

Cefeide

U prošlom polarisu objavljen je članak o neobičnim zvijezdama – članicama dvojnih i višestrukih zvjezdanih sustava te promjenljivim zvijezdama. U ovom broju detaljno predstavljamo jednu vrstu promjenljivih zvijezda.

Neke od najpravilnijih promjenljivih zvijezda pulsiraju tako da se skupljaju i šire s periodom od nekoliko dana; pritom se mijenjaju njihovo oplošje i površinska temperatura, što utječe na ukupan luminozitet. Među njima su najpoznatije cefeide, koje su dobile ime po Delti Cephei, tipičnom predstavniku te vrste. Te su zvijezde superdivovi s masom desetak puta većom od Sunca, te stotine i tisuće puta sjajnije. Cefeide su osobito važne u astronomiji zato što omogućuju određivanje udaljenosti i izvan naše Galaktike.

Godine 1596. nizozemski je astronom amater David Fabricius (1564 – 1617.), promatrajući nebo, opazio da jedna prilično sjajna zvijezda u zviježđu Kita (Cetus) tijekom vremena gubi sjaj, te posve iščezava iz vida. Tako je obavio, prvo u povijesti dokumentirano, promatranje promjenljive zvijezde.

Ta je zvijezda dobila ime Mira, tj. "čudesna". U razdoblju od oko 332 dana, Mira mijenja sjaj između druge (kad je svijetla kao Sjevernjača) i desete zvjezdane veličine, kada je preslaba da bi se vidjela golim okom.

Među pulsirajućim promjenljivim zvijezdama razlikujemo one s periodičnim (pravilnim) i one s nepravilnim (neperiodičnim) promjenama sjaja. Neke od najpravilnijih promjenljivih zvijezda pulsiraju tako da se skupljaju i šire, te vibriraju na nekoj određenoj frekvenciji poput žica nekoga glazbala. Od svih su najpoznatije cefeide, koje su dobile ime po zvijezdi Delti (δ) Cephei, tipičnom predstavniku te vrste.

Promjenu sjaja zvijezde δ Cephei prvi je primjetio John Goodricke 1784. godine. Krivulja sjaja je toliko

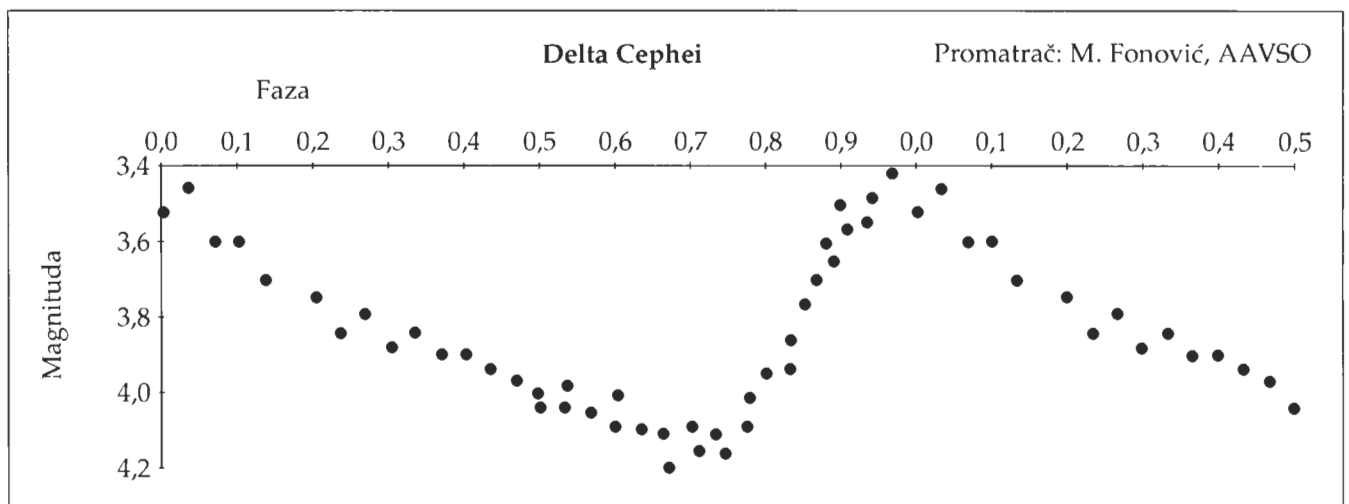
pravilna da se u početku mislilo da je zvijezda pomrčinski promjenljiva. Stabilan period promjene sjaja jedna je od najvažnijih osobina cefeida. To je vremensko razdoblje u kojem zvijezda doživi jedan pun ciklus promjene sjaja i vrati se u početno stanje, s istim sjajem i ostalim fizikalnim osobinama (temperaturom, polumjerom, spektralnim tipom i apsolutnom veličinom). Cefeida "titra" s periodom od nekoliko dana, pri čemu se mijenjaju njezino oplošje i površinska temperatura, i posljedično, sjaj.

Cefeide su izuzetno luminozne, pa ih možemo i pojedinačno razabrati među zvijezdama obližnjih galaktika. One su neobično važne u astronomiji jer omogućavaju izračunavanje udaljenosti i izvan naše Galaktike, no o tome ćemo govoriti nešto kasnije.

