«8D05307 – Физика және Астрономия» білім беру бағдарламасы бойынша философия ғылымдарының докторы (PhD) дәрежесін алуға арналған диссертациялық жұмысқа

АҢДАТПА

АКНИЯЗОВА АЙГЕРИМ ЖАНАТОВНА

B[e] құбылысы бар MWC 342 жұлдызының физикалық параметрлері мен табиғаты

Жұмыстың жалпы сипаттамасы. Осы диссертациялық жұмыс B[e] феномені бар MWC 342 эмиссиялық жұлдызын зерттеуге арналған. B[e] феномені – спектрлік класы B жұлдыздарында байқалатын спектрлік және фотометриялық сипаттамалардың жиынтығы болып табылады. Мұндай жұлдыздарда айқын тыйым салынған эмиссиялық сызықтар (таңбалануы «[e]») және артық инфрақызыл сәулелену байқалады. Бұл ерекшеліктер көбінесе жұлдыз маңындағы тығыз әрі біртекті емес газ бен шаңның болуымен байланысты, олар әдетте диск немесе сақина түріндегі құрылым түзеді.

B[e] феноменінің негізгі белгілері: [O I], [Fe II] және т.б. тыйым салынған сызықтардың болуы; сутегінің күшті эмиссиялық сызықтары (Бальмер сериясы); ыстық шаңнан туындайтын айқын инфрақызыл (ИК) артық сәулелену; жұлдыз маңындағы күрделі құрылым – диск, қабықша және ағындар. Шамамен 10.0 жұлдыздық шамадағы MWC 342 жұлдызы Аққу шоқжұлдызында орналасқан және алғаш рет сутегінің қарқынды эмиссиялық сызығының байқалуының арқасында анықталған. Сонымен қатар, MWC 342 жұлдызында инфрақызыл артық сәулелену байқалады.

Зерттеу барысында әртүрлі обсерваторияларда алынған фотометриялық және спектроскопиялық деректер жиналып, талданды. Сондай-ақ ашық деректер базаларынан алынған материалдары өңделді, олардың ішінде APASS DR10, ASAS-SN, INTEGRAL және KWS жобалары бар. Нәтижесінде MWC 342 жұлдызының 1985 – 2025 жылдар аралығындағы бақылау деректері жинақталды. Осы диссертациялық жұмыстың екінші тарауында жиналған бақылау деректерінің сипаттамасы және олар алынған дереккөздер көрсетілген. Сонымен қатар алынған деректерді талдау барысында қолданылған әдістер сипатталған.

Жүргізілген зерттеу нәтижесінде MWC 342 жұлдызының негізгі сипаттамалары анықталды. Жүргізілген талдау негізінде нысанның жұлдыз маңындағы қабықшасының күрделі құрылым белгілерін көрсететіні анықталды. Жұлдыздың жарқырау қисығының өзгергіштігі қатаң периодтық заңдылықтарды көрсетпейді, керісінше ұзақ мерзімді квазипериодтық сипатқа ие. Сонымен қатар Hα сызығының эквиваленттік енінің айнымалылығымен антикорреляция анықталды.

Спектрдегі энергияның таралуы 160 μm-ге дейінгі диапазонда тұрғызылып, толқын ұзындығы үлкен аймақта ағынның күрт төмендейтінін көрсетті. Алғаш рет Gaia DR3 деректерін және жұлдызаралық жұтылудың жаңа моделін пайдалану арқылы MWC 342 жұлдызының жарықтылығы нақтыланды.

Бұл оның жас жұлдыздар класына жатпайтынын анықтауға және нысанның эволюциялық кезеңін қайта қарастыруға мүмкіндік берді.

Жүргізілген бақылау деректерінің кешенді талдауы MWC 342 нысанының FS CMa типіндегі B[e] феномені бар жұлдыздардың типтік өкілдерінің бірі болып қала беретінін көрсетті және жұлдыз бен оның жұлдыз маңындағы ортасының өзара әрекеттесу процестерін зерттеу үшін құнды нысан болып табылады. Бақыланатын сипаттамалардың жиынтығы MWC 342 жұлдызын аралық массалы жұлдыздардың эволюциясының кеш кезеңдерін және жұлдыз маңындағы заттың күрделі құрылымының қалыптасуын зерттеуге арналған маңызды астрофизикалық зертхана ретінде қарастыруға мүмкіндік береді.

