«8D05307 – Физика және астрономия» білім беру бағдарламасы бойынша
PhD философия докторы дәрежесін алу үшін жасалған
ғылыми-зерттеу жұмысының

АҢДАТПАСЫ

Нодяров Атилхан Султанмуратович

B[e] феномены бар таңдаулы жұлдыздардың физикалық параметрлері

Жұмыстың жалпы сипаттамасы

Бұл жұмыста эволюцияның әртүрлі кезеңдеріндегі, табиғаты әртүрлі B[e] құбылыстары бар MWC 645 және HD 327083 екі таңдалған жұлдыздың зерттеулері ұсынылған. Бұл зерттеу жұмысында жұлдыздарды таңдаудың негізгі критерийі олардың спектріндегі бақыланған таралулары болып табылады, осыдан бұл объектілердің айналасында жұлдызмаңайлық жылы шаңнан тұратын қабықшалармен қоршалғандығы шығады.

MWC 645 бұл – жұлдыздық шамасы V~13.0 mag тең солтүстік жарты шарда орналасқан жұлдыз болып табылады. Тағы бір зерттеу нысаны - оңтүстік жарты шарда орналасқан жұлдыздық шамасы V~9.6-10.1 mag тең HD 327083 жұлдызы. Бұл жұмыста жұлдыздардың өздерінің де, оларға жақын орналасқан жұлдыздардың да, сондай-ақ жоғары ажыратымдылықтағы спектрлердің көп түсті фотометриясының материалы негізінде зерттеу жүйелерінің негізгі физикалық параметрлері анықталды. Материалды талдау нәтижесінде зерттеу объектілерінің табиғаты мен эволюциялық деңгейлері туралы қорытынды жасалды.

MWC 645 жұлдызын зерттеудің негізгі нәтижесі оптикалық спектрде бейтарап металдардың бірқатар әлсіз жұтылу сызықтарын анықтау болып табылады, бұл осы жүйеде суық компоненттің болуын көрсетеді. Тағы бір маңызды нәтиже қазіргі уақытта аралық массалық жұлдыздар арасында заттың консервативті емес тасымалдануы болвп жатқан, жақын қос жүйенің эволюциялық моделімен ұсынылған MWC 645 жұлдызының бақыланған қасиеттерін түсіндіру болып табылады.

HD 327083 жұлдызын зерттеудің негізгі нәтижесі, спектрлік сызықтардың орналасуының өзгермелілігінен де, жарқырау қисығынан да 107.68 күн болатын бірдей орбиталық периодтың және жүйенің жаңа іргелі параметрлерінің анықталуы болып табылады.

Тақырыптың өзектілігі

Барлық массалардағы жұлдыздар мен жұлдыздық жүйелер, объектілерді газ және шаң түріндегі көп мөлшердегі жұлдызмаңайлық зат қоршап алған кездегі кезеңнен өтеді. Эволюцияның бұл кезеңдері негізінен объектілердің массасына және кездейсоқ қос жүйе компоненттерінің арасындағы қашықтыққа байланысты әртүрлі ұзақтыққа ие. Жұлдыз маңайындағы заттың болу себептері молекулалық бұлттардағы

жұлдыздардың пайда болуымен, жұлдыздық желдермен және тығыз қос жүйелердегі компоненттер арасындағы масса алмасумен байланысты.

Жоғарыда аталған эволюциялық кезеңінің көрнекті өкілі айналасында шаң болатын, B[e] құбылысы бар жұлдыздар болып табылады. Бұл объектілер қазіргі жұлдыздық астрофизиканың көптеген шешілмеген мәселелері тұрғысынан үлкен қызығушылық тудырады, соның ішінде:

● жіктеу мәселесі – объектілердің белгілі бір класының бақыланатын сипаттамаларын бөлу;

● жұлдыздардың және олардың жұлдыз маңайлық физикалық параметрлерін анықтау;

● жұлдыздың эволюциялық деңгейін анықтау мәселесі.