Prema dužini perioda i obliku krivulje sjaja, cefeide možemo podijeliti u šest osnovnih skupina: klasične δ Cefeide (δ CEP), kratkoperiodične tipa RR Lyrae (RR), tip W Virginis (CW), β Cephei (β CEP), promjenljive tipa δ Scuti (δ SCT) i patuljaste cefeide. U nastavku ćemo ukratko opisati njihove osnovne fizikalne osobine.

Cefeide tipa δ Cephei i W Virginis

Delta cefeide se odlikuju vrlo postojanim i dugim periodima promjene sjaja, koji mogu biti između 1,5 i 50 dana. Do našeg vremena u Galaktici je otkriveno oko 700 klasičnih cefeida. Zvijezde pripadnice ove skupine opažene su i u Magellanovim oblacima i obližnjim galaktikama. U novije vrijeme nadene su cefeide



Slika 1. Krivulja sjaja zvijezde δ Cephei dobivena na osnovi mjerenja načinjenih s astronomske promatračnice u Plominskom Zagorju (u Istri).

s periodima dužim od 100 dana. Amplituda promjene sjaja, tj. razlika prividnih veličina u maksimumu i minimumu sjaja može biti u intervalu od 0,2 do 2,0 magnituda.

Karakterističan predstavnik zvijezda ovog tipa je δ Cephei, čija je krivulja sjaja prikazana na slici 1. Sjaj ove zvijezde mijenja se između 3,5 i 4,4 zvjezdanih veličina u pravilnim vremenskim razmacima od 5,3663 dana. Udaljenost δ Cephei procjenjuje se na 1.000 svjetlosnih godina; zvijezda je superdiv tridesetak puta većeg polumjera od Sunčevog.

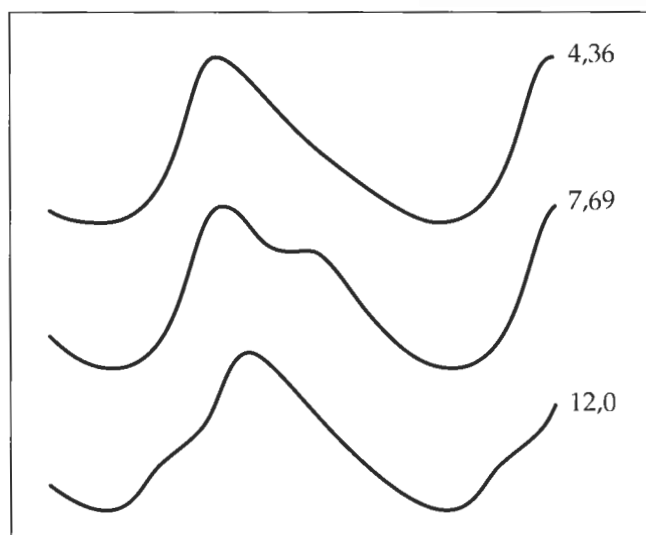
Postoji zakonitost u promjeni oblika krivulje sjaja klasičnih cefeida u ovisnosti od dužine perioda, koju je otkrio i proučio Ejnar Hertzsprung. Zvijezde s periodima između 1,5 i 5 dana imaju glatke krivulje sjaja, kao što se vidi na slici 2. S produžavanjem perioda pojavljuje se grba na silaznoj grani krivulje sjaja, koja se produžavanjem perioda postupno pomiče prema maksimumu. Kod perioda od oko 10 dana grba se poklapa s maksimumom, a zatim prelazi na uzlaznu stranu krivulje, u obliku zastoja u povećanju sjaja. Na taj način, pomoću dužine perioda i oblika krivulje sjaja, možemo razlikovati delta cefeide od drugih zvijezda sličnog perioda.

Istodobno s promjenom sjaja, klasične cefeide mijenjaju pokazatelj boje, odnosno spektralni tip; temperature njihovih atmosfera mijenjaju se s amplitudom od oko 1.500 K. Na slici 3. su, pored krivulje promjene sjaja, prikazane i promjene spektralnog tipa, temperature, radijalne brzine i radijusa zvijezde tijekom jednoga perioda.

