөлшектерден тұрады.

Ақ ергежейлі ядроның айналасында электрондардан тұратын электронды қабық бар. Ақ ергежейлі қабықтағы электрондар өте тығыз күйде және электрон газын құрайды. Бұл электронды газ ақ ергежейлі өзегін одан әрі кішірейтуге жол бермейтін қысым жасайды.

Ақ ергежейлілердің қасиеттері олардың массасы мен өлшемімен де анықталады. Ақ ергежейлілердің массасы Күннің массасымен салыстырылады, бірақ олардың өлшемдері өте кішкентай - диаметрі бірнеше мың километр ғана. Бұл оларды Әлемдегі ең тығыз нысандардың біріне айналдырады.

Ақ ергежейлілердің температурасы да өте жоғары – Цельсий бойынша 10 000-нан 30 000 градусқа дейін. Бұл ақ ергежейлілердің өте баяу суытып, көптеген миллиардтаған жылдар бойы жоғары температураны сақтайтындығына байланысты.

Тұтастай алғанда, ақ ергежейлілер - көптеген жұлдыздар үшін эволюцияның соңғы кезеңін білдіретін қызықты нысандар. Олардың құрылымы мен қасиеттерін зерттеу Әлемде болып жатқан процестерді жақсырақ түсінуге көмектеседі.

Ақ ергежейлілердің болжамды массалары $0,17$ -ден $1,33 M_{\odot}$ -ға дейін белгілі болғанымен, массалық таралу $0,6 M_{\odot}$ -де айқын мәнге ие және көпшілігі $0,5$ -тен $0,7 M_{\odot}$ -ға дейінгі диапазонда жатыр. Бақыланатын ақ ергежейлілердің болжалды радиустары әдетте Күн радиусынан $0,008$ -ден $0,02$ есеге дейін деп есептеледі. Осылайша, ақ ергежейлі күнде Күндікімен салыстырылатын масса бар, ол әдетте Күндікінен миллион есе аз; сондықтан ақ ергежейлі жұлдыздың орташа тығыздығы Күннен шамамен $1\ 000\ 000$ есе көп немесе шамамен 10^6 г/см³ болуы керек. Қарапайым ақ ергежейлі жұлдыздың тығыздығы текше метрге 10^7 -ден 10^{11} кг-ға дейін жетеді. Ақ ергежейлі жұлдыздар материяның ең тығыз формаларының бірінен жасалған. Олардың тығыздығынан тек нейтрондық жұлдыздар, кара құрдымдар және гипотетикалық түрде кварк жұлдыздары сияқты басқа шағын нысандардың тығыздығы ғана асып түседі.

Көптеген ақ ергежейлілер көміртегі мен оттегіден тұрады деп есептелсе де, спектроскопия әдетте олардың жарығы Н немесе He басым болатын атмосферадан келетінін көрсетеді.

Ақ ергежейлілердің массасы мен мөлшері

Ақ ергежейлілер – массасы төмен және орташа жұлдыздардың эволюциясы нәтижесінде пайда болған ықшам нысандар. Олар жұлдыздардың өмірлік циклінің соңғы кезеңін білдіреді, бұл кезде жұлдыздың ядролары ядролық реакцияларды сарқып, тартылыс күшінің әсерінен кішірейе бастайды.

Дегенмен, олардың массасы мен мөлшеріне қарамастан, ақ ергежейлілер өте тығыз. Олардың тығыздығы текше сантиметрге бірнеше тоннаға жетуі мүмкін, бұл су немесе тас сияқты қарапайым материалдардың тығыздығынан жүздеген есе жоғары.

Бір қызығы, ақ ергежейлілердің массасы мен мөлшері Чандрасехар шегі деп аталатын белгілі бір шектермен шектеледі. Бұл шек ақ ергежейлі тұрақсыз болып, ауырлық күшінің әсерінен құлай бастағанға дейін болуы мүмкін максималды массаны анықтайды.

Тұтастай алғанда, ақ ергежейлілер – жұлдыздар эволюциясын және жоғары тығыздық физикасын жақсырақ түсінуге көмектесетін қызықты нысандар.

Ақ ергежейлілердің массасы әдетте шамамен 0,5-тен 1,4 күн массасына дейін болады. Бұл олардың массасы біздің жұлдызбен салыстыруға болатынын білдіреді, бірақ мөлшері өте аз. Ақ ергежейлілердің диаметрі небәрі бірнеше мың шақырым, бұл оларды Жерден әлдеқайда кіші етеді.

Статистикалық тұрғыдан ақ ергежейлі радиусы Жердің радиусымен салыстыруға болады, ал оның массасы 0,6-дан 1,44 күн массасына дейін өзгереді. Бетінің температурасы 200 000 К дейінгі диапазонда, бұл да олардың түсін түсіндіреді.

