

Дәріс 7

Қос жұлдыздар

«Қос жұлдыздар» тақырыбын оқудағы негізгі мақсат:

- Қос жұлдыздардың табиғаты мен жіктелуін түсіну: Қос жұлдыздардың түрлерін (көру, спектроскопиялық, тұтылу және астрометриялық) және олардың сипаттамаларын зерттеу.
- Жүйедегі жұлдыздардың өзара әрекеттесуін зерттеу: Жұлдыздар арасындағы гравитациялық әсерлесуді, масса алмасуды және басқа физикалық процестерді түсіну.
- Қос жұлдыздардың эволюциясын зерттеу: жұлдыздардың екілік жүйелерде қалай дамитынын талдау.
- Жұлдыздардың физикалық параметрлерін анықтау: Қос жұлдыздардың бақылауларын пайдаланып, массаларды және радиустарды және өлшеу.
- Қос жұлдыздардың астрономия мен космологиядағы рөлін түсіну: қос жұлдыздардың жұлдыз түзілу процестеріне, галактикалардың химиялық эволюциясына және басқа да маңызды аспектілеріне қосқан үлесін бағалау.
- Қос жұлдыздар туралы білімдерін практикада қолдану: Бақылау және мәліметтерді талдау әдістерін дамыту, астрономияда қос жұлдыздарды қашықтықты калибрлеу құралы ретінде пайдалану.

Дәріс жоспары:

1. Визуалды қос жұлдыздар
2. Спектрлік қос жұлдыздар
3. Фотометриялық қосжұлдыздар
4. Оптикалық қос жұлдыздар
5. Физикалық қос жұлдыздар. Роша аймағы
6. Әдебиеттер тізімі

Қос жұлдыздар (кейде **қосаржұлдыздар**) деп ауырлық центрінің айналасында айналатын екі, кейде одан да көп жұлдыздар аталады. Осылайша, жұлдыздар аспандағы басқа қоршаған жұлдыздардан олардың көрінетін орналасуының жақындығымен айтарлықтай ерекшеленеді. Қос жұлдыздар өте кең таралған аспан денелері болып табылады және біздің галактикадағы барлық жұлдыздардың жартысына жуығын құрайды.

Қос жұлдыздар әртүрлі болып келеді. Кейде қос жұлдыздар жұбындағы жұлдыздар бір – біріне екі ұқсас болып келсе, кейде жұлдыздар бір – бірінен мүлде өзгешеленуі мүмкін. Бірақ, қос жұлдыздардың түріне қарамастан, оларды зерттеу және талдау оңай. Кәдімгі жұлдыздардан айырмашылығы, олар массасы, орбиталарының пішіні, тіпті оларға жақын жұлдыздардың сипаттамаларын қоса алғанда, барлық жағынан өлшеуге оңай. Әдетте мұндай жұлдыздардың тартылыс күші әсерінен формасы бұрмаланған болуы мүмкін.

Қос жұлдыздар арасында физикалық және оптикалық жұптар бар. Физикалық жұптар кеңістікте тығыз орналасқан, гравитациялық күштермен байланысқан және ортақ ауырлық центрінің айналасында айналады. Оптикалық жұптар - бір бағыттағы аспан сферасына кездейсоқ проекцияланған бір-бірінен өте алыс жұлдыздар. Мұндай жұптар астрономияда ерекше қызығушылық тудырмайды.

Қос жұлдызды жүйелерді бақылау әдісі бойынша негізгі 3 түрге бөлуге болады: визуалды, фотометриялық және спектрлік. Визуалды қос жұлдыздар – орташа өлшемді телескоппен көруге болатын жұлдыздардың кең жұптары. *Фотометриялық қос жұлдыздар* – бұл радиусы жұлдыздардың өлшемдерімен салыстырылатын орбиталарда бірнеше сағаттан бірнеше тәулікке дейінгі периодпен айналатын жақын жұлдызды жұптар. *Спектрлік қос жұлдыздар* фотометриялық қос жұлдыздар секілді кіші бұрышты құрайтын жазықтықта айналатын жақын жұлдыздар жұптары. Орбиталық жазықтық көру сызығына өте аз бұрышпен бұрмаланады. Мұндай жүйедегі жұлдыздардың орбиталары бір жиектей орналасқан.

