«8D05307 – Физика және астрономия» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін диссертациялық жұмысқа

АҢДАТПА

БАҚЫТҚЫЗЫ ӘЙГЕРІМ

AS314 ЖҰЛДЫЗЫНЫҢ ЭВОЛЮЦИЯСЫ: LBV ЖӘНЕ POST-AGB ЖҰЛДЫЗДАРЫМЕН САЛЫСТЫРМАЛЫ ЗЕРТТЕУ

Жұмыстың жалпы сипаттамасы

Жұлдыздардың эволюциясын зерттеу қазіргі астрофизиканың маңызды бағыттарының бірі болып табылады. Жұлдыздың массасы, жарықтылығы және химиялық құрамы оның даму жолын анықтайды, ал эволюция барысында атмосфера құрылымы мен жұлдыз желі айтарлықтай өзгереді. Осындай табиғаты жөнінде біржақты пікір қалыптаспаған нысандардың бірі – AS314 жұлдызы. Әдебиетте ол кейде post-AGB жұлдызы ретінде, ал кейбір еңбектерде LBV типті объект ретінде қарастырылады, бұл оның эволюциялық статусын кешенді зерттеудің қажеттілігін көрсетеді.

Бұл жұмыста AS314 жұлдызының фотометриялық және спектроскопиялық деректеріне кешенді талдау жасалды. ASAS-SN, ASAS-3, Gaia EDR3, WISE, сондай-ақ AKARI, MSX және IRAS миссияларының деректері пайдаланылды. Жоғары дәлдікті спектрлер бірнеше обсерваториялардан алынып, IRAF және заманауи бағдарламалар арқылы өңделді.

Жұлдыздың негізгі параметрлері спектрлік энергия таралуын Castelli – Kurucz модельдері мен DUSTY бағдарламасы арқылы модельдеу негізінде анықталды. Сонымен қатар, жұлдыздың орны Герцшпрунг – Рассел диаграммасында бағаланып, post-AGB және LBV эволюциялық тректерімен салыстырылды.

Зерттеу нәтижесінде AS314 жұлдызының жарықтылығы, массасы, радиусы, арақашықтығы және жұлдызаралық жұтылуы анықталды. Сондай-ақ, жұлдыз желінің белсенділігі, спектрлік сызықтардың өзгерісі және қосарланған жүйе ықтималдығы зерттелді. Жүргізілген талдау объектінің физикалық табиғаты мен эволюциялық статусын нақтылауға мүмкіндік берді.

Тақырыптың өзектілігі

Жұлдыздарды дұрыс классификациялау – қазіргі астрофизиканың маңызды міндеттерінің бірі, себебі ол жұлдыздардың эволюциялық жолын және Галактиканың химиялық эволюциясын түсінуге мүмкіндік береді. Жұлдыздардың едәуір бөлігі эволюциясының соңғы сатыларында қос жүйелер құрамында болады, мұнда масса алмасу мен шаң-тозаң түзілу сияқты күрделі процестер жүреді. Post-AGB және LBV типті жұлдыздар – осы процестердің айқын көрінісі. Post-AGB жұлдыздары сыртқы қабықтарын жоғалтып, ақ ергежейліге айналуға жақын болса, LBV жұлдыздары аса жарық әрі тұрақсыз, болашақта Вольф – Райе жұлдыздарына немесе суперноваға айналады. Екі тип те жұлдызаралық ортаны ауыр элементтермен байытуда маңызды рөл атқарады.

Алайда бұл екі классты ажырату қиын, өйткені олардың спектрлік және фотометриялық қасиеттері ұқсас: Бальмер сызықтары, шаң қабықтарының болуы және температура диапазондары сәйкес келеді. Осыған байланысты кейбір объектілер аралық сипат көрсетеді.

