

МАТЕМАТИЧКА ГИМНАЗИЈА

МАТУРСКИ РАД

ИЗ АСТРОНОМИЈЕ

Променљиве помрачујуће звезде

Ученик

Мелани Вилер, IVб

Ментор

Слободан Спремо

Београд, јун 2022.

Садржај

1. Променљиве звезде

1.1. Откриће и историја посматрања променљивих звезда

1.2. Начин посматрања променљивих звезда

1.2.1. Фотометрија

1.2.2. Спектрофотометрија

1.2.3. Спектроскопија

1.3. Именовање променљивих звезда

1.4. Врсте променљивих звезда

2. Двојне звезде

2.1. Историја посматрања двојних звезда

2.2. Појам двојних звезда

2.3. Примена Кеплерових закона на двојне звезде

2.4. Подела двојних звезда

3. Променљиве помрачујуће звезде

3.1. Појам променљивих помрачујућих звезда

3.2. Помрачење небеских тела

3.3. Светлосна крива

3.4. Површинска светлост и ефективна температура звезде

3.5. Орбитални елементи

3.6. Променљиве помрачујуће звезде типа Алгол

3.7. Променљиве помрачујуће звезде типа Beta Lyrae

3.8. Променљиве помрачујуће звезде типа W Ursae Majoris

3.9. Транзити планета

4. Закључак

5. Литература

1.Променљиве звезде

Променљива звезда је звезда чија се промена сјаја може уочити током кратког временског интервала, односно кратког у астрономским мерилима: сатима, данима, годинама, а није узрокована појавама у атмосфери Земље.Већина звезда сјаји стално готово константним сјајем, само 1% свих звезда су променљиве звезде. Сунце је добар пример звезде која има готово сталан сјај(сјај се мења свега 0,01% током 11-годишњех Сунчевог циклуса).

1.1.Откриће и историја посматрања променљивих звезда

Древни египатски календар срећних и несрећних дана састављен пре око 3200 година може бити најстарији документ о открићу променљиве звезде, помраченог бинарног Алгола.Од савремених астронома, прва променљива звезда је идентификована 1638.год. када је Јоханес Холварда приметио да Omicron Ceti(касније Мира) улсира у циклусу који је трајао 11 месеци.Давид Фабрихијус је раније описао звезду као нову 1596.Ово откриће, у комбинацији са суперновама посматраним 1572. и 1604., доказало је да звездано небо није вечно непроменљиво као што су Аристотел и други антички филозофи учили.На овај начин, откриће променљивих звезда допринело је астрономској револуцији у 16. и 17. веку.

Друга звезда која је била описана била је променљива звезда Алгол, од Ђеминијана Монтанарија 1669.до 1786. Било је познато десет променљивих звезда.Сам Џон Гудрик је открио Delta Serpei и Beta Lyrae.Од 1850.год. број познатих променљивих звезда се брзо повећао, посебно после 1890. када је постало могуће идентификовати променљиве звезде помоћу фотографије.

1.2.Начин посматрања

Променљиве звезде се могу проучавати на разне начине, а неки од њих су применом фотометрије,спектрофотометрије и спектроскопије. Најпознатије методе визуелне фотометрије су Погсонова, Пикерингова и Аргеландерова. Све се заснивају на упоређивању сјаја променљиве звезде с једном или више поредбених звезда константног

сјаја у њиховој близини. Наведене методе разликују се према начину којим се то упоређивање врши. Тако се код интерполационе Пикерингове методе сјај променљиве “убаци” између сјаја других двеју поредбених звезда тако да смо сигурни да наша звезда има мањи сјај од једне и већи сјај од друге поредбене звезде. А Аргеландерова метода се темељи на тзв. ступњу, тј. најмањој разлици сјаја коју је око физиолошки у стању да региструје.

Када се прикупи више појединачних података о сјају променљиве звезде, може се приступити конструисању криве сјаја. На хоризонталну осу се наноси време посматрања, најчешће у јулијанским данима, а на вертикалну осу се стављају вредности сјаја у привидним звезданим величинама (магнитудама). Са криве је могуће одредити важне параметре за једну променљиву звезду, као што су период промене сјаја, тренутке максимума (највећи сјај променљиве звезде) и минимума, амплитуду промене сјаја и др.

Развијене су методе посматрања, којом и астрономи аматери организованим, континуираним радом могу постићи резултате значајне научне вредности. Пример за то је The American Association of Variable Star Observers (AAVSO) из Кембриџа (Масачусетс). Ово највеће међународно удружење посматрача променљивих звезда располаже с јединственом базом података која се састоји од преко 14 милиона посматрања прикупљених од 1911. године до наших дана.

1.2.1 Фотометрија

Фотометрија, од грчког *photo-*(„светлост”) и *-metry*(„мера”), техника је која се користи у астрономији којом се мери флукс или интензитет светлости коју зраче астрономски објекти. Ова светлост се мери кроз телескоп користећи фотометар, обично направљен користећи електронске уређаје као што је ЦЦД фотометар или фотоелектрични фотометар који конвертује светлост у електричну струју путем фотоелектричног ефекта. Када су калибрисани према стандардним звездама (или другим изворима светлости) познатог интензитета и боје, фотометри могу да мере сјајност или привидну величину небеских објеката.