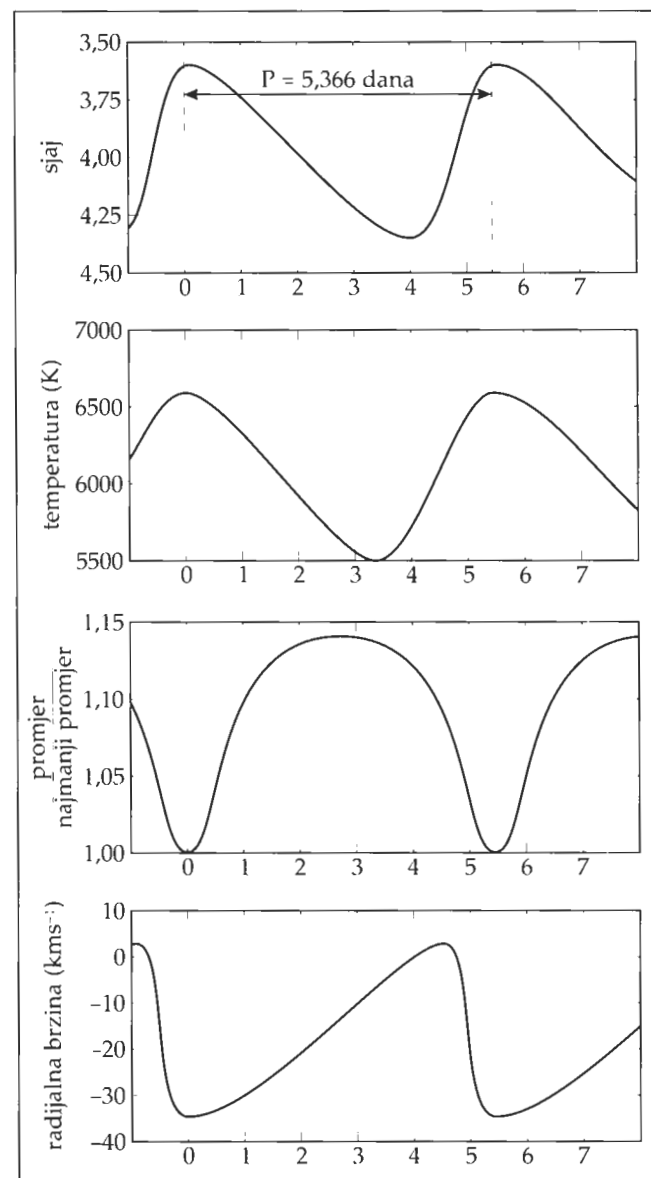
Spektralni tipovi cefeida u maksimumu i minimumu sjaja pokazuju pravilnu promjenu u zavisnosti od dužine perioda. Delta cefeide pripadaju zvjezdama spektralnog tipa F, G i K; cefeide s dužim periodima izrazitije mijenjaju spektralne razrede. Na Hertzsprung-Russellovom (H-R) dijagramu (slika 4.) vidimo da su cefeide žuti superdivovi s masom od tri do deset puta većom od Sunca, te stotine i tisuće puta sjajnije.

Delta cefeide se nalaze blizu osnovne ravnine naše Galaktike, što znači da su relativno mlade zvijezde. Njihove apsolutne magnituda dosežu do -6 ; to znači da mogu biti 10.000 puta sjajnije od Sunca.

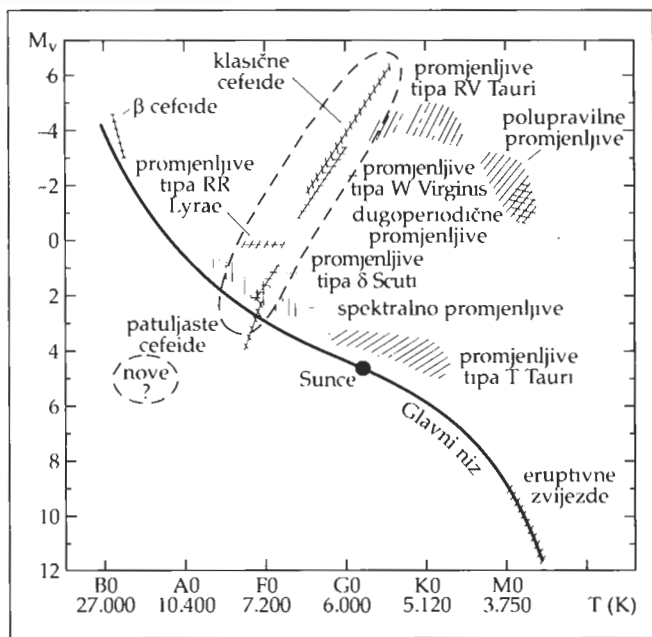
Sljedeća skupina cefeida su W Virginis (CW) – promjenljive ovog tipa su dobile naziv po zvijezdi W Virginis, koja je iz ove skupine prva otkrivena (E. Schonfeld 1866. godine). W Vir ima period 17,28 dana, a krivulja sjaja ima širok maksimalni dio i uzak i dubok minimum (slika 5.). Neobična je i promjena njezinog pokazatelja boje, tj. temperature. Naime, zvijezda je najtoplija na sredini ulazne grane krivulje sjaja, a ne u maksimumu. U odnosu na delta cefeide, promjenljive tipa W Virginis za isti period imaju sjaj 0,7 do 2 magnituda slabiji. Dok se delta cefeide u pulsaciji promjene približno za 10%, zvijezde tipa W Virginis promjene se čak za 50%. Periodi promjene sjaja kod ovih zvijezda variraju od 2 do 45 dana s amplitudama od 0,3 do 1,2 magnituda. Cefeide CW su stare zvijezde II. populacije, što znači da se nalaze u galaktičkom halou, u kuglastim skupovima i blizu galaktičkog središta. One koje se nalaze u kuglastim skupovima mogu poslužiti za određivanje udaljenosti tih skupova.



Slika 2. Zavisnost oblika krivulje sjaja od perioda za delta cefeide. Brojevi označavaju dužine perioda u danima.



Slika 3. Mijenjanje vizualnog sjaja, temperature, polumjera i radijalne brzine kod cefeida.



Slika 4. Položaj cefeida na H-R dijagramu.