Ядро

Ішкі құрылымның негізгі сипаттамасы ядроның өте жоғары тығыздығы болып табылады, онда гравитациялық тепе-теңдік бұзылған электрон газынан туындайды. Ақ ергежейлілердің ішкі бөлігіндегі температура және гравитациялық қысу диаметрдің салыстырмалы тұрақтылығын қамтамасыз ететін айныған газдың қысымымен теңестіріледі және оның жарқырауы негізінен сыртқы қабаттардың салқындауы мен қысылуына байланысты болады. Құрамы ана жұлдызының қаншалықты дамығанына байланысты, ол негізінен оттегі бар көміртегі және азғын газға айналатын сутегі мен гелийдің шағын қоспаларынан тұрады.

Эволюция

Гелийдің жарылуы және қызыл алыптың сыртқы қабықшаларының құлауы жұлдызды Герцшпрунг-Рассел диаграммасы бойынша ығысады, оның басым химиялық құрамын анықтайды. Ақ ергежейлі өмірлік циклі ол салқындағанша тұрақты болып қалады, жұлдыз өзінің жарқырауын жоғалтып, көрінбейтін болып, «қара ергежейлі» деп аталатын кезеңге енеді. Бұл эволюцияның соңғы кезеңі.

Жақын жерде жұлдызды серіктердің болуы аккрециялық дискінің пайда болуы арқылы заттардың бетіне түсуіне байланысты олардың өмірін ұзартады. Жұпталған жүйелердегі заттардың жиналу ерекшеліктері ақ ергежейлілердің бетінде заттардың жиналуына әкелуі мүмкін, бұл сайып келгенде, Ia типті жаңа немесе асқын жаңа жұлдыздың (ерекше массивті болған жағдайда) жарылуына әкеледі.



1-сурет. Ақ ергежейлі жұлдыздың моделі [1]

Ақ ергежейлілердің температурасы мен жарқырауы

Ақ ергежейлілер өте ыстық заттар болып табылады және олардың жарқырауында олардың температурасы маңызды рөл атқарады. Ақ ергежейлілердің температурасы Цельсий бойынша бірнеше ондаған мың градусқа жетуі мүмкін.

Бұл жоғары температура жұлдыздың эволюциясы кезінде оның ішінде болатын қысу және қыздыру процесіне байланысты. Жұлдыз өзінің ядролық қорын таусып, ақ ергежейлі кезеңге өткенде, ол өзінің тартылыс күшінің әсерінен жиырылады. Бұл жұлдыз ішіндегі тығыздық пен температураның жоғарылауына әкеледі.

Ақ ергежейлілердің жарықтығы олардың температурасына байланысты. Температура неғұрлым жоғары болса, соғұрлым олар жарқырайды. Ақ ергежейлілер ең алдымен спектрдің көрінетін диапазонында жарық шығарады, бірақ ультракүлгін диапазонында да жарық шығара алады.

Ақ ергежейлілердің жарқырауы олардың мөлшері мен массасына да байланысты. Массивті ақ ергежейлілердің жарқырауы жоғары, өйткені оларда ядролық реакциялар көп және олар шығара алатын энергия көп.

Бір қызығы, уақыт өте келе ақ ергежейлілердің температурасы төмендейді, өйткені олар бірте-бірте суытып, энергиясын жоғалтады. Бұл процесс миллиардтаған жылдарға созылуы мүмкін, ақырында ақ ергежейлі қара ергежейліге айналуы мүмкін, ол енді жарық шығармайды.

Ақ ергежейлілердің жіктелуі

Ақ ергежейлілер массасы мен құрамына қарай жіктеледі. Ақ ергежейлілердің бірнеше түрі бар, олар өздерінің қасиеттері мен эволюциялық жолдарымен ерекшеленеді.

Ақ ергежейлілердің негізгі тізбегі

Бас тізбекті ақ ергежейлілер - ақ ергежейлілердің ең көп таралған түрі. Олар массасы 0,5-тен 8 күн массасына дейінгі жұлдыздардан құралған. Ядролық отын таусылғаннан кейін бұл жұлдыздар қызыл алып фазадан өтеді, содан кейін

ақ ергежейлі мөлшеріне дейін құлайды. Ақ ергежейлілердің негізгі тізбегі негізінен көміртегі мен оттегіден, гелийдің және басқа элементтердің аз мөлшерінен тұрады.

Ядросы оттегінен тұратын ақ ергежейлілер

Кейбір ақ ергежейлілердің өзегі негізінен оттегіден тұрады. Бұл ақ ергежейлілер массасы 0,5 күн массасынан аз болатын жұлдыздардан түзілген. Олар қызыл алып фазадан өтеді, содан кейін ақ ергежейлі мөлшеріне дейін құлайды. Оттегі өзегі бар ақ ергежейлілердің жарықтығы мен температурасы негізгі қатардағы ақ ергежейлілерге қарағанда төмен.

Ядросы гелийден тұратын ақ ергежейлілер

Кейбір ақ ергежейлілердің өзегі негізінен гелийден тұрады. Бұл ақ гномдар күн массасы 0,5-тен аз және қызыл алып фазадан өтпеген жұлдыздардан пайда болады. Олар ақ ергежейлі өлшеміне дейін ыдырайды, бірақ негізгі тізбектегі ақ ергежейлі және оттегі өзегі бар ақ ергежейлілерге қарағанда жарықтығы мен температурасы төмен.