Тақырыптың өзектілігі. Жұлдыздардың физикалық табиғаты мен эволюция кезеңдерін зерттеу қазіргі астрофизиканың негізгі бағыттарының бірі болып табылады, өйткені жұлдыздар галактикалардың энергетикалық тепе-теңдігін және химиялық эволюциясын анықтайды. Ерекше қызығушылық B[e] феномені бар нысандарды зерттеуге бағытталған, себебі олар жұлдыз маңындағы күрделі ортамен, эмиссиялық сызықтармен және инфрақызыл артық сәулеленумен сипатталады. Бұл белгілер жұлдыз маңында газ бен шаңның бар екенін көрсетеді.

Осы топтың ең аз зерттелген өкілдерінің бірі – FS CMa жұлдыздар тобына жатқызылатын MWC 342 жұлдызы. Оның физикалық табиғаты мен эволюциялық кезеңі әлі де ғылыми пікірталастардың нысаны болып келеді: әр түрлі жылдары бұл нысан Herbig Ae/Be жұлдызы, қос жұлдыздық жүйе немесе дұрыс емес айнымалы жұлдыз ретінде жіктелген. Қазіргі спектроскопиялық және фотометриялық деректер MWC 342 жұлдызының FS CMa тобына жататынын көрсетеді, алайда оның айнымалылығының механизмдері, масса жоғалту процестері және жұлдыз маңындағы дискінің қалыптасу механизмдері толық анықталмаған.

Зерттеудің өзектілігі жұлдыздың физикалық параметрлерін нақтылау, оның ұзақ периодты айнымалылығын талдау және эмиссиялық сызықтардың динамикасын зерттеу қажеттілігімен байланысты. Көпжылдық кешенді бақылаулар жарқыраудың және спектрлік сипаттамалардың квазипериодтық өзгерістерін анықтауға мүмкіндік береді, бұл жұлдыз маңындағы ортада тұрақсыз процестердің жүріп жатқанын көрсетеді.

Осылайша, MWC 342 жұлдызын зерттеу тек оның жеке табиғатын анықтау үшін ғана емес, сонымен қатар масса жоғалту механизмдерін, дискілердің қалыптасуын және жалпы алғанда B[e] феномені бар жұлдыздардың эволюциясын түсіну үшін де маңызды болып табылады.

Жұмыстың мақсаты: B[e] феномені бар MWC 342 эмиссиялық жұлдызын кешенді зерттеу, сондай-ақ қазіргі заманғы спектрлік және фотометриялық деректер негізінде оның физикалық параметрлерін және эволюциялық кезеңін нақтылау.

Зерттеу міндеттері:

1. MWC 342 жұлдызының фотометриялық бақылауларын талдау арқылы оның оптикалық жарқырауының ұзақ мерзімді квазипериодтық

айнымалылығын анықтау және жарықтылықтың өзгерістері мен Hα сызығының эквиваленттік енінің өзгерістері арасындағы өзара байланысты орнату.

2. Жұлдыздың спектрдегі энергиясының таралуын толқын ұзындықтарының кең диапазонында (оптикалық аймақтан алыс инфрақызыл аймаққа дейін) құру және зерттеу арқылы жүйедегі шаң компонентінің сипатын анықтау және суық шаңның бар-жоғын тексеру.

3. Hα сызығы профилін талдау үшін информациялық-энтропиялық әдісті қолдану және оның қалыптасу табиғатын түсіндіру.

Зерттеу нысаны: спектрінде эмиссиялық сызықтары бар, B[e] феномені байқалатын MWC 342 жұлдызы.

Зерттеу пәні: спектрінде эмиссиялық сызықтары бар MWC 342 жұлдызының спектрлік және фотометриялық қасиеттері, олардың уақыт бойынша айнымалылығы, сондай-ақ жұлдыз маңындағы қабықшаның физикалық жағдайы мен динамикасын сипаттайтын информациялық-энтропиялық параметрлер.

Зерттеу әдістері:

1. MWC 342 жұлдызының бақылау сипаттамаларын зерттеуге арналған фотометриялық және спектроскопиялық талдау әдісі.

2. Жарықтылықтың айнымалылығын және спектрлік сызық параметрлерін зерттеу үшін IRAF және Python бағдарламаларын қолдану арқылы талдау әдісі.

3. MWC 342 жұлдызының айналасындағы ортаның физикалық параметрлерін анықтау үшін спектрдегі энергияның таралуын (SED) модельдеу әдісі.