Методе које се користе за извођење фотометријских мерења зависе од режима студираних таласних дужина. У својом најосновнијем виду, фотометрија се спроводи прикупљањем светлости и проласком кроз специјализоване фотометријске оптичке појасне филтре, а затим хватањем и снимањем светлосне енергије помоћу фотосензитивног инструмента. Дефинисани су стандардни сетови пропусних опсега (који се називају фотометријски систем) како би се омогућило тачно поређење

опажања.Напреднија техника је спектрофотометрија, у којој се мерења врше помоћу спектрофотометра и утврђује се количина радијације и њена детаљна спектрална дистрибуција.

1.2.2. Спектрофотометрија

У хемији, **спектрофотометрија** је квантитативно мерење рефлективних или трансмисионих особина материјала као функција таласне дужине. Она обухвата спектроскопска мерења видљивом, блиско-ултравиолетном, и блиско-инфрацрвеном светлошћу. Спектрофотометрија је специфичнији термин од спектроскопије, који не обухвате временски зависне методе.

Спектрофотометрија подразумева употребу спектрофотометара. Спектрофотометар је фотометар(уређај за мерење интензитета светлости), који може да мери интензитет као функцију таласне дужине извора светлости. Важне одлике спектрофотометара су спектрални опсег и линеарни опсег апсорпције или мерење рефлексије.

1.2.3.Спектроскопија

Спектроскопија је дисциплина која се бави проучавањем међуделовања електромагнетног зрачења и материје. Основни елементи су извор зрачења, дисперзиони елемент (или монохроматор, дакле, део који разлаже зрачење на компоненте према енергији, фреквенцији или таласној дужини) и апсорбер зрачења. Ако су два од три елемента добро дефинисана онда се на основу емитованог и апсорбованог зрачења може сазнати нешто о ономе који је непознат. На пример, састав непознате легуре може да се одреди тако што се на њој високим напонем изазове варница чије се зрачење разложи призмом (или оптичком решетком) у спектар који се региструје погодним апсорбером (филм, фотоелемент...). На основу познатих особина дисперзионог елемента (призме или решетке) може да се одреди таласна дужина сваке компоненте у спектру а на основу познатих особина апсорбера њихови релативни интензитети, што је довољно да се утврди врста и концентрација метала у испитиваној легури.

1.3.Именовање променљивих звезда

У атласима и каталозима променљиве звезде се обележавају великим словима, почевши од *R*. Тако се нижу *R, S, T, U* итд. Уз слово се ставља други падеж латинског назива сазвежђа у којем се променљива звезда налази, тако нпр. *R Draconis* означава променљиву звезду *R* у сазвежђу Змаја (*Draco*). Кад се искористе сва слова до краја абетецеде, прелази се на дуплирање које такође почиње са словом *R* па тако имамо *RR...RZ, SS...SZ* све до *ZZ*. Потом се наставља са двоструким ознакама: *AB...AZ, BB...BZ, CC...CQ...CZ* (с тим што се *J* комбинације не користе). Након што се исцрпе све комбинације са словима, прелази се на ознаку *V* уз коју долази број већи од броја 334 (комбинација са словима има укупно 334). Тако нпр. *V1016 Cygni* означава 1016. променљиву звезду у сазвежђу Лабуда (*Cygnis*).

1.4. Врсте променљивих звезда

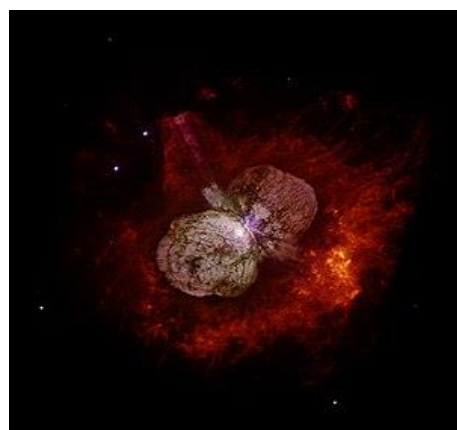
Сјај звезда се мења из много разлога. Он се може мењати и кроз неколико звезданих величина, али и тако слабо да то опажамо само осетљивим фотометром. Неким се звездама сјај мења правилно или скоро правилно, друге одједном изгледе или ненадано засјаје. Промена се може одвијати у вишегодишњим циклусима, или и у само неколико секунди.

Променљиве звезде можемо поделити у две основне групе:

- Физички променљиве звезде: мењају сјај услед физичких процеса у самој звезди, и оне се деле у три подгрупе:
 - Пулсирајуће променљиве звезде: су звезде које се скупљају и шире (пулсирају) с периодом од неколико дана или месеци.
 - Еруптивне променљиве звезде: одликују се избацивањем материје у облику ерупције што за последицу има повећање сјаја одређених подручја на звезди. Неке испуштају облаке угљеника који их изненада заклоне.
 - Катаклизмичке променљиве звезде: звезде које јако промене сјај након што доживе неку наглу, велику промену. Међу њих убрајамо нове и супернове.
- Еклипно и ротирајуће променљиве звезде: мењају сјај услед спољних узрока, који могу бити ротација или помрачења звезде. Овде имамо две подгрупе:
 - **Еклипно променљиве звезде:** то су двојне звезде чије се компоненте у систему крећу у равни посматрача на Земљи тако да на делу путање периодично прекривају једна другу. Промену сјаја може и да изазове и планета што је једна од метода проналаска вансоларних планета.

•Променљиве звезде услед ротације: њихова је површина неравномерно прекривена огромним пегама сличним Сунчевим, и ротацијом звезде појављују се различите групе пега, па се звездин сјај мења.