Kratkoperiodične Cefeide

Promjenljive ovog tipa su dobile naziv prema tipičnom predstavniku, zvijezdi RR Lyrae koju je 1901. otkrio W. Fleming s Harvarda. Zvijezde RR Lyrae najprije su otkrivene u kuglastim skupovima. One su vrlo brojne, u naše vrijeme poznato ih je preko 7.000. Sve one vrlo brzo mijenjaju svoj sjaj, kod većine zvijezda ovog tipa periodi su između 0,05 i 1,2 dana; pritom im se sjaj najčešće mijenja za jednu zvezdanu veličinu. Tako predstavnica ove skupine – RR Lyrae – mijenja sjaj od 7,0 do 8,1 vizualne magnitute (slika 5.) u vremenu od 13h 36m 12s. Sa H-R dijagrama može se vidjeti da su

zvijezde tipa RR Lyrae divovi spektralnih razreda A2 do F2. To su stare zvijezde II. populacije, mase otprilike jednake Sunčevoj. Apsolutna zvezdana veličina promjenljivih RR Lyrae kreće se oko +0,5 i manje ili više neovisna je o periodu.

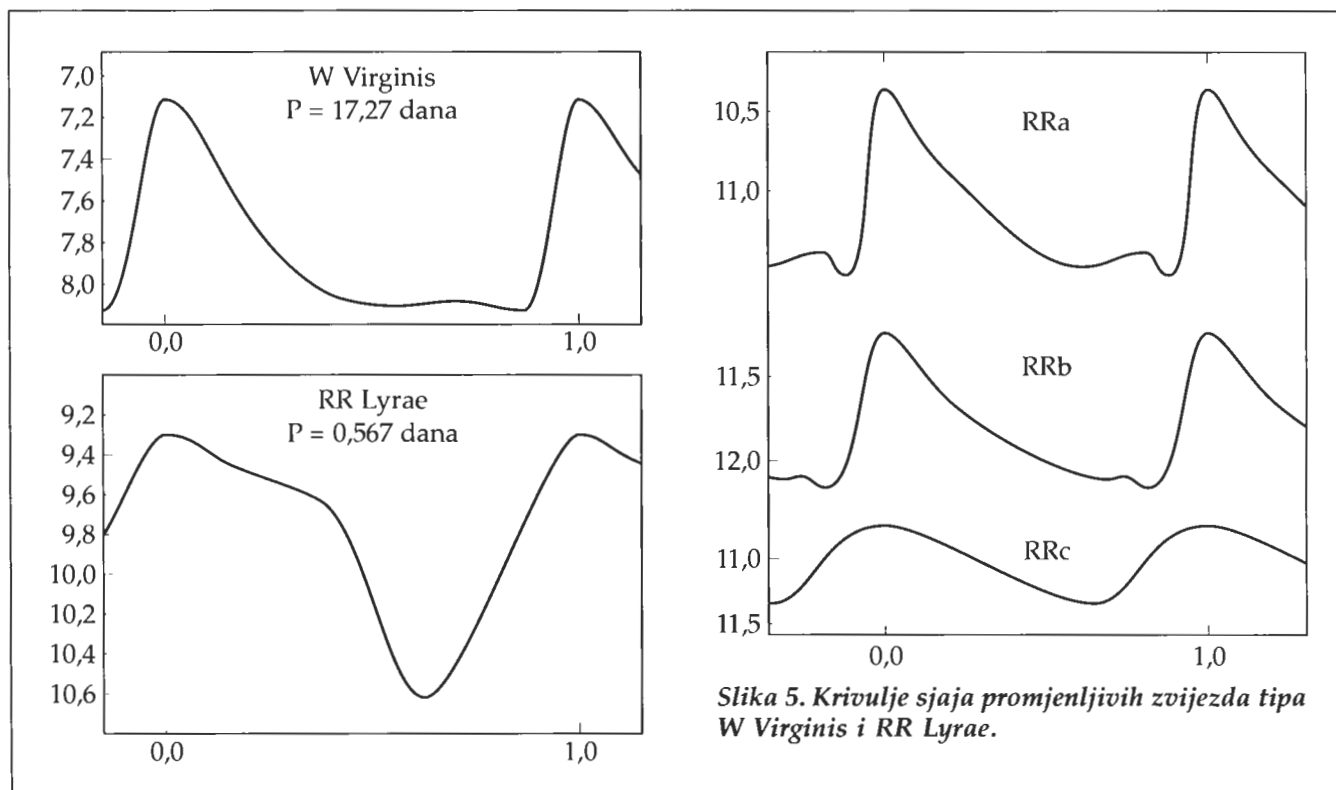
Prema obliku krivulje sjaja, zvijezde ovog tipa se mogu podijeliti u tri grupe (slika 5.). Pri tome se uzima u obzir simetričnost krivulje sjaja, a izražava se odnosom vremenskog trajanja uzlazne grane i trajanja perioda:

$$\epsilon = t_{max} - t_{min} / P$$

što nazivamo asimetrijom. P je period promjene sjaja, t_{max} trenutak maksimalnog sjaja a t_{min} trenutak njemu prethodnog minimuma.

