

SPREMENLJIVKE



USTVARJALC

I:

Polona Kuhar

Petra Prijatelj

Milena Dimc

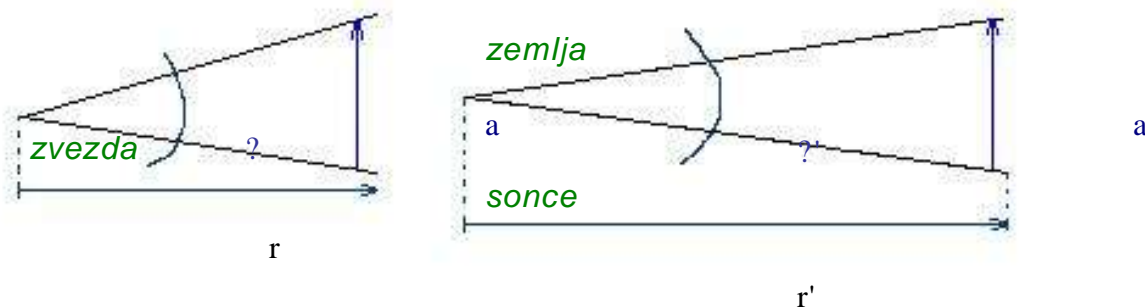
KAJ SO TO SPREMENLJIVKE?

Spremenljivke so malo drugačne zvezde. To je tako, kot bi gledali dve žarnici enakega sijaja, toda v različni oddaljenosti. Spreminjajo svoj izsev. Izsev je moč zvezde oziroma je celotna energija ki jo zvezda odda. Enota izseva je W . To so zvezde, ki se razlikujejo od vseh ostalih zvezd, ker je njihov sij periodičen. Nekatere zvezde se spreminjajo v enakih ali skoraj enakih časovnih presledkih. Druge začnejo slabeti kar na lepem ali pa se njihov sij nenadoma poveča. Spremembe potekajo v ciklikih, ki trajajo več let, ali pa pride do njih v nekaj sekundah. Perioda je interval med dvema zaporednima maksimuma sija. Sija pa je energija, ki jo mi zaznamo in ki jo zvezda v določenem času odda v okolico. Odvisen je od razdalje:

2-krat večja razdalja = 4-krat manjši sij

Kako svetla je zvezda, lahko izrazimo na več načinov:

ABSOLUTNI SIJ je sij zvezde, kot bi ga mi videli na razdalji 10 parsekov. 1 parsek je 3 \cdot 3 svetlobnih let, eno svetlobno leto pa je $9\cdot5\cdot 10^{12}$ km. Parsek je na splošno razdalja, iz katere bi videli orbito zemlje pod kotom 1'' če je $r < r'$ in hkrati $\alpha > \alpha'$.



NAVIDEZEN SIJ pa je sij, ki ga mi vidimo, izražen v magnitudah. Magnituda nam pove, kako svetla se nam zdi zvezda, gledana z normalnimi očmi. Profesionalni astronomi uporabljajo pri tem napravo, ki ji pravimo fotometer in s katero lahko natančno izmerijo zvezdno magnitudo.

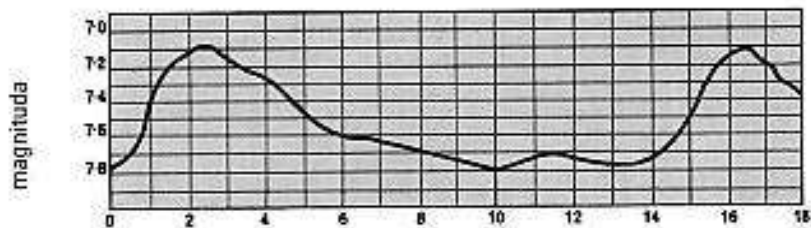
Graf, ki prikazuje, kako spremenljivka s časom prehaja iz ene magnitude v drugo, se imenuje svetlobna krivulja.

► **Spremenljivke RR Lire:**

Vse imajo kratke periode. Poznamo tri osrednje skupine. V prvi so periode okoli 0,5 dneva; dvig v maksimum je oster, temu sledi počasnejše upadanje.