Соңғысы B[e] құбылысымен кейбір объектілердің табиғаты туралы қарама-қайшы пікірлермен байланысты. Бұл, ең алдымен, B[e] құбылысы бар жұлдыздарды шаңның пайда болу уақыты бойынша екі классқа бөлуге болатындығымен байланысты: ол қазіргі кезеңдегі және эволюцияның алдыңғы кезеңдеріндегі қалыптасу. Бұл топты 2007 жылы профессор Мирошниченко Анатолий ұсынған. Осының нәтижесінде галактикалық жұлдыздардан тұратын топ анықталып оған B[e] құбылысы бар FS CMa типті объектілер және аса алыпттар деген атау берілді. Бұл жұлдыздарды жалпы топта таңдаудың негізгі критерийі, бұл объектілер осы жүйелердегі орталық жұлдыздардан аз қашықтықта орналасқан шаң бөлшектерімен қоршалғандығын көрсететін спектрдегі бақыланатын таралулары болып табылады. Сонымен қатар, алынған деректермен расталған осы объектілердің пайда болуының ең ықтимал сценарийі оның Рош жазықтығының неғұрлым массивті және тез эволюцияланатын компонентпен толтырылуына байланысты заттың күшті алмасуына ұшырайтын тығыз қос жүйенің эволюциясы болып табылады, бұл ақыр соңында заттың жұлдызды қоршаған ортаға кетуіне әкеледі, және Галактикада шаңның пайда болуына, сонымен қатар қос жүйенің айналасында әдетте диск тәрізді шаң қабықшасының пайда болуына үлес қосады.

Қазіргі уақытта бұл топ 100-ге жуық жұлдызды қамтиды және жаңа топ болып табылады, олар үшін ең алдымен олардың табиғаты мен эволюциялық деңгейін түсінуге байланысты бірқатар сұрақтар бар. Сондықтан әрбір нысанды егжей-тегжейлі зерттеу қажет. Бұл зерттеулердің негізгі бағыты - жұлдыздар туралы негізгі түсінік беретін жүйелердің физикалық параметрлерін анықтау.

Жұмыстың мақсаты B[e] феномені бар MWC 645 және HD 327083 таңдаулы жұлдыздарды кешенді зерттеу болып табылады.

Зерттеу міндеттері

1. Зерттеу объектілерінің спектрлік және фотометриялық мәліметтерін өңдеу және талдау.

2. Мәліметтерді спектрлік және фотометриялық талдау негізінде MWC645 және HD 327083 жұлдыздарының негізгі іргелі параметрлерін анықтау.

3. Зерттеу объектілерінің табиғаты мен эволюциялық деңгейі туралы, олардың бақылау көріністеріне сүйеніп қорытынды жасау.

Зерттеу объектілері: B[e] феномені бар жұлдыздар: MWC 645 және HD 327083.

Зерттеу әдістері:

1. Зерттеу объектілерінің фотометриялық және спектрлік (жоғары ажыратымдылықтағы) мәліметтерін алу және жинау.

2. IRAF бағдарламалық құралының көмегімен бақылау материалдарын өңдеу және талдау.

3. Тығыз қос жүйелердегі компоненттер арасындағы консервативті емес масса алмасудың эволюциялық модельдерін қолдану.

Қорғауға ұсынылатын негізгі тұжырымдар

1. B[e] құбылысы бар MWC 645 объектісі B спектрлік класының жұлдызынан және суық компоненттен тұратын, оптикалық спектрде бейтарап металдардың (LiI, CaI, FeI, TiI және т.б.) жұтылу сызықтары бар қос жүйе болып табылады.

2. MWC 645 спектріндегі күшті эмиссиялық сызықтар (Hα үшін I/Ic ~ 194 және ~384) жүйенің компоненттері арасында заттың үздіксіз тасымалдануын ($\sim 2 \times 10^{-4} M_\odot$ yr^{-1}) растайды және осыған сәйкес консервативті емес масса алмасуды көрсететін, бастапқы құрамдас массалары 7.0 $M_\odot$ және 2.8 $M_\odot$ және бастапқы орбиталық периоды 15 күн болатын тығыз қос жүйенің эволюциялық моделі ұсынылды.

3. Спектрлік сызықтардың орналасуының өзгерісін және көрінетін жарқырау қисығын зерттеу нәтижелері негізінде алғаш рет HD 327083 қос жүйесінің орбиталық периоды 107,68 ± 0,02 тәулік болатыны анықталды.