AS314 – осындай күрделі табиғаты бар нысандардың бірі. Әдебиетте ол бірде post-AGB, бірде LBV ретінде қарастырылады. Бұл оның спектрлік ерекшеліктерімен, шаң қабықшасының болуымен және фотометриялық қасиеттерімен түсіндіріледі.

AS314 сияқты объектілерді зерттеу тек жеке жұлдыздың табиғатын анықтауға емес, сонымен қатар post-AGB мен LBV жұлдыздарының эволюциялық байланысын түсінуге мүмкіндік береді. Мұндай зерттеулер жұлдыздардың соңғы сатыларындағы физикалық процестерді және Галактиканың химиялық эволюциясын тереңірек түсіндіруге ықпал етеді.

Жұмыстың мақсаты

Бұл жұмыстың басты мақсаты ретінде AS314 жұлдызының эволюциялық табиғатын кешенді зерттеу таңдалды. Ол үшін әртүрлі диапазондағы фотометриялық деректер мен оптикалық спектроскопиялық бақылаулар талданды. Зерттеу барысында жұлдыздың негізгі физикалық параметрлерін сипаттау, спектрінде көрінетін ерекшеліктерді анықтау, жұлдызаралық жұтылу шамасын салыстыру, сондай-ақ, оны қоршаған шаң-тозаңды қабығын зерттеу мәселелері қарастырылады. Жиналған деректерді LBV және post-AGB типті объектілердің сипаттарымен салыстыру арқылы AS314 жұлдызының табиғатын түсіндіру жұмыстың негізгі мақсаты болып табылады.

Негізгі зерттеу міндеттері

– AS314 жұлдызының спектрлік және фотометриялық деректерін талдау, спектрлік энергия таралуын Castelli – Kurucz атмосфералық модельдері мен DUSTY радиация тасымалы коды арқылы модельдеу негізінде оның негізгі физикалық параметрлерін және шаң-тозаңды қабықтың құрылымын анықтау.

– AS314 жұлдызының жарықтылығын, радиусын және массасын анықтап, оның Герцшпрунг – Рассел диаграммасындағы орнын тұрғызу және Bayestar2019 картасы негізінде қашықтығын бағалау арқылы LBV және post-AGB типті жұлдыздармен салыстырып, эволюциялық статусын айқындау.

– Жарқырау қисығы мен спектрлік сызық профильдерін талдау арқылы жұлдыз атмосферасының динамикасын зерттеу, орбиталық қозғалыстың және қосарланған компоненттің болуын тексеру.

Зерттеу объектісі: AS314 жұлдызы.

Зерттеу пәні: AS314 жұлдызының спектрлік және фотометриялық қасиеттері, эволюциялық табиғаты, оның негізгі параметрлері (тиімді температурасы, жарықтылығы, радиусы, массасы, арақашықтығы, жұлдызаралық жұтылу шамаса), спектрлік энергия таралуы, жұлдыз желінің динамикасы және орбиталдық қозғалысы.

Зерттеу әдістері

– AS314 жұлдызының фотометриялық және дәлдігі жоғары спектрлік деректерін жинау, талдау, спектрлік энергия таралуын Castelli – Kurucz

атмосфералық модельдері және DUSTY радиация тасымалы коды арқылы модельдеу.

– Герцшпрунг – Рассел диаграммасын тұрғызу, Bayestar2019 шаң карталарын пайдаланып қашықтықты бағалау және AS314 жұлдызының параметрлерін есептеу, алынған параметрлерді LBV және post-AGB типті жұлдыздармен салыстырмалы талдау.

– AS314 жұлдызының фотометриялық және дәлдігі жоғары рұқсатты спектрлік деректеріне кросс-корреляциялық талдау, жарқырау қисығын тұрғызу, радиалды жылдамдықтарын анықтау, жұлдыз атмосферасының динамикасы мен орбиталдық қозғалысын Доплер эффектісі арқылы зерттеу.