Te vrste je RR Lire sama (glej svetlobno krivuljo).

Spremenljivke druge skupine



so podobne, le da so odkloni manjši in dvig v maksimum je počasnejši. Zvezde tretje

vrste imajo simetrične svetlobne krivulje in periodo okoli 0,3 dneva.

VRSTE SPREMENLJIVK

Poznamo več vrst spremenljivk: pravilne, nepravilne, polpravilne, pulzirajoče, dolgoperiodične, kratkoperiodične, navidezne...

Pravilne ali pulzirajoče zvezde, pri katerih je sprememba sija posledica periodičnega širjenja in krčenja zvezd. Nepravilne spremenljivke so zvezde, katerim spremembe sija ne moreš vnaprej napovedati. Polpravilne spremenljivke imajo nestalno periodo. Dolgoperiodične so tiste spremenljive zvezde, pri katerih perioda traja tudi do nekajlet. To so največkrat rdeče orjakinje. Kratko periodične spremenljivke so pulzirajoče zvezde, pri katerih se zunanja plast izmenoma krči in širi. Med te spadajo kefeide, ki so najbolj svetle zvezde in nam pomagajo pri merjenju razdalj, zato ker je njihov izsev povezan s periodo spreminjanja sija. Navidezne ali eklipsne zvezde oziroma dvozvedja ubistvu niso spremenljivke, samo ravnina kroženja leži tako, da ko jih mi gledamo vidimo da so spremenljivke (slika v nadaljevanju). Katakližmične spremenljivke so supernove in nove.

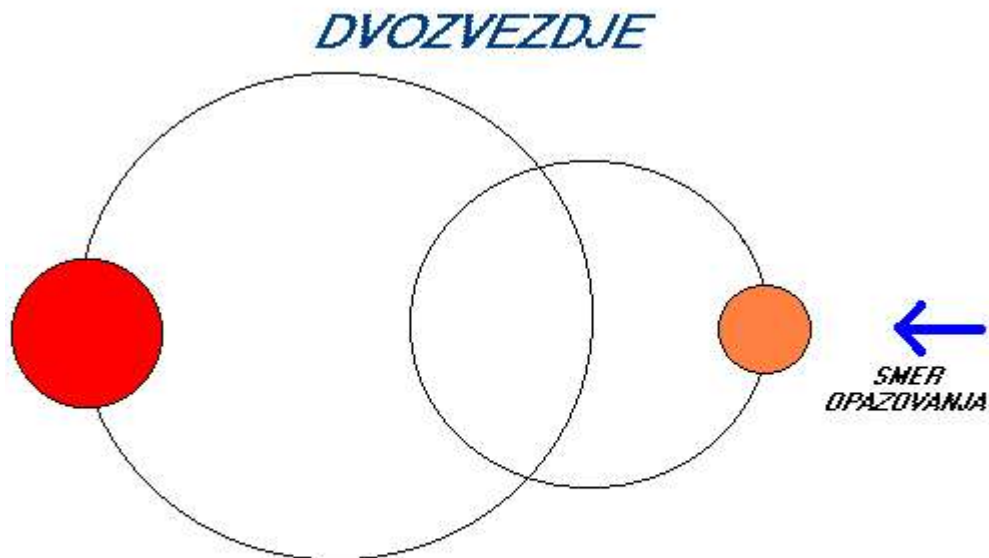
Spremenljivke tipa R Venca so v glavnem vedno svetle, občasno in nepričakovano pa se njihov sij za krajši čas močno zmanjša.

Več o teh spremenljivkah pa v nadaljevanju.

PRAVILNE SPREMENLJIVKE:

Pravilne ali pulzirajoče zvezde so zvezde, pri katerih je sprememba sija posledica periodičnega širjenja in krčenja zvezde. Perioda spreminjanja sija je različno dolga, od nekaj minut ali pa do več stoletij.

- Tudi nekatera dvozvezdja so pravilne spremenljivke, katerih mežikanje je posledica vrtenja dveh zvezd okoli skupnega masnega središča, pri čemer temna zvezda periodično zakriva svetlejšo. Primer: Algol v ozvezdju Perzej.