Ове подгрупе се даље деле на појединачне типове звезда које су име добиле по својем прототипу, карактеристичном представнику. Тако се патуљасте нове називају звездама типа *U Geminorum* по првој променљивој звезди из ове групе - *U Geminorum* коју је 1855. године открио енглески астроном Џон Расел Хајнд.



2. Двојне звезде

2.1. Историја посматрања двојних звезда

Двојне и вишеструке звезде представљају систем од двеју или више звезда које су толико међусобно близу да се крећу једна око друге, односно, које се окрећу око заједничког тежишта на елиптичним путањама (заједнички центар масе).

Претпоставља се да је више од две трећине свих звезда члан двојних и вишеструких система, а исто тако да у околини Сунца такве звезде чине преко 50% свих звезда. За разлику од физички двојних, чије је кретање одређено силом узајамне гравитације, оптички двојним звездама називамо две или више звезда које немају ништа заједничко осим што се виде у приближно истом правцу.

2.2. Појам двојних звезда

Двојну звезду чини пар звезда које на окупу држи њихова заједничка сила привлачења и које се окрећу око њиховог заједничког центра масе. Масивнија и сјајнија звезда назива се примарном и обележава се словом А, док је она са мањом масом секундарна и обележава се словом В. Секундарна звезда се назива још и пратилац. У односу на компоненту А мере се угаоно растојање и положајни угао као функција времена. Путања слабије звезде око сјајније пројектује се на небеску сферу као елипса. Утврђено је да Кеплерови закони важе и за ове елипсе, чиме је показана њихова универзалност, али и универзалност Њутновог закона. Тиме је створена могућност одређивања звезданих маса што је имало велики значај за даљи развој астрономије.

Упркос својој привидној једноставности, двојни системи су често веома сложени. У већини случајева, масе звезда од којих се двојна звезда састоји знатно се разликују, што подразумева да оне различито еволуирају. По Кеплеровом закону познато је да ће две тачкасте масе и кружити око заједничког центра гравитације. Лагранж је решио проблем екипотенцијалних површи, тј. површи на којима је гравитационо привлачење система и константно. Ограничена површина, чији пресек има облик „осмице“, позната је под именом Рошова површ. Кад је полупречник једне звезде у систему истог реда величине као и узајамно растојање пара, њена површина поприма облик јајета са екипотенцијалном површи. У граничном случају, кад се једна звезда током своје еволуције толико увећа да препуни своју Рошову површ, започеће прелаз њене материје на пратиоца кроз пресечну тачку „осмице“ (Лагранжова тачка).

2.3. Примена Кеплерових закона на двојне звезде

За разлику од Сунца и планета чије су масе у односу на Сунчеву занемарљиве, Трећи Кеплеров закон у збиру задржава и масу пратиоца, па је:

$$M_1 + M_2 = \frac{4\pi^2}{GT^2} \cdot a^3$$

Такође важи једначина: :

$$M_1 r_1 = M_2 r_2$$

где су M_1 и M_2 масе звезда, а r_1 и r_2 су њихова тренутна растојања од тежишта система.

У општем случају привидна путања једне звезде око друге може да има било који положај у простору. Помоћу Другог Кеплеровог закона може се утврдити положај велике осе елипсе.

2.4. Подела двојних звезда

Двојне звезде се деле на:

1. визуелне (или оптичке, где се оба члана система могу одвојено посматрати),
2. астрометријске (могуће је посматрати само главну звезду и на основу периодичне промене њеног положаја може да се установи постојање њеног пара)
3. спектроскопске (на основу периодичних померања спектралних линија закључује се да се ради о двојној звезди)
4. фотометријске (заклањајуће, еклиптичне) – компоненте се узајамно привидно заклањају и откривају што доводи до промене укупног сјаја
5. тесно двојне звезде (долази до претакања маса између најчешће две звезде)

Две звезде се могу наћи у привидно истом положају за посматрача са Земље, али то ипак не значи и обавезну двојност. Такве звезде, које се само пројектују у блиске тачке небеске сфере, називају се **оптички двојне звезде**. Релативно кретање једне у односу на другу обавља се дуж праве линије, што није карактеристика двојних звезда.

Астрометријски двојне звезде су оне за које се чини да се крећу око празног простора, односно нема видљивог пратиоца. Постоји више објашњења за ту појаву; или је пратилац врло слабог сјаја тако да је заклоњен сјајем примарне звезде или се ради о објекту који не сија (на пример неутронска звезда која може да се детектује само преко х-зрака). У неким случајевима претпоставља се да је невидљиви пратилац у ствари црна рупа. Најбољи пример за такву двојну звезду је Cygnus X-1, где је маса невидљивог пратиоца једнака маси од око девет наших Сунца, што далеко превазилази масу неутронске звезде, другог могућег пратиоца.

Снимањем звезданих спектра утврђено је периодично померање линија двају спектра који се преклапају. Овакве звезде се називају **спектроскопски двојне звезде**. Из карактеристика дијаграма радијалних брзина једнозначно се одређује већина параметара путање двојне звезде оваквог типа. Спектроскопске двојне звезде је немогуће видети као две посебне звезде, чак ни са најјачим телескопима, али спектралне линије регистроване у том систему указују на периодичну појаву Доплеровог

ефекта, индикатора заједничке револуције. Неке линије указују на кретање планете у смеру Земље, неке на кретање у супротном смеру, а касније, кад звезде замене места у својим орбитама, ова појава се понавља, само на обрнут начин.