- a) **RRa.** Ovoj skupini kratkoperiodičnih cefeida pripadaju zvijezde čije su krivulje sjaja izrazito asimetrične ($\epsilon \approx 0,1$) što znači da porast sjaja zauzima tek jednu desetinu perioda. Periodi promjene sjaja su od 0,2 do 0,5 dana, najčešće oko 0,4 dana. Sjaj im se mijenja s amplitudom od 1 do 2 magnitute.
- b) **RRb.** Zvijezde ove skupine imaju nešto simetričnije krivulje sjaja nego zvijezde tipa RRa. Sjaj mijenjaju periodički u intervalu 0,5 – 0,8 dana, s amplitudama većim od 0,8 magnituda.
- c) **RRc.** Kod promjenljivih tipa RRc krivulje promjene sjaja su još simetričnije ($\epsilon \approx 0,4-0,5$). Periodi promjene sjaja nalaze se između 0,25 i 0,45 dana a amplitude su rijetko veće od 0,6 mag.

Zvijezde tipa RR Lyrae su približno iste apsolutne veličine bez obzira na dužine njihovih perioda. Apsol-



Slika 5. Krivulje sjaja promjenljivih zvijezda tipa W Virginis i RR Lyrae.

lutna veličina im je $M \approx 0,5$. Proučavanjem spektara promjenljivih RR Lyrae utvrđeno je da među njima postoje razlike, iako pripadaju istim spektralnim tipovima (A-F). Razlikuju se po postotku zastupljenosti metala i vodika u atmosferama. Zvijezde s normalnim postotkom metala pripadaju Galaktičkoj ravnini, a zvijezde u čijim atmosferama prevladava vodik nastanjuju halo Galaktike. Raspoređene su simetrično u odnosu na Galaktičko središte u sfernom halou i bliže su središtu nego periferiji Galaktike. Slično kao i kod klasičnih cefeida, promjenljive iz skupine RR Lyrae mogu poslužiti za određivanje astronomskih udaljenosti.

β Cefeide ili promjenljive tipa β Canis Major (obje su dobri predstavnici te vrste promjenljivih zvijezda) imaju vrlo kratke periode, od 0,1 do 0,6 dana. Kolebanje sjaja nije veliko i kreće se u rasponu od 0,03 do 0,3 magnitude. Zvijezde pripadaju spektralnim tipovima O8 – B6. Radijalna brzina pulsacija pokazuje da je sjaj zvijezde najveći onda kada je njen volumen najmanji. Kod nekih promjenljivih ovog tipa uočavaju se višestruki periodi.

Promjenljive tipa δ Scuti (δ SCT) pripadaju spektralnim tipovima A2 – F5, amplitude promjene sjaja su im od 0,003 do 0,9 magnituda, a periodi od 0,01 do 0,2 dana. Krivulja sjaja skoro se u potpunosti poklapa s krivuljom radijalnih brzina. Opažaju se radijalne i neradijalne pulsacije. Promjenljive ovog tipa nastanjuju područje Galaktičke ravnine.

Podgrupu δ SCT čine promjenljive s izrazito malom amplitudom promjene sjaja, manjom od 0,1 magnitude. Ovu podvrstu promjenljivih nalazimo u otvorenim zvjezdanim skupovima.

Dugo su patuljaste cefeide bile poistovjećivane s promjenljivim tipa RR Lyrae, stoga i imaju oznaku RR. Jedna od najpoznatijih iz ove skupine je zvijezda CY Aquarius, čiji sjaj varira između 10,45 i 11,20 magnituda s periodom od 1 h 27 min 57,714 sekundi. Za samo 20 minuta sjaj zvijezde se mijenja za dvostruku vrijednost.

Patuljaste zvijezde su znatno manje spektakularne od klasičnih cefeida i promjenljivih tipa W Virginis. Njihova apsolutna magnituda je između +2 i +5, pretpostavlja se da pripadaju I. populaciji.

Mehanizam pulsacija

Na pitanje zašto zvijezde pulsiraju nemoguće je dati precizan odgovor. Spektralna promatranja potvrdila su da prilikom mijenjanja sjaja dolazi do promjena radijalnih brzina. Prema Dopplerovom efektu utvrđeno je da u blizini maksimuma sjaja dolazi do najvećeg pomicanja spektralnih linija prema ljubičastom dijelu, što ukazuje na vrlo brzo širenje vanjske ovojnice zvijezde. U trenucima blizu minimuma, može se promatrati suprotan efekt, tj. pomicanje linija prema crvenom, odnosno, skupljanje zvijezde.

Prvu matematičku teoriju pulsiranja zvijezda dao je Arthur Eddington. Zvijezda se pri normalnim okolnostima nalazi u stanju ravnoteže. U njezinoj unutrašnjosti djeluju dvije sile. Jedna je privlačna, gravitacijska sila koja sve čestice zvijezde, koju možemo promatrati kao plinovitu loptu, vuče prema središtu. Njoj suprotna je sila pritiska plina i zračenja. Ako se ova ravnoteža pore-

meti, zvijezda će se početi periodički širiti i skupljati. Ovakva kolebanja vode periodičnim promjenama temperature i dimenzija svjetleće površine, odnosno fotosfere zvijezde. Sve to nadalje uzrokuje opažene promjene radijalnih brzina, spektralnog tipa i sjaja.