4. Фотометриялық және спектрлік вариациялар арасындағы корреляциялық тәуелділіктерді анықтау үшін оптикалық жарықтылықтың өзгерістері мен Hα сызығының эквиваленттік енінің арасындағы байланысты талдау әдісі.

5. Жұлдыздың эволюциялық диаграммадағы орнын нақтылау үшін Gaia DR3 деректері мен жұлдызаралық жұтылу карталарын пайдалана отырып жарықтылықты анықтау әдісі.

6. Жұлдыз маңындағы қабықтың физикалық жағдайын және динамикасын анықтау үшін шартты информациялық-энтропиялық талдау әдісі.

Қорғауға ұсынылатын негізгі тұжырымдамалар:

Тұжырымдама 1: MWC 342 жұлдызының фотометриялық жарқырауының айнымалылығы сутегінің эмиссиялық сызықтары (Hα, Hβ) профильдерінің жүйелі өзгерістерімен қатар байқалады және бұл құбылыс жұлдыз маңындағы газ-дискілі заттың бейстационарлық күйін түсіндіреді.

Тұжырымдама 2: Жұлдыз спектрінде иондалған гелий (He II) сызықтарының болмауы оның маңында жоғары температуралы аймақтардың жоқтығын және бұл нәтиженің спектрдегі энергияның таралуы деректерімен сәйкес келіп, жұлдыздың тиімді температурасының шамамен ~20 000 К екенін көрсетеді.

Тұжырымдама 3: Фазалық кеңістіктің энтропиясы $H(X,Y)$ мен шартты энтропия $H(Y|X, Y = Y(\dot{X}))$, айырмасы арқылы анықталған шартты

информациялық-энтропиялық мән ($\tilde{I} = 0.806$) жүйенің детерминді және стохастикалық күйлер арасындағы өтпелі режимде екенін көрсетіп, спектрлік сызық профилінің қалыптасуының күрделі табиғатын дәлелдейді.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы:

1. MWC 342 жұлдызында фотометриялық жарқыраудың ұзақ мерзімді квазипериодтық компоненті (~20 жыл) алғаш рет анықталды, сондай-ақ оның Hα эмиссиялық сызығының эквиваленттік енінің айнымалылығымен байланысы орнатылды. Бұл жұлдыз маңындағы заттың тығыздығының өзгерістерін көрсетеді.
2. Бұл нысан үшін иондалған гелийдің (He II) сызықтарының болмауы алғаш рет спектрдегі жаңартылған энергия таралуы нәтижелерімен кешенді түрде қарастырылды. Мұның нәтижесінде MWC 342 жұлдызының тиімді температурасы ~20 000 К деңгейінде анықталып, оның жақын ортасында жоғары температуралы аймақтардың жоқтығы расталды.
3. Алғаш рет Hα сызығы профилін талдау үшін информациялық-энтропиялық тәсіл ұсынылып, апробацияланды. Бұл тәсіл фазалық кеңістіктің нормаланған өзара информациясын негізге ала отырып, сәулеленетін ортаның өтпелі динамикалық режимдерін сандық тұрғыда зерттеуге мүмкіндік береді.

Жұмыстың теориялық маңызы.

Жұмыстың теориялық маңызы MWC 342 жұлдызы жататын FS CMa типіндегі B[e] феномені бар жұлдыздардың табиғаты туралы ғылыми түсініктерді кеңейтумен байланысты. Алғаш рет анықталған фотометриялық вариациялардың ұзақ мерзімді квазипериодтылығы және оның Hα сызығының интенсивтілігінің өзгерістерімен байланысы жұлдыз маңындағы ортадағы тығыз құрылымдардың динамикасын және жұлдыздың газ-шаң ортасымен өзара әрекеттесу механизмдерін тереңірек түсінуге мүмкіндік береді. Жарықтылық параметрлері мен спектрдегі энергияның таралуының нақтылануы нысанды дәлірек жіктеуге және оның эволюциялық кезеңін нақтылауға ықпал етеді. Бұл нәтижелер аралық массалы жұлдыздардың эволюциясының кеш кезеңдері теориясының дамуына үлес қосады.

Жұмыстың практикалық маңызы

Практикалық маңызы – алынған нәтижелерді B[e] феномені бар басқа жұлдыздардың бақылау деректерін интерпретациялау кезінде және олардың газ-шаң қабықшаларының модельдерін құруда қолдану мүмкіндігімен анықталады. Зерттеу барысында қолданылған фотометриялық және спектрлік деректерді өңдеу мен талдау әдістері жұлдыз маңындағы затпен өзара әрекеттесу және тұрақсыздық белгілерін көрсететін жұлдыздарды одан әрі бақылау және теориялық зерттеулерде пайдалануға болады.