Гравитациялық өзара байланысуына қарай қос жұлдыздарды *оптикалық және физикалық қосжұлдыздар* деп ажыратуға болады.

Күнге жақын жерде 3000-нан астам жұлдыз бар және олардың жартысына жуығы қос жұлдыздар. Қос жұлдыздардың бар екендігі туралы идеяны алғаш ұсынған адам Джон Мишель болды. Ол өз теориясын 1767 жылы Корольдік қоғамда ұсынды. 1802 жылы бұл гипотезаны сэр Уильям Гершель зерттеп, жариялады. Қара құрдымдар мен нейтрондық жұлдыздар да оның құрамдас бөлігі болғандықтан, бүгінгі таңда көптеген астрофизиктер қос жұлдыздар жүйелерін байыпты түрде бақылауда,

Визуалды қос жұлдыздар

Егер қос жұлдыздардың қосарлылығын тікелей телескоп арқылы бақылау арқылы көруге болатын болса, *визуалды қос жұлдыздар* деп аталады.

Көптеген визуалды қос жұлдыздар оптикалық жұптар болып келеді, яғни мұндай екі жұлдыздың жақындығы олардың аспанға кездейсоқ проекциясының нәтижесі болып табылады. Шындығында, олар ғарышта бір-бірінен алшақ орналасқан. Ал көп жылдық бақылаулар барысында бірінің бағытын өзгертпей, тұрақты жылдамдықпен екіншісінің жанынан өтіп бара жатқанына көз жеткізуге болады. Кейде бірте-бірте әлсіз серіктес жұлдыз жарқыраған жұлдыздың айналасында айналады. Олардың арасындағы қашықтық және оларды қосатын сызықтың бағыты жүйелі түрде өзгереді. Мұндай жұлдыздарды физикалық қос жұлдыздар деп атайды. Олар бір жүйені құрайды және ортақ массалар центрінің айналасында өзара тартылыс күштерінің әсерінен айналады.



1-сурет. Визуалды қос жұлдыздар [3]

Визуалды қос жұлдыздар үшін белгілі ең қысқа орбиталық кезең 5 жыл. Айналым кезеңдері ондаған жылдар болатын жұптар зерттелді, ал жүздеген жылдар кезеңдері бар жұптар болашақта зерттелетін болады. Бізге ең жақын жұлдыз – Кентавр – қос жұлдыз. Оның құрамдас бөліктерінің (компоненттерінің) айналым мерзімі 70 жыл. Бұл жұптағы екі жұлдыздың да массасы мен температурасы Күнге ұқсас болады.

Визуалды қос жұлдыздарды бақылау микрометрмен жабдықталған телескоптардың көмегімен көзбен немесе астрографтық телескоптардың көмегімен фотосурет арқылы жүзеге асырылады. Бақылаулар нәтижесінде АВ қос жұлдызының құрамдас бөліктерінің өзара бұрыштық қашықтығы (r) анықталады, сонымен қатар А арқылы жүргізілген, АВ доғасының аспан сферасындағы бағыттың доғасына қатысты орналасуының бұрышы (s) анықталады. Бұл деректер бізге В спутнигі жұлдызының көрінетін орбитасының доғасын неғұрлым жарқыраған басты А жұлдызына қатысты тұрғызу үшін пайдаланылады. Егер бақылаулар жеткілікті ұзақ (бірнеше ондаған немесе одан да көп жылдар) жалғасатын болса, оны бақылауға болады. В жұлдызының толық айналуы А қатысты. Көрнекі қос жұлдыздардың типтік өкілдері g Бикеш жұлдыздары (айналу периоды $T = 140$ жыл) немесе Күнге жақын белгілі 61 Сугнус жұлдызы ($T = 350$ жыл) қызмет ете алады. Бүгінгі күні 100 000-ға жуық визуалды қос жұлдыз белгілі.

