

«6D061100 – Физика және астрономия» мамандығы бойынша
философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін диссертациялық жұмысқа

АҢДАТПА

АМАНТАЕВА АЙНАШ ЕРЛАНҚЫЗЫ

МИНИМУМ ОРБИТАЛЫҚ ПЕРИОД МАҢЫНАН ӨТКЕН КАТАКЛИЗМДІК АЙНЫМАЛЫЛАРДЫҢ АККРЕЦИЯЛЫҚ ДИСКТЕРІ

Бұл жұмыс эволюция барысында аккретор ретінде ақ ергежейлі және донор ретінде бас тізбек жұлдызынан тұратын тығыз қос жүйелердің орбиталық периодтары үшін минимумнан өткен «bounce-back» деп аталатын жүйелерге үміткер – катаклизмдік айнымалы жұлдыз EZ Lyn-нің іргелі параметрлерін анықтау және аккрециялық дисктің құрылымын зерттеуге арналған.

Фотометриялық және спектрлік бақылау мәліметтері Мексика обсерваторияларында (Сан-Педро Мартир), Қырым астрофизикалық обсерваториясында, сондай-ақ Пальма аралындағы Роке де лос Мучачос обсерваториясында (Канар аралдары, Испания) алынды. Сонымен қатар, астрономиялық мәліметтер базасынан деректер қолданылды. GAIA ғарыш телескобынан алынған объектке дейінгі жаңартылған қашықтық негізінде және оптикалық фотометриялық мәліметтерді «CVLab» бағдарламалау кодында модельдеу негізінде EZ Lyn жүйесінің негізгі іргелі параметрлері анықталды: ақ ергежейлінің массасы $M_{wd} = 0.85 \pm 0.01 M_{\odot}$, оның тиімді температурасы $T_{эфф} = 11250 \pm 50 K$; қоңыр ергежейлінің массасы $0.042 \pm 0.014 M_{\odot}$, оның спектрлік класы L2. Қоңыр ергежейліден тасымалданған зат ағыны ақ ергежейлінің маңында аккрециялық диск түзіп, максималды мүмкін болатын тасу шекті радиусына дейін жетеді. Бақылаушыға қатысты жазықтықтың еңкею бұрышы $79^{\circ}.0 \pm 0.2$ құрайды.

EZ Lyn катаклизмдік айнымалысындағы аккрециялық дисктің құрылымын зерттеу нәтижелері бойынша жүйеде оптикалық жұқа ыстық $T \sim 10000 - 15000 K$ орта бар, ол эмиссиялық сызықтарын қалыптастырады және ақ ергежейлі бетінен дисктің сыртқы шетіне дейін бүкіл аймақты қамтиды. Аккрециялық дисктің сыртқы радиусында, тиімді сәулелену температурасы төмен ($\sim 2000 K$), оптикалық континуум қалыптасады.

Сонымен қатар, $H\alpha$ эмиссиялық сызығының фазалық ажыратылған спектрлері арқылы тұрғызылған Допплерлік томография және фотометриялық мәліметтердің бірлескен талдауы негізінде EZ Lyn жүйесіндегі аккрециялық дисктің күрделі құрылымға ие екендігі көрсетілді: дисктің пішіні асимметриялық, жүйеде 2:1 резонанстың болуына байланысты дискте спиралды тығыздық тармақтары қалыптасады. Соңғылары жүйенің орбиталық периодымен бұралған жалтырау қисығының бақыланған екі дөңес пішініне жауапты.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі

Қазіргі таңда катаклизмдік айнымалылар ұзақ периодтан (~5-8 сағат) бастап қысқа периодтарға (~1сағат) қарай эволюцияланады деп есептеледі. Минимум орбиталық периодқа жеткенде (~80 минут) ақ ергежейліден және бас тізбекте орналасқан жұлдыздан тұратын тығыз қос жүйе орбиталдық периодтары өсу нәтижесінде минимум орбиталық период маңынан өткен немесе «bounce-back» жүйелерін құрайды. Эволюция кезінде донорлық (қосалқы) жұлдыз жылулық тепе-теңдікті жоғалтуына байланысты заттың ішінара өзгешеленуі орын алады және нәтижесінде белгілі бір сәтте үздіксіз массалық жоғалтуға қарамастан қосалқы жұлдыз радиусы кемімей тұрады. Бұл жүйенің көлемінің және сәйкесінше оның орбиталық периодының ұлғаюына әкеледі.