Kasnija teorijska razmatranja i promatrački podaci nisu išli u prilog ovako pojednostavljenom modelu. Ovakve slobodne oscilacije morale bi biti relativno brzo prigušene. Prigušene oscilacije bi, opet, vodile ka naglom porastu perioda kolebanja, što se ne opaža. Također bi, u trenutku kada se zvijezda najviše skupi, njezina temperatura trebala biti najviša. Promatrački podaci govore da je sjaj najveći kada se zvijezda širi najvećom brzinom tj. u trenutku najveće brzine širenja slojeva prema promatraču. Promatranja nadalje pokazuju da minimalni volumen zvijezde nastupa negdje na sredini uzlaznog kraka krivulje sjaja, odnosno, kada temperatura fotosfere ima neku srednju vrijednost, a ne maksimalnu.

Rekli smo da je ravnoteža zvijezde određena odnosom sila gravitacije i unutarnjeg pritiska plina i zračenja. Kad ova ravnoteža biva narušena, pa se uslijed nekog uzroka zvijezda počne skupljati ili pak širiti, ona će se i dalje nastojati vratiti u ravnotežno stanje. Samu pulsaciju zvijezde možemo prikazati kao njihanje jednog tijela u polju sile teže drugog tijela, gdje je pulsiranje zvijezde zapravo njihanje njezinih vanjskih slojeva u gravitacijskom polju središta zvijezde. Poslužimo se formulom za njihalo:

$$P = 2\pi \sqrt{l/g}$$

gdje period titranja njihala P određuje duljina njihala l i ubrzanje sile teže g .

Ova formula je univerzalna i može se koristiti za određivanje perioda njihanja mnogih mehaničkih sustava, pa i zvijezda. U ovom slučaju za duljinu njihala uzmemo polumjer zvijezde R a za ubrzanje g njegovu vrijednost na površini zvijezde, gdje je $g = GM/R^2$. Uvrstimo li te veličine umjesto l i g u formulu njihala, imamo:

$$P = 2\pi \sqrt{\frac{R}{GM}}$$

S obzirom da je izraz pod korijenom obrnuto razmjern srednjoj gustoći zvijezde ρ , imamo:

$$P \cdot \rho^{1/2} = \sqrt{3\pi / G}$$

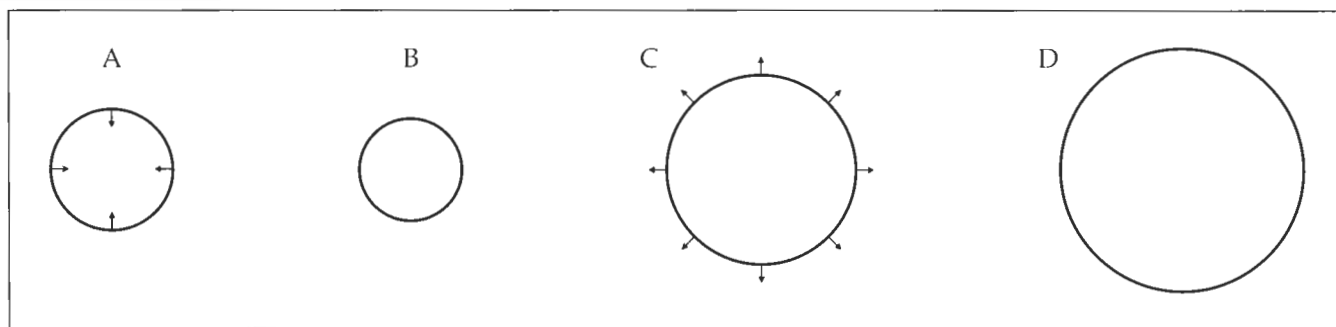
što je jednako konstanti $3,74 \times 10^5 \text{ kg}^{1/2} \text{ m}^{-3/2} \text{ s}$.

Ako period P izrazimo u danima a ρ u jedinicama srednje gustoće Sunca, dobivamo jednostavan odnos:

$$P \sqrt{\rho / \rho_0} \approx 0,12$$

Iz ovoga proizlazi da je period mehaničkog njihanja zvijezda Sunčevog tipa oko 3 sata. U stvarnosti, rezultati višegodišnjih opažanja Sunca ukazuju na prisustvo vrlo slabih pulsacija s periodima između 2-3 sata.

Da bi oscilacije mogle doseći velike amplitude kao kod cefeida, mora postojati neki mehanizam (fizikalni



Slika 6. Pulsiranje cefeida: A – zvijezda se skuplja, temperatura i sjaj imaju najmanju vrijednost; B – minimalni polumjer: temperatura i magnituda rastu; C – maksimum brzine ekspanzije, najbrži rast temperature i sjaja; D – maksimalni polumjer: temperatura i sjaj se smanjuju.