С обзиром на то да су равни путања двојних звезда распоређене случајно, за један део њих визура може да лежи у равни путање, тако да једна звезда периодично привидно заклања другу. Такве звезде се лако препознају по карактеристичној кривој промене сјаја, па им је и име у складу са тим – **помрачујуће, (заклањајуће, еклипсне) двојне звезде**. У телескопу се звезда не види раздвојена на компоненте, па је то нови поуздан начин да се утврди њена физичка двојност. Типична звезда овог типа је β Персеј (Алгол). На основу специфичности криве сјаја, као што су дубине и положаји минимума, израчунавају се са довољном поузданошћу сви подаци о звездама и путањама. Еклипсне двојне звезде имају заједничку равну орбиту која се простире у правцу гледања посматрача са Земље и показују периодичну промену сјаја у зависности од проласка једне звезде испред друге.

Тесно двојне звезде су специфична група двојних звезда чије се компоненте налазе на тако малом међусобном растојању да долази до претакања маса међу њим, што директно утиче на њихову структуру и еволуцију. Многе тесно двојне звезде су у исто време и фотометријске (еклипсно) двојне звезде.

Постоји и друга подела двојних звезда где је критеријум Рошова површ. Рошова површ је заправо површина на којој је гравитационо привлачење система планета једнако (еквипотенцијална површ).

1.Раздвојена двојна звезда - врста двојних звезда где је свака компонента у оквиру своје Рошове површи. Звезде немају неки већи утицај једна на другу и у суштини се засебно развијају.

2.Полураздвојена двојна звезда - систем у коме само једна звезда испуњава своју Рошову површ. Гас са површине једне звезде, донора, преноси се на другу звезду.

3.Контактна двојна звезда - такав систем у ком обе звезде испуњавају своје Рошове површи.

У неким случајевима В компонента двојне звезде веома је слабог сјаја па се не може уочити ни најјачим телескопима. Двојност се ипак може поуздано утврдити. Звезде су најчешће приближно једнаких маса, мада неједнаког сјаја. Путања видљиве компоненте међу звездама слична је синусоиди зато што обе звезде обилазе око тежишта система.

Најкраћи откривени период револуције је 2,62 године, док је најдужи 11.000 година. Постоје и звезде које се на небеској сфери налазе на значајном угаоном растојању, а ипак имају скоро подударна сопствена кретања, паралаксе и радијалне брзине. То су широки (размакнути) парови, звезде чија је стварна удаљеност више хиљада астрономских

јединица. Њихови периоди револуције су реда милиона година. Такав пар чине нама најближе звезде – Проксима Кентаури и α -Кентаури, раздвојене 10.000 АЈ.

Од спектрално двојних звезда прво је откривена Мизар. Постоје и троструке и вишеструке звезде. Звезда θ Ори састоји се од чак 6 звезда које, везане гравитацијом, обилазе једна око друге. Веома блиске двојне звезде, тзв. тесно двојне звезде или тесни парови, изузетно су значајни за изучавање еволуције звезда.



3.Променљиве помрачујуће звезде

3.1.Појам променљивих помрачујућих звезда

Поједини блиски парови звезда, код којих равни кретања граде врло мали угао према визури посматрача или се поклапају с њом, међусобно се помрачују при чему долази до смањења укупног сјаја система. Светлосна крива еклипног система извор је бројних података о основним елементима двојног система – о релативним димензијама орбита и звезда, распореду светлости по површини звезда, као и о постојању гасова у њиховој околини. Једна од најпознатијих еклипсних звезда је Алгол, бета Персеја.

3.2.Помрачење небеских тела

Помрачење или еклипса је астрономски догађај током којег једно небеско тело улази у сенку другог небеског тела. Помрачење може бити: *потпуно*, када једно небеско тело буде у потпуности заклоњено другим небеским телом, или *делимично*, када једно небеско тело буде делимично заклоњено другим небеским телом. Ово поравнање три небеска објекта познато је као сизигија. Помрачење Сунца или Месеца настаје када се они налазе у близини једног чвора Месечеве стазе око Земље (стаза Месеца нагнута је према еклиптици за $5^\circ 9'$).



Меркур и Венера прелазе преко Сунчевог круга (транзит), а Месец и планете заклањају позадинске звезде (окултација). Помрачења Јупитерових сателита служила су поморцима у доба када механички сатови нису били довољно поуздани за одређивање тачног времена које је било потребно за прорачун географске дужине. Помрачење звезда догађа се у системима двојних звезда што се на Земљи запажа као периодична промена сјаја. Звезду могу делом помрачити и екстрасоларне планете, а то се прецизним мерењем интензитета светлости звезда може забележити; на пример пратилац звезде ХД 209 458, удаљене 150 светлосних година, планета је 1,32 пута већег полупречника од Јупитеровог, а замрачује звезду за 1,5% сваких 3,5246 дана.

Помрачења се истражују ради спознаје о маси, обиму, међусобној удаљености, инклинацијама и атмосферама тела која се помрачују.

3.2. Светлосна крива

У астрономији, светлосна крива је график интензитета светлости небеског објекта или региона, у функцији времена. Светлост је обично у одређеном фреквенцијском интервалу или опсегу. Криве светлости могу бити периодичне, као у случају помрачења бинарних система, променљивих Цефеида, других периодичних варијабли и транзитних екстрасоларних планета, или аперидичне, као што је крива светлости нове, катаклизмичке променљиве звезде, супернове или догађаја микроленсинга или бинарног као што је

примећено током окултационих догађаја. Проучавање криве светлости, заједно са другим запажањима, може дати значајне информације о физичком процесу који је производи или ограничити физичке теорије о томе.