Жұмыстың жаңалығы

Диссертациялық жұмыстың жаңалығы мынада:

1) MWC 645 жұлдызының спектрінде алғаш рет жүйеде суық компоненттің бар екенін көрсететін бейтарап металдардың әлсіз жұтылу сызықтары анықталды (мысалы, LiI 6708 Å, CaI 6717 Å және бірқатар FeI және TiI сызықтары).

2) Қос жүйелердің эволюциялық модельдеріне сүйене отырып, MWC 645 жүйесінің компоненттері арасында заттың күшті тасымалдануы бар деген қорытынды жасалды.

3) HD 327083 жұлдызы үшін алынған фотометриялық және спектроскопиялық мәліметтерді талдау негізінде алғаш рет 107.68±0.02 күнге тең орбиталық периоды анықталды.

4) Жұлдыздардың өздерінің де, олардың айналасындағы жұлдыздардың да көп түсті фотометриялық мәліметтері, сондай-ақ, жоғары рұқсат етудегі спектрлері және Gaia EDR3 қашықтықтары негізінде зерттеу объектілерінің негізгі іргелі параметрлері анықталды.

Жұмыстың теориялық және практикалық маңызы

Зерттеу жұмысында алынған нәтижелерді шаңның пайда болу себептерін, жұлдыздардың табиғаты мен эволюциясын, сондай-ақ жалпы Галактиканы зерттеуде қолдануға болады.

Алынған нәтижелердің сенімділігі мен негізділігі

Зерттеудің нәтижелері мен қорытындылары барлық бөлімдердің мазмұнын көрсетеді және рецензияланатын халықаралық және отандық ғылыми журналдардағы жарияланымдармен расталады. Бұл жұмыстың ғылыми тұжырымдарының сенімділігі теориялық модельдермен, осыған ұқсас объектілердің табиғаты туралы тұжырымдармен, тәуелсіз зерттеулер нәтижелерімен және басқа авторлар алған қорытындылармен сәйкестігімен расталады.

Автордың жеке қосқан үлесі

Ізденушімен спектрлік және фотометриялық бақылауларды компьютерлік талдау және өңдеу жүргізілді. Мәселелерді қою және алынған нәтижелерді талқылау ғылыми кеңесшілермен бірлесіп жүргізілді.

Жарияланымдар

Зерттеу жұмысының негізгі нәтижелері 11 ғылыми жұмыста жарияланды, оның ішінде:

Thomson Reuters дерекқорындағы немесе Scopus халықаралық ғылыми деректер базасына енгізілген басылымдардағы импакт-факторы жоғары мақалалар:

1. **Nodyarov, A. S.,** Miroshnichenko, A. S., Khokhlov, S. A., Zharikov, S. V., Manset, N., Klochkova, V. G., Grankin, K. N., Arkharov, A. A., Efimova, N., Klimanov, S., Larionov, V. M., Rudy, R. J., Puetter, R. C., Perry, R. B., Reva, I. V., Omarov, C. T., Kokumbaeva, R. I. Toward Understanding the B[e] Phenomenon. IX. Nature and Binarity of MWC 645 //The Astrophysical Journal. – 2022. – Т. 936. – №. 2. – С. 129. (**Q1**)

2. Miroshnichenko, A. S., Zharikov, S. V., Manset, N., Khokhlov, S. A., **Nodyarov, A.S.,** Klochkova, V. G., Danford, S., Kuratova, A. K., Mennickent, R., Chojnowski, S. D., Raj, A., Bisht, D. Recent Progress in Finding Binary Systems with the B[e] Phenomenon //Galaxies. – 2023. – Т. 11. – №. 1. – С. 36. (**Q2, review**)

3. **Nodyarov, A. S.,** Miroshnichenko, A. S., Khokhlov, S. A., Zharikov, S. V., Agishev, A. T., Gabitova, I. A., Vaidman, N. L., Manset, N. Properties of Galactic B[e] Supergiants. X. Refined Orbit and Fundamental Parameters of the HD 327083 Binary System //The Astrophysical Journal. – 2024. – Т. 968. – №. 2. – С. 52. (**Q1**)

ҚР БҒМ Білім және ғылым саласында сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынатын ғылыми басылымдардағы мақалалар

1. А.С.Нодяров, С.А.Хохлов. IRAS 22023+5249 ЖӘНЕ IRAS 22150+6109 ЖҰЛДЫЗДАРЫНЫҢ ЭВОЛЮЦИЯЛЫҚ ДЕҢГЕЙІН АНЫҚТАУ.// Журнал ПЭОС. – Алматы. –С. 16. Т1/ 2020 г.