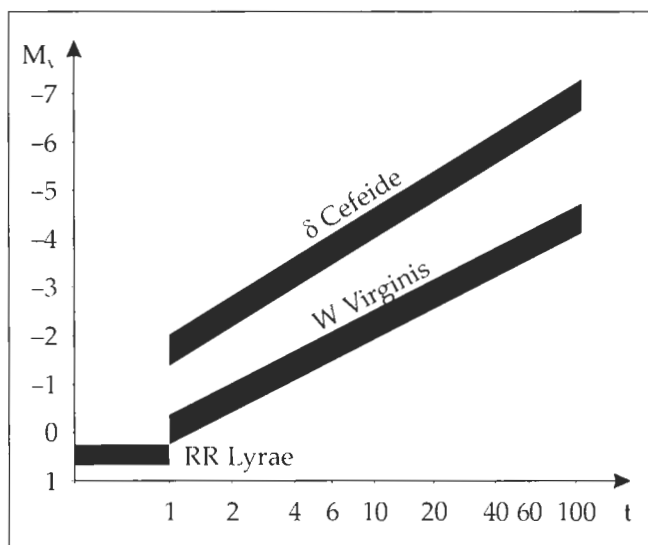
proces) koji osigurava energiju oscilacijama. Smatra se da energija koja uzrokuje oscilacije nastaje nauštrb zračenja zvijezde, a osciliranje nastaje zahvaljujući tzv. "mehanizmu poklopca". Poklopac su, ustvari, površinski slojevi zvijezde koji zadržavaju (usklađuju) dio zračenja što dolazi iz unutrašnjosti zvijezde. Slojevi ne propuštaju zračenje zato što pretežno sadrže djelomično ionizirani helij (neutralan ili jednostruko ioniziran). Pri tome su vodik i ostali elementi, zbog visoke temperature, praktički potpuno ionizirani.

Neutralni helij ne propušta ultraljubičasto zračenje zvijezde, pa se ono zadržava u njemu i uzrokuje zagrijavanje plina. Zbog pritiska zračenja iz unutrašnjosti na površinske slojeve dolazi do njihovog širenja, pri čemu se povećavaju sjaj zvijezde i njezin polumjer (slika 6.). Povećanje temperature uzrokuje ionizaciju helija, tako da površinski slojevi postaju "prozračni" za zračenje iz unutrašnjosti. U vrijeme širenja akumulirana se energija oslobađa. Nakon nekog vremena širenje zvijezde se usporava, i poslije dostizanja maksimuma zvijezda se počinje sažimati. Temperatura se smanjuje, a helij se rekombinira, tj. ponovno veže jedan ili dva elektrona i postaje neutralan. Ponovno su stvoreni uvjeti za zadržavanje zračenja u gornjim slojevima, ciklus osciliranja se nastavlja. Helij djeluje kao toplinski omotač koji skladišti energiju prilikom skupljanja i oslobađa je prilikom širenja.

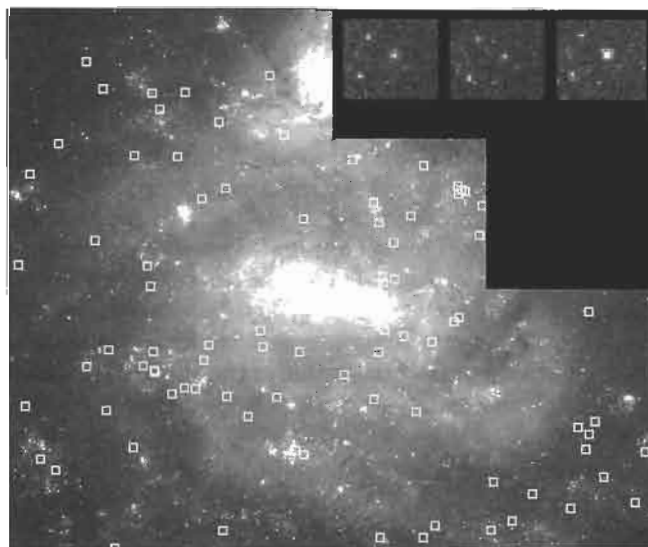
Za ostvarivanje ovakvog mehanizma potrebno je da se na određenoj dubini ispod površine zvijezde, gdje je gustoća dovoljno velika, dosegne temperatura neophodna za ionizaciju helija. To je moguće samo u zvijezdama s odgovarajućom vrijednošću temperature tj. sjaja, jer je energija potrebna za ionizaciju helija strogo određena. Do ovakvih kolebanja dolazi samo kod masivnijih zvijezda u kasnijoj fazi razvoja.

Određivanje udaljenosti

Godine 1912. Henrietta S. Leavitt (1868. – 1921.), sa zvjezdarnice koledža Harvard u američkom gradu Cambridgeu, otkrila je u Velikom Magellanovom oblaku 20 promjenljivih zvijezda cefeida. Ovaj pratilac naše Galaktike nalazi se na udaljenosti od oko 160.000 s.g. Sve zvijezde koje ulaze u njegov sastav možemo smatrati jednako udaljenima, jer su njihove međusobne udaljenosti zanemarivo male u odnosu na njihovu udaljenost od nas. Četiri godine potom dokazala je da period mijenjanja sjaja cefeida ovisi o njihovoj snazi zračenja. To vrlo važno otkriće omogućilo je astronomima izračunavanje koliko svjetlosti zvijezda stvarno odašilje. Usporede li potom tu veličinu s prividnim sjajem, lako im je izračunati koliko je zvijezda od nas udaljena.



Slika 7. Relacija apsolutni sjaj-period za klasične cefeide, cefeide W Virginis i RR Lyrae. Vidimo da sjajnije zvijezde imaju duži period promjene sjaja.