Окултациона светлосна крива се често карактерише као бинарна, где се светлост из звезде тренутно прекида, остаје константна све време и поново се поново активира. Трајање је еквивалентно дужини тетиве преко окултног тела.

Околности у којима прелази нису тренутни:

-када су или окултно или окултно тело двоструко, нпр. двоструку звезду или двоструки астероид, тада се посматра степенаста светлосна крива.

-када је окултно тело велико, нпр. звезда као Антарес, онда су прелази постепени.

-када окултно тело има атмосферу, нпр. месец Титан

Запажања се обично снимају коришћењем видео опреме, а нестанак и поновно појављивање се темпирају коришћењем ГПС дисциплинованог видео уметача времена (ВТИ).

3.3. Површинска светлост и ефективна температура звезде

У астрономији, површински сјај квантификује привидну светлост или густину флука по јединици угаоне површине просторно проширеног објекта као што је галаксија или маглина, или позадине ноћног неба. Површинска осветљеност објекта зависи од густине његове површинске светлости, односно од његовог осветљења емитованог по јединици површине. У видљивој и инфрацрвеној астрономији, површински сјај се често наводи на скали магнитуда, у магнитудама по квадратној лучној секунди (МПСАС) у одређеном филтерском појасу или фотометријском систему.

Мерење површинских осветљености небеских објеката назива се површинска фотометрија.

Површинске осветљености се обично наводе у величинама по квадратној лучној секунди. Пошто је величина логаритамска, израчунавање површинске светлости не може се

извршити једноставним дељењем величине по површини. Уместо тога, за извор са укупном или интегрисаном величином m која се протеже преко визуелне површине од A квадратних лучних секунди, површински сјај S је дат као:

$$S = m + 2.5 \cdot \log_{10} A.$$

За астрономске објекте, површинска осветљеност је аналогна фотометријској осветљености и стога је константна са растојањем: како објекат постаје све слабији са растојањем, он такође постаје одговарајуће мањи у визуелној области. У геометријском смислу, за оближњи објекат који емитује дату количину светлости, радијациони флуks се смањује са квадратом удаљености до објекта, али физичка површина која одговара датом солидном углу или визуелној површини (нпр. 1 квадратна лучна секунда) се смањује за исте пропорције, што резултира истом површинском сјајношћу. За проширене објекте као што су маглине или галаксије, ово омогућава процену просторне удаљености од површинске светлости помоћу модула удаљености или растојања светлости.

3.4. Орбитални елементи

Орбитални елементи су параметри потребни за јединствену идентификацију одређене орбите. У небеској механици ови елементи се разматрају у системима са два тела користећи Кеплерову орбиту. Постоји много различитих начина да се математички опише иста орбита, али одређене шеме, од којих се свака састоји од скупа од шест параметара, обично се користе у астрономији и орбиталној механици.

Права орбита и њени елементи се мењају током времена услед гравитационих пертурбација од стране других објеката и ефеката опште теорије релативности. Кеплерова орбита је идеализована, математичка апроксимација орбите у одређеном тренутку.

Традиционални орбитални елементи су шест Кеплерових елемената, по Јоханесу Кеплеру и његовим законима планетарног кретања.

Када се посматрају из инерцијалног оквира, два тела у орбити оцртавају различите путање. Свака од ових путања има свој фокус у заједничком центру масе. Када се посматра из неинерцијалног оквира усредсређеног на једно од тела, видљива је само путања супротног тела; Кеплерови елементи описују ове неинерцијалне путање. Орбита има два скупа Кеплерових елемената у зависности од тога које тело се користи као референтна тачка. Референтно тело (обично најмасовније) назива се примарно, друго тело се назива секундарно. Примарни не мора нужно да поседује већу масу од секундарног, а чак и када су тела једнаке масе, орбитални елементи зависе од избора примарног.

Два елемента дефинишу облик и величину елипсе:

Ексцентрицитет (e)—облик елипсе, који описује колико је издужена у поређењу са кругом . Велика полуоса (a) — збир растојања периапсе и апоапсе подељен са два. За класичне орбите са два тела, велика полуоса је растојање између центара тела, а не растојање тела од центра масе.

Два елемента дефинишу оријентацију орбиталне равни у коју је уграђена елипса:

Нагиб (i) — вертикални нагиб елипсе у односу на референтну раван, мерено у узлазном чвору . Угао нагиба се мери управно на линију пресека између орбиталне и референтне равни. Било које три тачке на елипси ће дефинисати орбиталну раван елипсе. Раван и елипса су дводимензионални објекти дефинисани у тродимензионалном простору.

Географска дужина узлазног чвора (Ω) — хоризонтално оријентише узлазни чвор елипсе (где орбита пролази нагоре кроз референтну раван) у односу на пролећну тачку референтног оквира.

Преостала два елемента су следећа:

Аргумент периапсе (ω) дефинише оријентацију елипсе у орбиталној равни, као угао мерен од узлазног чвора до периапсе (најближа тачка када сателитски објекат долази примарном објекту око којег кружи).

Права аномалија (v , θ , или ϕ) у епохи (t_0) дефинише положај тела у орбити дуж елипсе у одређено време .

Средња аномалија M је математички погодан фиктивни „угао“ који се линеарно мења са временом, али који не одговара стварном геометријском углу. Може се конвертовати у праву аномалију v , која представља прави геометријски угао у равни елипсе, између периапсе (најближи приступ централном телу) и положаја орбиталног објекта у било ком тренутку.