Қорғауға ұсынылатын негізгі тұжырымдар

1. Спектрлік энергия таралуын модельдеу нәтижелері бойынша AS314 жұлдызының тиімді температурасы $10\,000\,K$, ал жұлдыздың айналасында оптикалық тереңдігі $\tau \approx 0.1$ болатын оптикалық жұқа шаң-тозаңды қабық орналасқан.

2. AS314 жұлдызы физикалық параметрлері мен спектрлік сипаттамалары бойынша LBV типті жұлдыздарға тән қасиеттерге ие және оның жарықтылығы post-AGB жұлдызбен салыстырғанда шамамен 50 есе жоғары болады.

3. AS314 жұлдызының жарқырау қисығындағы ауытқулар мен спектрлік сызық профильдеріндегі ығысулар қосарланған компоненттің әсерінен емес, жылдамдығы 100–200 км/с аралығында өзгеретін айнымалы жұлдыз желінің динамикасы нәтижесінде пайда болады.

Зерттеу нәтижелері

1. Спектрлік энергия таралуын модельдеу нәтижелері бойынша AS314 жұлдызының тиімді температурасы шамамен $10\,000\,K$ екені және оның айналасында оптикалық тереңдігі $\tau \approx 0.1$ болатын графитті-силикатты, оптикалық жұқа шаң-тозаңды қабық бар екені анықталды.

2. AS314 жұлдызының спектрлік, фотометриялық және физикалық параметрлері (жарықтылығы $\lg(L/L_{\odot}) \approx 5.2$, радиусы $R \approx 130R_{\odot}$, массасы $M \approx 60M_{\odot}$, арақашықтығы $d \approx 10$кпк) LBV және post-AGB типті жұлдыздармен салыстырмалы түрде талданды. Салыстыру кезінде типтік post-AGB жұлдыздардың ($\lg(L/L_{\odot}) \approx 3.5$, төмен массалы) және жоғары жарықтылықты LBV жұлдыздарының параметрлері ескерілді. Нәтижесінде AS314 жұлдызының жарықтылығы мен массасы post-AGB жұлдыздардан шамамен 50 есе жоғары екені және оның физикалық сипаттамалары LBV типтес аса жарық жұлдыз екені негізделді.

3. Жарқырау қисығын және радиалдық жылдамдықтарының уақыт бойынша өзгерісін зерттеу айқын тұрақты периодтылықтың жоқ екенін көрсетті. Бальмер сериясының H_{α}, H_{β}, H_{γ} сызықтарындағы Доплер ығысулар жұлдыз желінің бізге қарай 100–200 км/с жылдамдықпен қозғалып жатқанын көрсетті. Бұл өзгерістер орбиталық қозғалыспен емес, айнымалы жұлдыз желінің динамикасымен байланысты екенін және AS314 объектісінің қос компонентсіз дара жұлдыз екенін дәлелденді

Ғылыми жаңалығы

1. Алғаш рет Castelli – Kurucz атмосфералық модельдері мен DUSTY радиациялық тасымал кодын қолдану арқылы AS314 жұлдызының спектрлік энергия таралуы модельденіп, оның тиімді температурасы, жұлдызаралық жұтылу шамасы, шаң-тозаңды қабығының құрылымы анықталды.

2. Алғаш рет алынған нәтижелер LBV және post-AGB типті жұлдыздармен салыстырылып, объектінің физикалық параметрлері анықталды және AS314 жұлдызының LBV типтес аса жарық жұлдыздарға тән қасиеттерге ие екендігі ғылыми тұрғыдан негізделді.

3. Алғаш рет AS314 жұлдызы үшін соңғы 25 жылдағы жоғары дәлдікті спектрлік және фотометриялық деректерге кешенді талдау жүргізіліп, жарқырау қисығы тұрғызылды және кросс-корреляциялық әдіс негізінде радиалдық жылдамдықтардың уақыт бойынша өзгерісі зерттеліп, жұлдыз атмосферасының динамикасы мен орбиталық қозғалысы талданды.