Теория бойынша минимум орбиталық период маңынан өткен катаклизмдік айнымалылар Галактикадағы барлық катаклизмдік айнымалылардың 70% құрауы керек. Бірақ «bounce-back» жүйелерінің масса тасымалдау жылдамдығының төмен болу салдарынан және ақ ергежейлімен қоңыр ергежейлінің сәулеленуі әлсіз болғандықтан, мұндай объектілер аз бақыланады. Қазіргі таңда жиырмаға жуық объектілер ғана белгілі. Минимум орбиталық период маңынан өткен «bounce-back» жүйесіне үміткер объектілердің іргелі параметрлерімен аккрециялық дисктерінің құрылымының физикасын анықтау дисктегі тұтқырлықтың табиғатын, белсенді жарқ етулердің ерекшеліктерін және тыныштық кездегі жүйенің күйін зерттеу тығыз қос жүйелердің физикасын зерттеудің негізгі өзекті мәселелерінің бірі болып табылады.

Компоненттер арасындағы зат алмасудың төмен жылдамдығына байланысты бұл объектілер әлсіз сәулелену көздері болып табылады және сәйкесінше, қазіргі уақытта әлі де аз зерттелген. Әдетте, мұндай объектілерге үміткерлер WZ Sge типті объектілер арасында кездеседі, олар жарқ етулер арасындағы ондаған жылдарға тән уақыттары бар супер жарқ етулерді көрсететін қысқа периодты катаклизмдік айнымалылар. Бұл объектілердің бір бөлігі әлі де орбиталық минимум периодқа дейін дамып жатқан жүйелер тармағында, бірақ объектілердің бір бөлігі "bounce-back" жүйелерінің санатына өткен болуы мүмкін. Жүйенің іргелі параметрлерін дәл анықтау, мысалы, массалар, компоненттің тиімді температурасы, жүйеде заттың тасымалдану қарқыны, сондай-ақ олардағы аккрециялық диск құрылымының ерекшеліктерін анықтау, қарастырылып отырған жүйенің қай класқа жататынын анықтауға мүмкіндік береді.

Жұмыстың мақсаты «bounce-back» жүйесіне үміткер EZ Lyn жұлдызының тыныштық күйіндегі аккрециялық дисктің құрылымын зерттеу болып табылады.

Зерттеу міндеттері:

1 EZ Lyn жұлдызының жалтырауы төмен күйінде фаза бойынша ажыратылған фотометриялық және спектрлік бақылау мәліметтерін талдау.

2 “CVlab” компьютерлік кодының көмегімен жүйенің жалтырау қисығын модельдеу негізінде оның іргелі параметрлерін анықтау.

3 EZ Lyn жұлдызының жалтырауы төмен күйінде ақ ергежейлінің сипаттамаларын анықтау, аккрециялық дисктің құрылымы мен уақыт бойынша эволюциясын зерттеу.

4 Бальмерлік H α эмиссиялық сызығының профильдерін модельдеу, олар пайда болатын ортаның қасиеттерін анықтау.

Зерттеу нысаны:

Bounce-back жүйесіне үміткер EZ Lyn жұлдызының аккрециялық дискісі.

Зерттеу әдістері:

1. Жүйенің тыныштық күйіндегі жағдайын талдау үшін жүргізілген, уақыт бойынша ажыратылған, фотометриялық және спектрлік бақылаулар

2. Спектрлік және фотометриялық мәліметтерді өңдеу.

3. "CVLab" компьютерлік кодының көмегімен жалтырау қисығын модельдеу.

4. Ақ ергежейлімен аккрециялық дисктің теориялық спектрлерімен бақылған спектрлерінің комбинациясын пайдалана отырып, жүйенің период бойынша орташа спектрлерін модельдеу.

5. Аккрециялық дисктің құрылымын Допплерлік томография әдісі негізінде зерттеу.

Негізгі тұжырымдамалар

1. GAIA ғарыш телескобынан алынған қашықтыққа сүйене отырып оптикалық фотометриялық мәліметтерді модельдеуден EZ Lyn жүйесінің негізгі параметрлері анықталды: ақ ергежейлінің массасы $M_{wd} = 0.85 \pm 0.01 M_{\odot}$, оның тиімді температурасы $T_{эфф} = 11250 \pm 50$ K, қоңыр ергежейлінің температурасы $T_{эфф} \leq 1900^{+400}_{-1000}$ K, қоңыр ергежейлінің массасы $M_{bd} = 0.042 \pm 0.014 M_{\odot}$, масса тасымалдау қарқыны $\dot{M} \approx 0.3 - 3.0 \times 10^{-12} M_{\odot}/\text{жыл}$, бақылаушыға қатысты жүйе жазықтығының еңкею бұрышы $79^{\circ}.0 \pm 0.2$, сондай-ақ донор жұлдыздың тасу әсерінен шектелген максимум мүмкін радиусы ($R_{out}=0,35R_{\odot}$) аккрециялық дисктің радиусына тең.

2. H α эмиссиялық сызығының фаза бойынша ажыратылған спектрлері және фотометрия деректері негізінде құрастырылған Допплерлік томографиясының бірлескен талдауы EZ Lyn жүйесіндегі аккрециялық дисктің күрделі құрылымды екенін көрсетеді: диск пішіні асимметриялы, жалтырау қисығында бақыланатын екі дөңесті пішінімен сипатталатын спиральды тығыздықты тармақтар бар.