- Vzrok spreminjanja sija pa je lahko tudi drugačen in ta je, ker je zvezda nestabilna seva enkrat več in drugič manj. Primer: Delta v Kefeju. Take zvezde so pomembne za razvoj teoretične astronomije.

Najprej pa si pogledjmo, zakaj zvezda sploh sveti.

V jedru potekajo atomske jedrske reakcije, vodik se pretvarja v helij, pri tem pa se sprosti veliko energije, zato zvezda sveti. Toplota, ki nastane pri reakcijah tišči snov narazen, kar povzroča širjenje zvezde, gravitacija pa jo vleče skupaj.

PRAVILNE SPREMENLJIVKE:

- Kefeide so zvezde s stalno periodo, tako da lahko napovemo njen sij tudi vnaprej. To so orjakinje, ki svetijo več tisočkrat močnejše od Sonca. Kefeide nekaj časa svetijo, potem pa jih gravitacija povleče skupaj, zato začne notri goreti in se spet razširijo. Pri običajnih zvezdah je ob porabi vodika večinoma preostanek helij, pri kefeidah pa je ogljik. Ker imajo kefeide enak absolutni sij in, ker je njihov izsev povezan s periodo spreminjanja sija to omogoča oceno njihove oddaljenosti. Kefeide z daljšo periodo so svetlejše kot kefeide s krajšo periodo, to je odkrila znanstvenica Henrietta Leavitt leta 1912.

Izračun oddaljenosti galaksij s pomočjo kefeid!

Dolžina periode je povezana z njihovim izsevom. Ker lahko izmerimo navidezni sij takšne zvezde, se da iz meritev določiti oddaljenost kefeide od nas.

Primer kefeide v galaksiji M81 (VELIKI MEDVED).

$m(\text{kefeide}) = 22,6$ $m(\text{kefeide}) - m(\text{Sonca}) = -2,5 \log x_j(\text{kefeide}) / j(\text{Sonca})$

$m(\text{Sonca}) = -27$ Iz te formule lahko izračunamo, razmerje med gostoto svetlobnega

$L = 27$ dni toka kefeide in Sonca, kar je v našem primeru 14,5 milijonov.

$K = 14,5$ milijonov

Po zvezi med periodo in izsevom domnevamo, da ima takšna kefeida izsev enak 10000 izsevom Sonca, če bi bilo Sonce na razdalji kefeide.

$S = 145$ milijard

Gostota svetlobnega toka pada s kvadratom razdalje.

145 milijard : 0,38 milijonov

Ta rezultat moramo pomnožiti še z 10, nakar dobimo 3,8 milijonov.

In tako izračunamo, da je kefeida oddaljena 12,5 milijonov svetlobnih let delež.

Pri našem izračunu smo zanemarili, da se nekaj svetlobe ne razširi od kefeide

- Pravilne spremenljivke pa so tudi RR Lire, katerih perioda je veliko krajša (pod enim dnevom), izsev pa je 90 krat tolikšen, kot je izsev Sonca.

Kefeide in RR Lire so kratkoperiodične spremenljivke, zunanja plast se krči in širi.

Dolgoperiodične spremenljivke pa so med drugimi tudi zvezde tipa Mira. Vse zvezde te vrste so rdeče orjakinje velikih razsežnosti in izsevov. Izčrpajo že skoraj vso zalogo jedrskega goriva – vodika in postanejo nestabilne. Primer Hi v Labodu. Amplituda njihovega sija se iz periode v periodo spreminja.

NEPRAVILNE SPREMENLJIVKE:

So zvezde pri katerih sija ne moremo napovedati vnaprej.

Nepравilnih spremenljivk ni v naši bližini so pa raztresene po celi galaksiji, nekatere izmed njih spadajo med najsvetlejše zvezde, saj nekatere svetijo 100.000 krat bolj kot naše Sonce.

Nepравilne spremenljivke so razdeljene v skupine:

- POLPRAVILNE SPREMENLJIVKE:

Večinoma so to rdeče orjakinje, njihov sij se spreminja, ker se večja in manjša njihov premer.