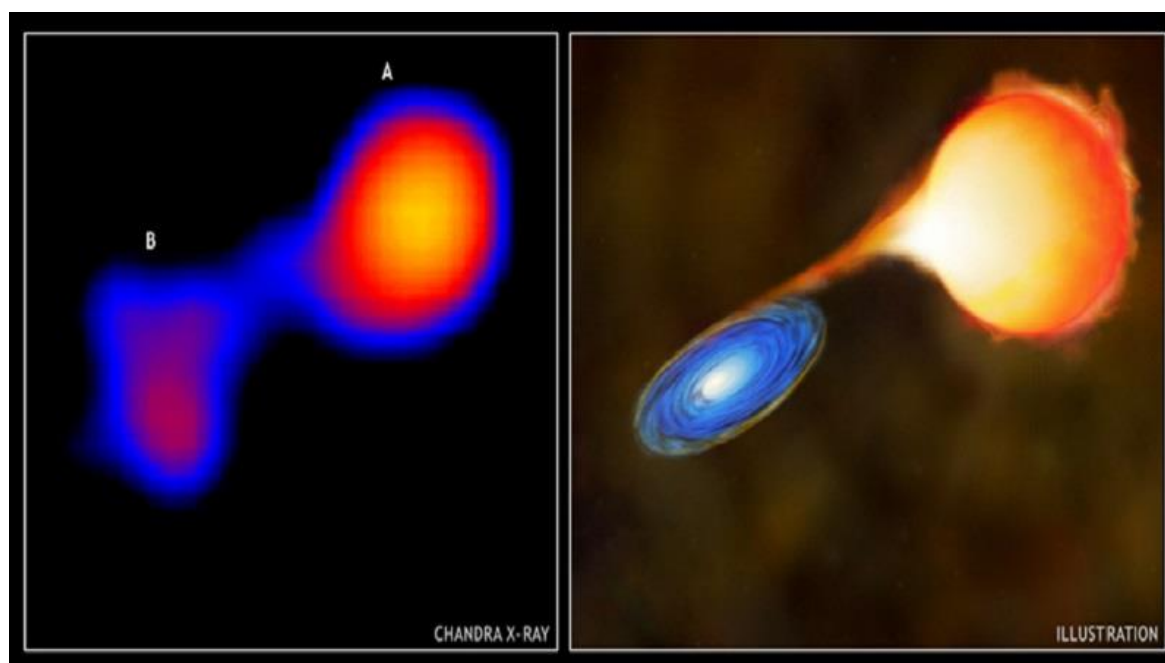
Спектрлік қос жұлдыздар

Қосарлылығын тек спектрлік бақылаулар негізінде анықтауға болатын жұлдыздар *спектрлік қос жұлдыздар* деп аталады. Басқа жұлдыздардан айырмашылығы, олардың орбиталарының жазықтықтары көру сызығымен өте аз бұрыш жасайды ($\alpha \gg 90^\circ$). Спектроскопиялық қос жұлдыздарды бұл бұрыш әлдеқайда үлкен болған жағдайда да байқауға болады. Ал егер орбитаның жазықтығы аспан жазықтығына жақын болса ғана, жұлдыздардың қозғалысы