Углови нагиба, географска дужина узлазног чвора и аргумент периапсе се такође могу описати као Ојлерови углови који дефинишу оријентацију орбите у односу на референтни координатни систем.

Неелиптичне путање такође постоје, али нису затворене, па стога нису орбите. Ако је ексцентрицитет већи од један, путања је хипербола. Ако је ексцентрицитет једнак један, а угаони момент нула, трајекторија је радијална. Ако је ексцентрицитет један и постоји угаони момент, путања је парабола.

3.5.Променљиве помрачујуће звезде типа Алгол

Алгол или бета Персеја(лат. *β Persei*, *β Per*) је еклипно променљива звезда у Персеју, прототип своје класе променљивих. Алгол је трочлани звездани систем. Име звезде потиче од арапског назива *Ra's Al Ghul*, и значи „глава демона“, јер представља око Медузе чију главу држи Персеј.

Алгол је још у старој Грчкој био познат као „демонска звезда“, тако да је највероватније била позната варијабилност његовог сјаја. Ипак, у савременом смислу, Ђеминијано Монтанари је својим посматрањима 1669. године утврдио променљивост сјаја Алгола. Џон Гудрик је 1782. измерио и период између два минимума — 2,867 дана. Идеја да Алгол чине две звезде, од којих она слабијег сјаја повремено помрачује главну звезду је постепено прихваћена, а своју коначну потврду је добила 1889. године, када је Херман Фогел показао да је период којим варира радијална брзина Алгола једнак периоду смањења сјаја. Читав процес, од почетка опадања сјаја до повратка на уобичајену вредност, траје свега неколико сати.

Алгол има два минимума сјаја: примарни минимум се дешава када мање сјајна звезда заклони сјајнију, и видљив је голим оком (магнитуда пада са 2,1 на 3,4); док се секундарни минимум јавља када сјајнија звезда заклони мање сјајну, али се тада магнитуда смањује за свега 0,06. Непосредно пре и после секундарног минимума долази до благог повећања магнитуде, што се објашњава рефлексијом светлости сјајније компоненте о слабију.



3.6. Променљиве помрачујуће звезде типа Beta Lyrae

Бета Лира (β Лирае, скраћено Бета Лир, β Лир) званично названа Шелиак, традиционално име система, је вишеструки звездани систем у сазвежђу оф Лира. На основу мерења паралаксе добијених током мисије Hipparcos, удаљен је приближно 960 светлосних година (290 парсека) од Сунца.

Иако се голим оком чини као једна светлосна тачка, заправо се састоји од шест компоненти привидне магнитуде 14,3 или светлије. Најсјајнија компонента, означена као Бета Лирае А, је сама по себи троструки звездани систем, који се састоји од помраченог бинарног пара (Аа) и једне звезде (Аб). Две компоненте бинарног пара су означене као Бета Лирае Аа1 и Аа2. Додатних пет компоненти, означених као Бета Лирае Б, Ц, Д, Е и Ф, тренутно се сматрају појединачним звездама.

Променљиви сјај овог система открио је 1784. британски астроном аматер Џон Гудрик. Орбитална раван овог система је скоро поравната са линијом вида са Земље, тако да две звезде периодично помрачују једна другу. Ово узрокује да Бета Лирае редовно мења своју привидну магнитуду са +3,2 на +4,4 током орбиталног периода од 12,9414 дана. Он чини прототип класе елипсоидних „контактних“ помрачених бинарних система.

Две компоненте су толико близу једна другој да се не могу разрешити помоћу оптичких телескопа, формирајући спектроскопску бинарну. У 2008. години, примарна звезда и акрециони диск секундарне звезде су раздвојени и снимљени помоћу интерферометра Array Michigan infrared combiner у блиском инфрацрвеном X опсегу, омогућавајући елементи орбите који ће се први пут израчунати.

Поред редовних помрачења, систем показује мање и спорије варијације у осветљености. Сматра се да су оне узроковане променама у акреционом диску и праћене варијацијама у

профилу и јачини спектралних линија, посебно емисионих линија. Варијације нису редовне, већ су окарактерисане периодом од 282 дана.



3.7.Променљиве помрачујуће звезде типа W Ursae Majoris

W Ursae Majoris је променљива ознака звезде за бинарни звездани систем у северном сазвежђу Великог медведа. Има привидну визуелну магнитуду од око 7,9, која је сувише слаба да би се могла видети голим оком. Међутим, може се посматрати малим телескопом. Мерења паралаксе га постављају на удаљености од отприлике 169 светлосних година (52 парсека) од Земље.

Немачки астрономи Густав Милер и Пол Кемпф су 1903. године открили да се светлост овог система разликује. Од тада је постао прототип и епоним за класу променљивих звезда званих променљиве W Ursae Majoris. Овај систем се састоји од пара звезда у уској, кружној орбити са периодом од 0,3336 дана, односно осам сати и 26 секунди. Током сваког орбиталног циклуса, свака звезда помрачује другу, што резултира смањењем магнитуде. Максимална магнитуда пара је 7,75 маг. Током помрачења примарног, нето магнитуда опада за 0,73 маг, док помрачење секундарног изазива смањење магнитуде од 0,68 маг.