Slika 8. Cefeide u galaktici NGC 4496A označene su kvadratićima, a na uvećanim snimkama gore desno jedna je od njih snimljena tijekom tri faze promjene sjaja.

Tablica 1. Pulsirajuće promjenljive zvijezde

Tip promjenljive	Period promjene sjaja	Najčešći period	Populacija	Spektralni tip	Apsolutna magnituda (Mv)
RR Lyrae (RR)	1,5 – 26 h	0,5 d	II	A2 – F2	0,0 do +1,0
Klasične cefeide (Cδ)	1,5 – 50 d	5 – 10 d	I	F6 – K2	-0,5 do -6
W Virginis (CW)	2 – 45 d	12 – 20 d	II	F2 – G6 (?)	0 do -3
RV Tauri	20 – 150 d	75 d	II	G, K	-3
Polupravilne	100 – 200 d	100 d	I i II	(K), M, R, N, S	-1 do -3
Dugoperiodične	100 – 700 d	270 d	I i II	M, R, N, S	+1 do -2
β CMa	4 – 6 h	5 h	I	B1 – B2	-3,5 do -4,5
Patuljaste cefeide i δ Scuti	1 – 3 h	2 h	I	A2 – F5	+2 do +3
ZZ Ceti (bijeli patuljci)	200 – 1000 s	500 s (?)	I (?)	A5 – F5 (?)	+10 do +15(?)

Tablica 2. Najpoznatije delta cefeide

Zvijezda	Amplituda max. min.	Period (dani)	Spektralni tip	M*	d*
δ Cephei	3,48 – 4,37	5,3663	F5 – G2	-3,6	260
TT Aql	7,0 – 8,3	13,7546	F6 – G5	-5,1	2630
T Mon	5,6 – 6,7	27,0205	F7 – K1	-4,7	1150
Y Oph	5,9 – 6,5	17,1241	F5 – G0	-3,8	870
FF Aql	5,0 – 5,5	4,4710	F5 – F8	-3,0	400
DT Cyg	5,5 – 6,4	2,4991	F7 – G5	-2,7	435
α UMi	1,92 – 2,07	3,9698	F7	-3,2	106

* M je apsolutna magnituda, a d je udaljenost izražena u parsecima. Polarna zvijezda (α UMi Sjevernjača) je cefeida vrlo male promjene magnitude, koja se posljednjih godina još stalno smanjuje.

Kao rezultat istraživanja gđice Leavitt nastao je dijagram na čijoj se horizontalnoj osi nalazi period, a na vertikalnoj apsolutni sjaj (slika 7.). Značaj dijagrama je u sljedećem: ako nekoj cefeidi odredimo period promjene sjaja, onda iz dijagrama možemo odrediti apsolutni sjaj. Prema formuli $m - M = 5 \log r - 5$, možemo znajući prividni sjaj m naći udaljenost zvijezde r izraženu u parsecima.

Da bi se moglo pravilno postaviti dijagram, potrebno je naći nekoliko cefeida čije su udaljenosti i sjaj određeni nekom drugom metodom. Na žalost, u blizini Sunca nema nijedne cefeide kojoj bi se trigonometrijski mogla izračunati udaljenost. Jedina metoda za određivanje udaljenosti Galaktičkih cefeida temelji se na mjerenjima radijalnih i vlastitih kretanja cefeida iz otvorenih skupova.

Da bismo odredili udaljenost neke galaktike najprije moramo u njoj naći barem jednu cefeidu (slika 8.). Izmjerimo joj srednju prividnu zvjezdanu veličinu m i period promjene sjaja P . S dijagrama *period-apsolutni sjaj* očitamo odgovarajuću srednju apsolutnu veličinu M , podatke uvrstimo u relaciju:

$$M = m + 5 - 5 \log r$$

iz koje odredimo udaljenost cefeide u parsecima kao i udaljenost čitave njene zvjezdane obitelji. Drugim rije-

čima, da bi se odredila udaljenost cefeida, dovoljno je izmjeriti vrijeme između dvaju maksimuma sjaja i njihov prosječni prividni sjaj. Prednost ove metode određivanja udaljenosti je u tome što su cefeide vrlo sjajne zvijezde, među najsjajnijima u galaktikama. Zato se uz pomoć ove metode do met naših mjerenja proširio preko čitave Galaktike (100.000 svjetlosnih godina), pa i do nama obližnjih galaktika, primjerice Andromedine, koja je od nas udaljena oko 2,2 milijuna svjetlosnih godina. U naše vrijeme, zahvaljujući napretku tehnologije i opažackih metoda, cefeide nalazimo u sve udaljenijim galaktikama.

Za cefeide tipa W Djevice vrijedi slična relacija, samo što je, u prosjeku, pri istom periodu promjene sjaja kao kod klasičnih cefeida sjaj ovih zvijezda manji za 0,5 zvjezdanih veličina.

Kasnija istraživanja pokazala su da je prvobina ocjena udaljenosti Galaktičkih cefeida bila pogrešna. To se prvenstveno odnosi na klasične cefeide kod kojih je greška u procjeni apsolutnog sjaja iznosila oko 1,5 zvjezdanih veličina; zbog toga se skala udaljenosti morala povećati. Ona se i danas mijenja s usavršavanjem mjernih uređaja i metoda astronomskih opažanja.