3. EZ Lyn жүйесінде Бальмер эмиссиялық сызықтарының қалыптасу аймағы ақ ергежейлінің бетінен аккрециялық дисктің сыртқы радиусына дейін бүкіл аймақты қамтиды, ал оптикалық континуум (радиусы $R_{in} > 0,2R_{\odot}$) сыртқы бөліктерінде қалыптасады.

Жұмыстың жаңашылдығы бұл төмендегі заңдылықтардың алғаш рет көрсетілуінде:

1. Фотометриялық мәліметтерді талдау және EZ Lyn жүйесіне дейінгі жаңартылған қашықтық негізінде жүйенің іргелі параметрлері анықталды,

мұндай жүйелердегі аккрециялық диск супер жарқ ету кезінде және тыныштық күйінде де өлшемдерін өзгертпейтіні көрсетілген.

2. Аккрециялық дисктің құрылымының асимметриялы болуы және дискте спектрлік және фотометриялық бақылау мәліметтерінде спиральды құрылымның болуының дәлелдері алынды.

3. Аккрециялық дисктің күрделі құрылымы анықталды: Бальмер сызықтарының түзілу аймағы ақ ергежейлінің бетінен дисктің сыртқы шетіне дейін бүкіл аймақты қамтиды, ал континуум дисктің сыртқы бөліктерінде ғана қалыптасады.

Жұмыстың теориялық және практикалық маңыздылығы

Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер қысқа периодты катаклизмдік айнымалы жүйелердегі аккрециялық құрылымдардың физикасы мен эволюциясын зерттеу үшін қажет.

Автордың жеке үлесі

Диссертация авторы Мексикада (Observatory Astronomical Nacional San Pedro Martir, Төменгі Калифорния штаты) фотометриялық бақылауларға қатысты.

Талдау нәтижелері ізденушімен алынды. Мәселелерді және нәтижелерді талқылау ғылыми жетекшілермен бірлесіп жүргізілді.

Нәтижелердің сенімділігі

Жұмыстың ғылыми тұжырымының дұрыстығы теориялық модельдермен, басқа авторлар алған ұқсас объектілердің табиғаты туралы тұжырымдармен үйлесімділікпен расталады.

Жұмысты апробациялау

Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер баяндалып, талқыланды:

– «Фараби әлемі» студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференциясында (2021, Алматы, Қазақстан);

– «Минимум орбиталық период маңынан өткен катаклизмдік айнымалылардың аккрециялық дисктері» тақырыбындағы қазақ-өзбек семинарында.

Диссертациялық жұмыс материалдары бойынша 4 баспа жұмысы жарияланды.

Thomson Reuters дерекқоры бойынша немесе Scopus халықаралық ғылыми дерекқорына кіретін басылымдардағы жоғары импакт-факторы бар мақалалар:

– Amantayeva A., Zharikov S., Page K. L., Pavlenko E., Sosnovskij A., Khokhlov S., Ibraimov M. Period Bouncer Cataclysmic Variable EZ Lyn in Quiescence //The Astrophysical Journal. – 2021. – Vol. 918. – №. 2. – P. 58.

Тезистер баяндамалар жинағында жарияланымдар:

1. Амантаева А.Е., Пердебаева М. Қысқа периодты айнымалы SDSS0804 жұлдызын зерттеуге доплерлік томография әдісін қолдану// Материалы международной конференции студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». – Алматы, 2019. – С. 248.

2. Амантаева А.Е., Жунус А. Қысқа периодты катаклизмалық айнымалы ASAS J002511+1217.2 жұлдызын доплерлік томография әдісін қолданып

зерттеу// Материалы международной конференции студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». – Алматы, 2020. – С. 268.

3. Амантаева А.Е. EZ Lup жұлдызының жалтырау қисығын модельдеу// Материалы международной конференции студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». – Алматы, 2021. – С. 177.

Диссертация тақырыбының ғылыми жұмыс жоспарларымен байланысы

Диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі Ғылым комитетінің «Ғылыми зерттеулерді гранттық қаржыландыру» іргелі ғылыми-зерттеу жұмыстарының жоспарына сәйкес «**AP08856419** – Тығыз қос жұлдызды жүйелердегі аккрецияның бақылау көріністерін компьютерлік модельдеу әдістерімен талдау» тақырыбы бойынша жүргізілді.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі

Диссертация кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және екі қосымшадан тұрады. Жұмыс баспа мәтінінің 90 бетінде көрсетілген, 38 суретпен кескінделген, 38 формула, 9 кесте келтірілген, пайдаланылған әдебиеттер тізімінде 138 атау бар.