Две звезде у W Ursae Majoris су толико близу једна другој да су њихове спољашње омотаче у директном контакту, што их чини контактним бинарним системом. Као резултат тога, имају исту звездану класификацију Ф8Вп, која се поклапа са спектром звезде главне секвенце која генерише енергију нуклеарном фузијом водоника. Међутим, примарна компонента има већу масу и радијус од секундарне, са 1,14 пута Сунчевом масом и 1,09 пута Сунчевом масом. Секундарни има 0,55 соларне масе и 0,79 соларних радијуса.

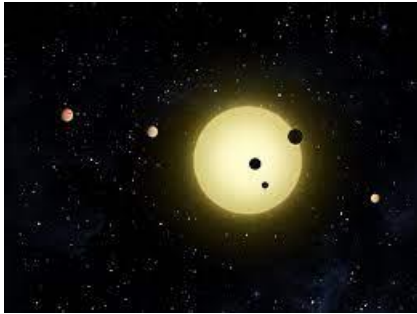
Орбитални период система се променио од 1903. године, што може бити резултат преноса масе или ефекта кочења магнетних поља. Звездане пеге су примећене на површини звезда и откривене су јаке рендгенске емисије, што указује на висок ниво магнетне активности који је заједнички за варијабле В УМа. Ова магнетна активност може играти улогу у регулисању времена и величине преноса масе.



3.8.Транзити планета

Транзит или **прелаз** у астрономији је прелазак Венере или Меркура преко Сунчевог диска, гледано са Земље. Уопштено, под појмом транзит се подразумева прелаз мањег небеског тела испред већег. Уколико ближе небеско тело (гледано са одређене тачке) прекрива већи део или цео диск даљег небеског тела, онда се ради о окултацији, а не транзиту. Постоји и термин „звездани транзит”, а мисли се на прелазак звезде преко окулара телескопа.

Ровер Кјуриосити је 3. јуна 2014. године својим камерама снимио транзит Меркура преко Сунчевог диска, што је први пут да је транзит неке од планета снимљен са другог небеског тела (а не Земље).



4.Закључак

Бинарни звездани системи су веома важни у астрофизици јер прорачуни њихових орбита омогућавају да се маса њихових саставних звезда директно одреди, што заузврат омогућава да се индиректно процене други звездани параметри, као што су радијус и густина. Ово такође одређује емпиријску везу масовне осветљености из које се могу проценити масе појединачних звезда.

Фотометријска потрага за екстра-соларним планетама у наредних неколико година на крају ће резултирати милионима светлосних кривина и такви обими података захтеваће напоре астронома аматера у њиховој анализи.

5.Литература

Fröhlich, C. (2006). "Solar Irradiance Variability Since 1978". *Space Science Reviews*. **125** (1–4): 53–65. Bibcode:2006SSRv..125...53F. doi:10.1007/s11214-006-9046-5. S2CID_54697141.

1. Porceddu, S.; Jetsu, L.; Lyytinen, J.; Kajatkari, P.; Lehtinen, J.; Markkanen, T.; et al. (2008). "Evidence of Periodicity in Ancient Egyptian Calendars of Lucky and Unlucky Days". *Cambridge Archaeological Journal*. **18** (3): 327–339. Bibcode:2008CArcJ..18..327P. doi:10.1017/S0959774308000395. S2CID 162969143.
2. Jetsu, L.; Porceddu, S.; Lyytinen, J.; Kajatkari, P.; Lehtinen, J.; Markkanen, T.; et al. (2013). "Did the Ancient Egyptians Record the Period of the Eclipsing Binary Algol - The Raging One?". *The Astrophysical Journal*. **773** (1): A1 (14pp). arXiv:1204.6206. Bibcode:2013ApJ...773....1J. doi:10.1088/0004-637X/773/1/1. S2CID 119191453.
3. Letsu, L.; Porceddu, S. (2015). "Shifting Milestones of Natural Sciences: The Ancient Egyptian Discovery of Algol's Period Confirmed". *PLOS ONE*. **10** (12): e.0144140 (23pp). arXiv:1601.06990. Bibcode:2015PLoSO..1044140J. doi:10.1371/journal.pone.0144140. PMC 4683080. PMID 26679699.
4. Samus, N. N.; Kazarovets, E. V.; Durlevich, O. V. (2001). "General Catalogue of Variable Stars". *Odessa Astronomical Publications*. **14**: 266. Bibcode:2001OAP....14..266S.
5. "Variable Star Classification and Light Curves" (PDF). Retrieved 15 April 2020.
6. "OpenStax: Astronomy | 19.3 Variable Stars: One Key to Cosmic Distances | Top Hat". *tophat.com*. Retrieved 2020-04-15.
7. Burnell, S. Jocelyn Bell (2004-02-26). *An Introduction to the Sun and Stars*. Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-54622-5.
8. Mestel, Leon (2004). "2004JAHH....7...65M Page 65". *Journal of Astronomical History and Heritage*. **7** (2): 65. Bibcode:2004JAHH....7...65M. Retrieved 2020-04-15.
9. Cox, J. P. (1967). "1967IAUS...28....3C Page 3". *Aerodynamic Phenomena in Stellar Atmospheres*. **28**: 3. Bibcode:1967IAUS...28....3C. Retrieved 2020-04-15.
10. Cox, John P. (1963). "1963ApJ...138..487C Page 487". *The Astrophysical Journal*. **138**: 487. Bibcode:1963ApJ...138..487C. doi:10.1086/147661. Retrieved 2020-04-15.
11. Messina, Sergio (2007). "Evidence for the pulsational origin of the Long Secondary Periods: The red supergiant star V424 Lac (HD 216946)". *New Astronomy*. **12** (7): 556–561. Bibcode:2007NewA...12..556M. doi:10.1016/j.newast.2007.04.002.
12. Soszyński, I. (2007). "Long Secondary Periods and Binarity in Red Giant Stars". *The Astrophysical Journal*. **660** (2): 1486–1491. arXiv:astro-ph/0701463. Bibcode:2007ApJ...660.1486S. doi:10.1086/513012. S2CID 2445038.
13. Olivier, E. A.; Wood, P. R. (2003). "On the Origin of Long Secondary Periods in Semiregular Variables". *The Astrophysical Journal*. **584** (2): 1035. Bibcode:2003ApJ...584.1035O. CiteSeerX 10.1.1.514.3679. doi:10.1086/345715.
14. Variable Star Of The Season, Winter 2005: The Beta Cephei Stars and Their Relatives, John Percy, AAVSO. Accessed October 2, 2008.