сызықтардың айтарлықтай ығысуын тудырмайды, сондықтан, бұл жағдайда жұлдыздың қосарлы табиғатын анықтау мүмкін емес болып қалады. Егер орбитаның жазықтығы көру сызығы арқылы өтетін болса ($\alpha = 90^\circ$), онда жүйенің орбитаның екі диаметрлі қарама-қарсы нүктесінде спектрлік сызықтардың ең үлкен ығысуы жұлдыздардың массалар центріне қатысты қозғалысының жалпы жылдамдығының V мәнін анықтауға мүмкіндік береді. Бұл мәндер қисықсызықты жылдамдықтың экстремумдары болып табылады. Егер $\alpha = 90^\circ$ болса, онда бақылаулардан алынған радиалды жылдамдықтар $V_r = V \sin \alpha$ тең болады. Сондықтан орбитаның сызықтық параметрлерінің абсолютті мәндерін (километрмен көрсетілген) спектроскопиялық жолмен табуға болатынымен, олардың барлығында спектроскопиялық бақылаулар арқылы анықтау мүмкін емес, анықталмаған $\sin \alpha$ факторы бар.

Айтылғандардан радиалды жылдамдық қисығы тұтылатын айнымалы жұлдыз үшін белгілі болған жағдайларда (ол үшін α -ны анықтауға болады) жұлдыздардың орбитасының және сипаттамаларының ең толық және сенімді элементтері алынатыны анық. Бұл жағдайда барлық сызықтық шамалар километрмен анықталады. Жұлдыздардың өлшемдері мен пішіндерін ғана емес, тіпті олардың массасын да табуға болады.

Қазіргі уақытта қосарлық табиғаты тек спектрлік бақылаулар негізінде анықталған 2500-ге жуық жұлдыз белгілі. Олардың шамамен 750-і үшін айналу периодтары мен орбитаның пішінін табуға мүмкіндік беретін радиалды жылдамдық қисықтарын алуға болады. Спектроскопиялық қос жұлдыздарды зерттеу өте маңызды, өйткені ол алыстағы жұлдыздардың массалары туралы түсінік алуға мүмкіндік береді.



2-сурет. Спектрлік қос жұлдыздар [3]

Фотометриялық қосжұлдыздар

Фотометриялық қос жұлдыздар – бұл қосарлығы дәл көп түсті электрофотометриялық өлшемдер негізінде есепке алынатын жұлдыздар. Егер

қос жұлдыздың құрамдас бөліктері бетінің температурасы әртүрлі болса, мұндай өлшеулердің нәтижелері бірлік жұлдыздарда байқалмайтын ерекшеліктерге ие болады.

Фотометриялық қос жұлдыздар өте жақын жұлдызды жұптар болып табылады, олардың радиусы жұлдыздардың өлшемдерімен салыстырылатын орбиталарда бірнеше сағаттан бірнеше тәулікке дейінгі периодпен айналады. Бұл жұлдыздардың орбиталарының жазықтықтары мен бақылаушының көру сызығы іс жүзінде сәйкес келеді. Бұл жұлдыздар құрамдастардың бірі бақылаушыға қатысты екіншісінің алдынан немесе артынан өткенде тұтылу құбылыстары арқылы ашылады. Астрономдар бұл құбылысты таңғажайып дәлдікпен жүйелі түрде болатын бақыланатын жұлдыздың жарықтығының төмендеуі ретінде байқайды. Осылайша, фотометриялық қос жұлдыздар басқа айнымалы жұлдыздармен бірге астрономдар қарқынды түрде бақылайтын ауыспалы жұлдыздар болып табылады. Бақылаулар нәтижесінде жұлдыздың жарықтығының уақытқа байланысты өзгеруін, яғни $m(t)$ түрінің тәуелділігін көрсететін айнымалы жұлдыздың жарық қисығы анықталады. Қазіргі уақытта 500-ден астам фотометриялық қос жұлдыздар белгілі.

Оптикалық қос жұлдыздар

Оптикалық қос жұлдыздар – бұл бақылаушымен дерлік сәйкес келетін, яғни бір-бірінен аз бұрыштық қашықтықта орналасқан екі жұлдыз. Және, сонымен бірге, олардың арасында гравитациялық өзара әрекеттесу жоқ.