Тезистер жинақтарындағы жарияланымдар

1. Нодяров А.С. B[e] ФЕНОМЕНІ БАР MWC 645 ЖҰЛДЫЗЫ.// Студенттер мен жас ғалымдардың «ФАРАБИ ӘЛЕМІ» атты халықаралық ғылыми конференциясы. – Алматы. – 2020. – С. 300.

2. Нодяров А.С. ПРИРОДА И СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗВЕЗДЫ B-ТИПА MWC 645.//Международная научная конференция студентов и молодых ученых, «ФАРАБИ ӘЛЕМІ». – Алматы. - 2021. - С. 210.

3. Нодяров А.С. СПЕКТРОСКОПИЯ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ B[e] ЗВЕЗДЫ MWC 645.// Международная научная конференция студентов и молодых ученых, «ФАРАБИ ӘЛЕМІ». – Алматы. - 2022. - С. 207.

4. Нодяров А.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛАКТИЧЕСКОГО СВЕРХГИГАНТА HD 327083.// Международная научная конференция студентов и молодых ученых, «ФАРАБИ ӘЛЕМІ». – Алматы. - 2023. - С. 180.

Шетелдік халықаралық конференцияларда:

1. **Nodyarov A. S.,** Khokhlov, S. A., Miroshnichenko, A. S., Manset, N., Zharikov, S. V., Klochkova, V. G., Chentsov E. L., Arkharov A. A., Larionov, V. M. Nature and spectral variations of the B-type emission-line object MWC 645 // International conference OBA Stars: Variability and Magnetic Fields.Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia, April 26–30, – 2021. – С. 18.

2. **Nodyarov A. S.,** Miroshnichenko, A. S., Khokhlov, S. A., Zharikov, S. V., Manset, N., Klochkova, V. G., & Usenko, I. A. High-Resolution Spectroscopy of the B[e] Star MWC 645 //Odessa Astronomical Publications. – 2021. – Т. 34. – С. 59-64.

3. **Nodyarov A. S.,** Miroshnichenko, A. S., Khokhlov, S. A., Zharikov, S. V., Manse, N., & Usenko, I. A. Refined Physical Properties of the HD327083 Binary System //Odessa Astronomical Publications. – 2022. – Т. 35. – С. 62.

Жұмысты апробациялау

Зерттеу жұмысында алынған нәтижелер:

– «Фараби әлемі» атты студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференциясында (2020, 2021, 2022, 2023, Алматы, Қазақстан);

– «Astronomy and beyond: Astrophysics, Cosmologyand Gravitation, Astroparticle Physics, Radioastronomy and Astrobiology» астрономия бойынша 21 және 22-ші Гамов халықаралық конференциясында (2021, 2022, Одесса, Украина);

– «OBA Stars: Variability and Magnetic Fields (STARS-2021)» халықаралық ғылыми конференциясында (2021, Санкт-Петербург, Ресей) баяндалды және талқыланды.

Ғылыми-зерттеу жұмысы тақырыбының ғылыми жұмыс жоспарларымен байланысы

Зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің «Ғылыми зерттеулерді гранттық қаржыландыру» іргелі ғылыми-зерттеу жұмыстарының жоспарына сәйке «AP08856419 – Тығыз қос жұлдызды жүйелердегі аккрециялық ағындардың бақылау көріністері және оларды компьютерлік модельдеу әдістерімен талдау» және «AP19578879 - Компьютерлік модельдеу әдістерін қолдану арқылы FS CMa жұлдыздарының бақылау көріністерін зерттеу» тақырыптары бойынша орындалды.