Автордың жеке үлесі. Автор бақылау деректерін талдау мен өңдеуді дербес орындады. Зерттеудің мақсаттарын қою, міндеттерін тұжырымдау және алынған нәтижелерді интерпретациялау ғылыми жетекшілердің кеңестік қолдауымен жүзеге асырылды.

Нәтижелердің сенімділігі: Алынған нәтижелердің сенімділігі астрономиялық деректерді өңдеу мен талдаудың қазіргі заманғы және тексерілген әдістемелерін қолдану, сондай-ақ бақылау ақпараттарының тәуелсіз

дереккөздерін пайдалану арқылы қамтамасыз етіледі. Фотометриялық және спектрлік деректердің сенімділігі олардың алдыңғы зерттеулерде жарияланған нәтижелермен үйлесімділігі арқылы расталады. Статистикалық әдістерді қолдану және есептеулерді IRAF бағдарламалық пакеті мен Python бағдарламалау тілі көмегімен қайта тексеру қорытындылардың қайталанғыштығын және объективтілігін қамтамасыз етеді. Жарықтылық параметрлері мен спектрдегі энергияның таралуының алынған мәндерінің ұқсас нысандар үшін алынған тәуелсіз бағалармен сәйкестігі қолданылған тәсілдердің дұрыстығын және зерттеу қорытындыларының негізділігін дәлелдейді.

Жұмыстың апробациясы. Осы диссертациялық жұмыстың нәтижелері бойынша Thomson Reuters дерекқорына кіретін немесе халықаралық Scopus ғылыми базасында индекстелетін, импакт-факторы жоғары ғылыми журналдарда 2 ғылыми мақала дайындалып, жарияланды:

- Akniyazova A. Z., Miroshnichenko, A. S., Zharikov, S. V., Van Winckel, H., Manset, N., Raj, A., Chojnowski S.D., Khokhlov S. A., Reva R. I., Kokumbaeva R. I., Omarov Ch. T., Grankin K. N., Agishev A.T. & Vaidman, N. L. A Spectroscopic and Photometric Study of MWC 342 and Its B [e] Phenomenon over the Last 40 Years //Galaxies. – 2025. – V. 13. – No. 3. – p. 63. https://doi.org/10.3390/galaxies13030063 **(Journal Impact Factor -3.8, WoS - Q2, Scopus -74).**
- Zhanabaev Z., Akniyazova A. Z., Ashimov Ye. K. Information–Entropy Analysis of Stellar Evolutionary Stages with Application to FS CMa Objects //Entropy. – 2025. – V. 27. – No. 11. – p. 1106. https://doi.org/10.3390/e27111106 **(Journal Impact Factor -2.0, WoS - Q2, Scopus -81).**

Диссертация тақырыбының ғылыми жұмыстар жоспарымен байланысы: Диссертациялық жұмыс ҚР жоғары білім және ғылым министрлігі Ғылым комитетінің іргелі ғылыми-зерттеу жұмыстарының жоспарлары аясында, «Ғылыми зерттеулерді гранттық қаржыландыру» бағдарламасы бойынша келесі тақырыптар шеңберінде орындалды: BR24992807 «Халықаралық виртуалды обсерваториялар желісі шеңберінде жақын және алыс ғарыш нысандарын астрономиялық зерттеуге арналған Қазақстанның цифрлық ортасын дамыту» (2024–2026); BR24992759 «Қазақстандағы алғашқы орбиталық Ай маңы телескопының тұжырымдамасын әзірлеу – I кезең» (2024–2026); AP23484898 «Галактикалық ыстық аса алып жұлдыздардың фундаменталдық параметрлерін анықтаудың заманауи әдістемесін әзірлеу» (2024–2026).

Диссертацияның құрылымы мен көлемі: Диссертациялық жұмыс кіріспеден, «Анықтамалар, бел

гілеулер және терминдердің қысқартулары» бөлімінен, үш тараудан, қорытындыдан, әдебиеттер тізімінен және 5 қосымшадан тұрады. Жұмыстың жалпы көлемі 103 бет машинкамен терілген мәтінді құрайды. Зерттеу материалдары 31 суретпен және 7 кестемен берілген. Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 91 дереккөзді қамтиды.