Кейбір жұлдыздарды телескоп арқылы қараған кезде оптикалық қосарланған болып шығатынын болжау оңай – бұл жай ғана екі жұлдыздың орналасуы аспанда кездейсоқ сәйкес келеді.

Бұл жерде Мицар мен Алькордың мысал ретінде атап кетсек болады. Бұлар Үлкен Аюдағы қос жұлдыздардың құраушылары.



3-сурет. Мицар мен Алькор [2]

Мицар мен Алькор арасында гравитациялық өзара әрекеттесу бар- жоғы әлі нақты анықталған жоқ.

Жарқын Мицар мен Алкордың жанында кескінде төрт дифракциялық сәуле көрінеді - мұндай оптикалық бұрмалану фотосурет Ньютон шағылыстыратын телескоп арқылы түсірілгенінің белгісі болып табылады.

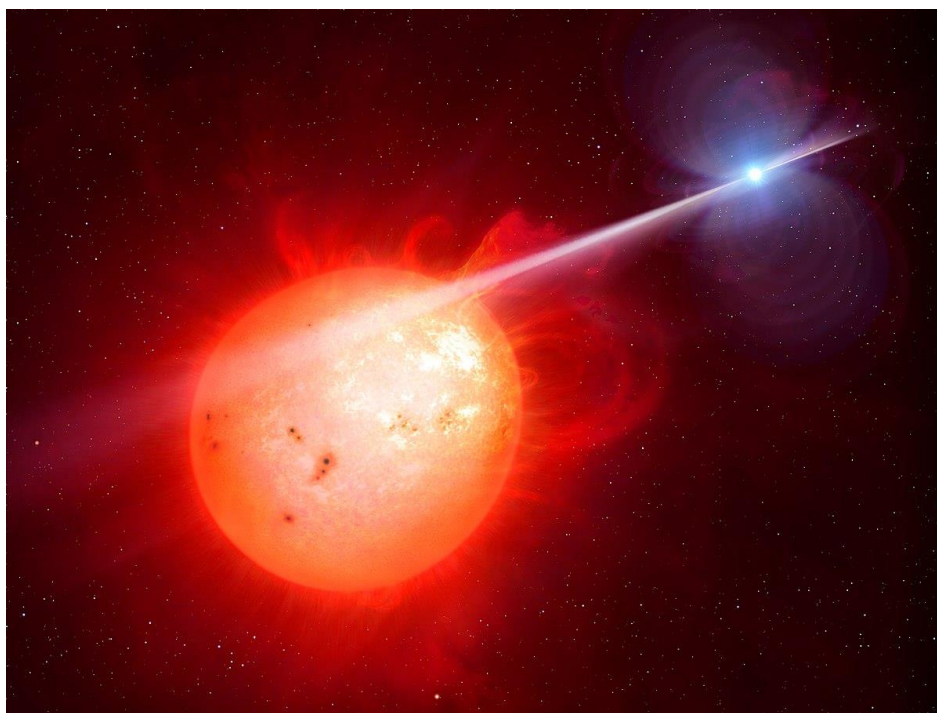
Физикалық қос жұлдыздар. Роша аймағы

Физикалық қос жұлдыздар – тартылыс күштерімен байланысқан және жалпы массалар центрінің айналасында эллипстік (белгілі бір жағдайда, дөңгелек) орбиталарда айналатын қос жұлдыздар жүйесі.

Физикалық қос жұлдыздардың өзін екі топқа бөліп қарастыруға болады. **Ажыратылған қос жұлдыздар жүйесі (разделённые двойные системы)** және **тығыз орналасқан қос жұлдыздар жүйесі (тесные двойные системы)**.

Ажыратылған қос жұлдыздар жүйелері – ортақ массалар центрінің айналасында айналса да, бір-бірінен алшақ орналасқандықтан, олардың арасындағы массалар алмасуы жүрмейтін қос жұлдыздар компоненттері болып табылады.