Теориялық маңыздылығы

Бұл зерттеу AS314 жұлдызының эволюциялық табиғатын нақтылап, жоғары массалы жұлдыздардағы масса жоғалту, жұлдыз желі және шаң-тозаң түзілу процестерін түсінуге үлес қосады. Қолданылған спектрлік талдау, кросс-корреляциялық әдіс және спектрлік энергия таралуын модельдеу тәсілдері LBV және post-AGB типті жұлдыздарды ажыратуда және олардың физикалық параметрлерін анықтауда тиімді әдістемелік негіз ұсынады.

Практикалық маңыздылығы

Практикалық тұрғыдан жұмыс заманауи астрономиялық деректерді өңдеу мен модельдеудің толық алгоритмін көрсетеді және ашық деректерді пайдаланып ұқсас объектілерге дербес зерттеу жүргізуге мүмкіндік береді. Нәтижелерді оқу процесіне арнайы курс немесе практикалық сабақ ретінде енгізуге болады, сондай-ақ жоғары массалы жұлдыздарды зерттеуге бағытталған мемлекетпен қаржыландыратын ғылыми жобаларды дамытуға негіз бола алады.

Автордың жеке үлесі

Зерттеу жұмысының барлық талдаулары мен нәтижелері автордың тікелей қатысуымен орындалды. Зерттеу мақсаттары мен әдістері ғылыми жетекшілермен бірлесіп анықталды, ал алынған нәтижелер талқыланып, салыстырмалы қорытындылар жасалды.

Нәтижелердің сенімділігі

Ғылыми нәтижелердің сенімділігі қолданылған әдістердің дұрыстығымен, бақылау деректерінің сәйкес келуімен және ұқсас объектілер бойынша басқа авторлардың еңбектерімен үйлесуімен расталады.

Жұмыстың апробациясы

Зерттеу нәтижелері халықаралық және республикалық ғылыми конференциялар мен басылымдарда ұсынылған. Thomson Reuters және Scopus халықаралық деректер базасына енетін жоғары импакт-факторлы журналдардағы мақала:

1. Bakhytkyzy A., Miroshnichenko A. S., Klochkova V. G., Panchuk V. E., Zharikov S. V., Mahy L., Van Winckel H., Agishev A. T., Khokhlov S. A. AS 314: A Massive Dusty Hypergiant or a Low-Mass Post-Asymptotic Giant Branch Object? //Galaxies. – 2025. – Vol. 13. – №. 2. – P. 17. Web of Science: Impact Factor

3.8, Q2. Scopus: CiteScore 6.3, Percentile 74%. https://doi.org/10.3390/galaxies13020017

Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған басылымдарда жарияланған мақала:

1. Gyuchtash A., Nurmakhametova S., Vaidman N., Khokhlov S., Agishev A., Bakhytkyzy A. (2025). A method for determining the physical parameters of hot supergiants based on spectral energy distribution analysis. //Physical Sciences and Technology. – 2025. – Т. 12. – №. 1-2. – С. 45-56. Web of Science: Impact Factor 0.25, Q4. Scopus: CiteScore 0.7, Percentile 24%. https://doi.org/10.26577/phst20251215

Зерттеу жұмысының ғылыми жобалармен байланысы

Бұл диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландыратын №AP23484898 «Галактикалық ыстық аса алыптардың іргелі параметрлерін анықтаудың заманауи әдісін дамыту» атты ғылыми жоба (2024-2026 жж.) аясында орындалды.

Диссертациялық жұмыстың көлемі мен құрылымы

Диссертациялық жұмыс кіріспеден, төрт негізгі бөлімнен, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімі мен 2 қосымша бөлімінен тұрады. Жұмыс 120 беттен тұрады, оның ішінде 35 сурет, 7 кесте, және 79 әдебиет көзі қамтылған.