15. Lesh, J. R.; Aizenman, M. L. (1978). "The observational status of the Beta Cephei stars". *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*. **16**: 215–240. Bibcode:1978ARA&A..16..215L. doi:10.1146/annurev.aa.16.090178.001243.
16. De Cat, P. (2002). "An Observational Overview of Pulsations in β Cep Stars and Slowly Pulsating B Stars (invited paper)". *Radial and Nonradial Pulsations as Probes of Stellar Physics*. **259**: 196. Bibcode:2002ASPC..259..196D.
17. Kilkeny, D. (2007). "Pulsating Hot Subdwarfs -- an Observational Review". *Communications in Asteroseismology*. **150**: 234–240. Bibcode:2007CoAst.150..234K. doi:10.1553/cia150s234.
18. Koester, D.; Chanmugam, G. (1990). "REVIEW: Physics of white dwarf stars". *Reports on Progress in Physics*. **53** (7): 837. Bibcode:1990RPPh...53..837K. doi:10.1088/0034-4885/53/7/001. S2CID 122582479.
19. Murdin, Paul (2002). *Encyclopedia of Astronomy and Astrophysics*. Bibcode:2002eaa..book.....M. ISBN 0-333-75088-8.
20. Quirion, P.-O.; Fontaine, G.; Brassard, P. (2007). "Mapping the Instability Domains of GW Vir Stars in the Effective Temperature-Surface Gravity Diagram". *The Astrophysical Journal Supplement Series*. **171** (1): 219–248. Bibcode:2007ApJS..171..219Q. doi:10.1086/513870.
21. Nagel, T.; Werner, K. (2004). "Detection of non-radial g-mode pulsations in the newly discovered PG 1159 star HE 1429-1209". *Astronomy and Astrophysics*. **426** (2): L45. arXiv:astro-ph/0409243. Bibcode:2004A&A...426L..45N. doi:10.1051/0004-6361:200400079. S2CID 9481357.
22. "MAST: Barbara A. Mikulski Archive for Space Telescopes". Space Telescope Science Institute. Retrieved 8 December 2021.
23. Panov, K.; Dimitrov, D. (May 2007). "Long-term photometric study of FK Comae Berenices and HD 199178". *Astronomy and Astrophysics*. **467**: 229–235. doi:10.1051/0004-6361:20065596. Retrieved 12 December 2021.
24. Livio, Mario; Soker, Noam (June 1988). "The Common Envelope Phase in the Evolution of Binary Stars". *Astrophysical Journal*. **329**: 764. Bibcode:1988ApJ...329..764L. Doi:10.1086/166419.
25. *The Binary Stars*, Robert Grant Aitken, New York: Dover, 1964, p. ix.
26. Jump up to:**a b c** Heintz, W. D. (1978). *Double Stars*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company. pp. 1–2. ISBN 978-90-277-0885-4.
27. Jump up to:**a b** "Visual Binaries". University of Tennessee.
28. Heintz, W. D. (1978). *Double Stars*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company. p. 5. ISBN 978-90-277-0885-4.
29. Heintz, W. D. (1978). *Double Stars*. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht. p. 17. ISBN 978-90-277-0885-4.
30. Jump up to:**a b c** *The Binary Stars*, Robert Grant Aitken, New York: Dover, 1964, p. 1.

- 31.** Vol. 1, part 1, p. 422, *Almagestum Novum* Archived 2011-08-10 at the Wayback Machine, Giovanni Battista Riccioli, Bononiae: Ex typographia haeredis Victorij Benatij, 1651.
- 32.** A New View of Mizar Archived 2008-03-07 at the Wayback Machine, Leos Ondra, accessed on line May 26, 2007.
- 33.** pp. 10–11, *Observing and Measuring Double Stars*, Bob Argyle, ed., London: Springer, 2004, ISBN 1-85233-558-0.
- 34.** Michell, John (1767). "An Inquiry into the Probable Parallax, and Magnitude of the Fixed Stars, from the Quantity of Light Which They Afford us, and the Particular Circumstances of Their Situation, by the Rev. John Michell, B. D. F. R. S". *Philosophical Transactions*. **57**. pp. 249–250. Bibcode:1767RSPT...57..234M. JSTOR 105952.
- 35.** Heintz, W. D. (1978). *Double Stars*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company. p. 4. ISBN 978-90-277-0885-4.
- 36.** Herschel, William (1803). "Account of the Changes That Have Happened, during the Last Twenty-Five Years, in the Relative Situation of Double-Stars; with an Investigation of the Cause to Which They Are Owing". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. **93**: 339–382. doi:10.1098/rstl.1803.0015. JSTOR 107080. S2CID 109971828