Тығыз орналасқан қос жұлдыздар жүйесі – олардың ара қашықтығы олардың өлшемдерімен салыстырылатын жұлдыздардың жұптары болып табылады. Бұл жағдайда құрамдас бөліктер арасындағы толқындық әсерлесулер маңызды рөл атқара бастайды. Толқындық күштердің әсерінен екі жұлдыздың беттері шар тәрізді болудан қалады, жұлдыздар эллипсоидтық пішінге ие болады және олардың Жер мұхитындағы ай толқындары сияқты бір-біріне бағытталған толқындық өркештері болады.



4-сурет. AR Шаян (AR Scorpii) физикалық қос жұлдызы [4]

Газдан тұратын дененің пішіні гравитациялық потенциалдың бірдей мәндері бар нүктелер арқылы өтетін бетпен анықталады. Бұл беттер *эквипотенциал* деп аталады. Газ эквипотенциал беті бойымен еркін ағып кете алады, бұл дененің тепе-теңдік пішінін анықтайды. Айнамайтын жалғыз жұлдыз үшін эквипотенциалдық беттер центрлері массалар центрімен сәйкес келетін концентрлі сфералар екені анық. Бұл қарапайым жұлдыздардың сфералығын түсіндіреді. Тығыз орналасқан қос жұлдыздар үшін эквипотенциалдық беттер күрделі пішінге ие және қисықтардың бірнеше тобын құрайды. Олардың ең ішкі бөлігі екі жұлдызды да сегіздік фигурамен қоршап, бірінші (ішкі) Лагранж L1 нүктесінен өтеді. Бұл бет екі тұйық көлемнен тұратын ішкі *Роша шегі* деп аталатын аймақты шектейді, олардың әрқайсысында толқындық әрекеттесу арқылы деформацияланған жұлдыздардың пішінін анықтайтын эквипотенциалдық беттердің эллипсоидтары бар. Басқа екі критикалық беттер сәйкесінше екінші және үшінші (сыртқы) Лагранж нүктелері арқылы өтеді, соңғы бет L4 және L5 Лагранж нүктелері бар тағы екі қуысты шектейді. Жұлдыздардың сыртқы қабаттары ішкі Роша шегінен асып кетсе, онда эквипотенциалдық беттер бойымен тарала отырып, газ, біріншіден, бір жұлдыздан екінші жұлдызға ағып, екіншіден, екі жұлдызды да қоршап тұратын қабық түзе алады. Мұндай жүйенің классикалық мысалы *Лира бетасы* жұлдызы болып табылады, оның спектрлік бақылаулары жақын екілік жүйенің ортақ қабығын да, серіктестен бас жұлдызға дейінгі газ ағынын да анықтауға мүмкіндік береді.

Роша шегі, немесе *Роша аймағы* деп отырған аймақ – физикалық аймақ, онсыз кеңістіктегі кез келген үлкен нысанды елестету мүмкін емес. Қос жұлдыздар жүйелерінде әрбір серік жұлдыздың айналасында оның тартылыс күштері басқа серігінің тартылыс күштерінен басым болатын аймақ *Роша*

аймағы деп аталады. Ол атақты француз астрономы Эдуард Альберт Роштың құрметіне аталған.

Роша аймағындағы жұлдыздың тартылыс күштері қос жұлдыздар жүйесіндегі серік жұлдыздың тартылыс күшінен ғана емес, орталықтан тепкіш күштен де басым болып табылады.

Әдебиеттер тізімі:

1. <https://multiurok.ru/files/prezentatsiia-opredelenie-massy-zviozd-dvoinye-zvi.html>
2. <https://spacegid.com/mitsar-i-alkor.html>
3. <https://kosmosgid.ru/zvyozdy/dvoinie-zvezdi>
4. <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-id?protocol=html&Ident=AR+Scorpii>