Ерекше құрамы бар ақ ергежейлілер

Кейбір ақ ергежейлілердің көміртегі, оттегі және гелийден басқа ерекше құрамы бар. Мысалы, кейбір ақ ергежейлілерде нейтрондық жұлдыздардың немесе қара тесіктердің аз саны болуы мүмкін. Бұл ақ ергежейлілер екі жұлдыз жүйесінің өзара әрекеттесуінен пайда болады және әртүрлі қасиеттері мен құрамы болуы мүмкін.

Осылайша, ақ ергежейлілердің классификациясы олардың массасына, құрамына және эволюциялық жолдарына негізделген. Ақ ергежейлілердің әрбірі өзінің ерекше қасиеттеріне ие және жұлдыздардың эволюциясын және жалпы космологияны түсінуде маңызды рөл атқарады.

Ақ ергежейлілердің қоршаған ортамен әрекеттесуі

Ақ ергежейлілер өздерінің шағын массасы мен өлшеміне қарамастан, қоршаған ортамен әрекеттесе алады және олардың айналасындағы аймаққа айтарлықтай әсер етеді. Міне, ақ ергежейлілердің қоршаған ортамен әрекеттесуінің негізгі жолдары:

Аккреция

Ақ ергежейлілер қоршаған ортадан материалды тартып, сіңіре алады. Бұл процесс аккреция деп аталады. Ақ ергежейлі басқа жұлдызбен екілік жүйеде болғанда, ол өзінің серігінің бетінен материалды тарта алады. Бұл материал ақ карликтің бетіне түсіп, жарқыраған жарқыраулар мен энергия жарылыстарын тудыруы мүмкін.

Ақ ергежейлілер мезгіл-мезгіл энергия жарылыстарын сезінуі мүмкін. Бұл ақ ергежейлі бетіндегі жинақталған материал критикалық массаға жеткенде және ядролық реакциялар басталғанда болады. Нәтижесінде қоршаған кеңістікке газ бен шаңның бөлінуімен бірге жүретін ошақ пайда болады.

Ақ ергежейлі энергияны жарық түрінде және электромагниттік сәулеленудің басқа түрлерінде шығарады. Бұл олардың бетіндегі жоғары температура мен тығыздыққа байланысты. Ақ ергежейлілердің сәулеленуі олардың температурасы мен құрамына байланысты көрінетін немесе көрінбейтін болуы мүмкін.

Ақ ергежейлілерде қоршаған заттарға әсер ете алатын күшті гравитациялық өріс бар. Олар жақын маңдағы жұлдыздармен және планеталармен әрекеттесе алады, олардың орбиталарын өзгертеді және олардың эволюциясына әсер етеді.

Ақ ергежейлілердің қоршаған ортамен өзара әрекеттесуі осы жұлдызды нысандарды зерттеудің маңызды аспектісі болып табылады. Бұл олардың эволюциясы, қоршаған ортаға әсері және жалпы космологиядағы рөлі туралы түсінігімізді тереңдетуге мүмкіндік береді.

Ақ ергежейлілердің өмірлік циклінің аяқталуы

Ақ ергежейлілердің өмірлік циклі олардың бірте-бірте салқындауы және өзегінен күйіп кетуі нәтижесінде аяқталады. Олардың орталығындағы ядролық отынның қоры таусылғанда, жұлдыздың дәйекті қысылуы мен салқындауы орын алады.

Ақырында ақ ергежейлі қара ергежейлі деп аталатын күйге ауысады. Бұл күйде жұлдыз енді жарық пен жылуды шығармайды және ол қараңғы және суық болады. Қара ергежейлілер – негізінен көміртегі мен оттегіден тұратын тығыз заттар.

Дегенмен, бүгінгі күнге дейін бірде-бір қара ергежейлі тікелей байқалған жоқ, өйткені олар жарық шығармайды және бақылауға көрінбейді. Дегенмен, қара ергежейлілер космологияда маңызды рөл атқарады, өйткені олар көптеген жұлдыздардың, соның ішінде Күннің эволюциясының соңғы нәтижесі болып табылады.

Бір қызығы, қара ергежейлілер гравитациялық тартылыс көзі бола алады және планеталар мен басқа жұлдыздар сияқты қоршаған объектілерге әсер етеді. Олар жақын маңдағы объектілермен өзара әрекеттесе алады, олардың орбиталарын өзгертеді және олардың эволюциясына әсер етеді.

Жалпы, ақ ергежейлілердің өмірлік циклінің аяқталуы және қара ергежейлі күйге өтуі жұлдыздар эволюциясындағы табиғи процесс және космология мен Әлемнің дамуын түсінуде маңызды рөл атқарады.

Әдебиеттер тізімі:

1. https://www.eso.org/public/unitedkingdom/products/postcards/postcard_0072/
2. Шапиро С. Л., Тьюколски С. А. Чёрные дыры, белые карлики и нейтронные звёзды / Пер. с англ. под ред. Я. А. Смородинского. — М.: Мир. — 1985. — Т.1-2. — стр.656.
3. S. Chandrasekha. The density of white dwarf stars // Philosophical Magazine. — 1931. — Vol. 11. — P.592–596.