- ZVEZDE TIPA R:

Te zvezde večinoma svetijo z največjo močjo, občasno pa se jim sij močno pomanjša. Te zvezde imajo v sebi veliko ogljika in manj vodika.

- ZVEZDE TIPA U:

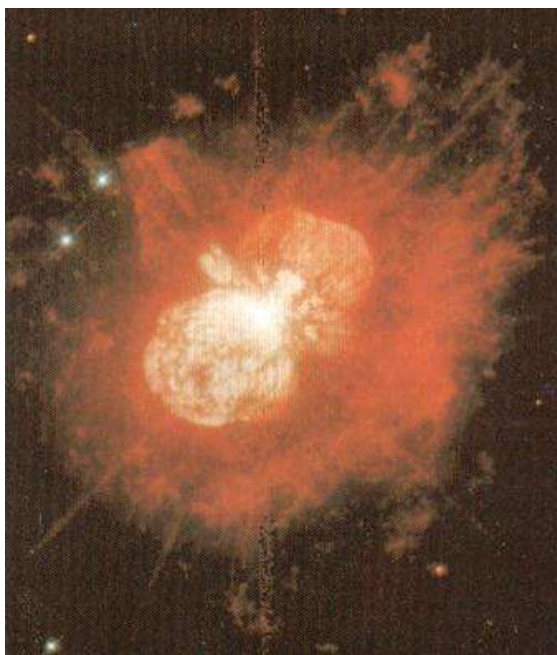
So normalne zvezde in le občasno opazimo nepravilno svetle izbruhe. To so dvozvezdja sestavljena iz bele in rdeče pritlikavke.

- ZVEZDE TIPA RV:

So večinoma orjakinje, ki za nekaj minut postanejo mnogo svetlejša, potem pa svetijo isto kot prej.

KATAKLIZMIČNE SPREMENLJIVKE:

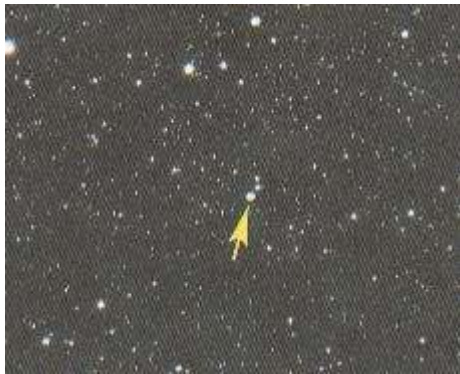
To so na primer supernove in nove.



SUPERNOVE: Masivna zvezda je izčrpala vso jedrsko gorivo, zato se je njena sredica močno in hitro skrčila, sproščena energija je zunanje sloje zvezde močno segrela in jih raznesla na vse strani. Te zvezde imajo okoli 4 kratno maso Sonca.

Pri supernovah poteče večja eksplozija kot pri novah, za okoli 20 magnitud.

Kaj bo nastalo po eksploziji zvezde je odvisno od mase zvezde. Če bo ta masa zelo velika bo nastala črna luknja, če pa ne pa nevtronska zvezda.



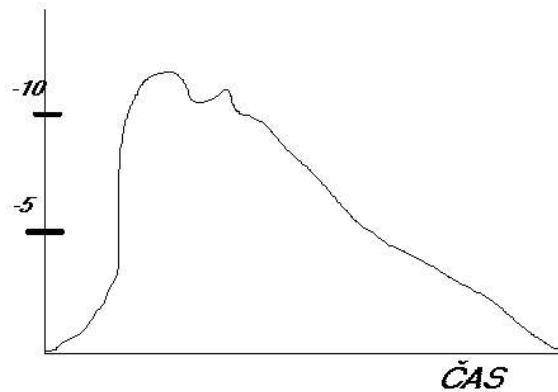
Zanimivost: Okoli leta 1000 je na Kitajskem razsvetlila celotno nebo eksplozija supernove.

NOVE: To so spremenljivke posebnega tipa, pri katerih opazamo nenadna povečanja sija z amplitudo od 10 – 15 magnitud, kar odgovarja porast izseva za nekaj deset do stotisočkrat.



Ostanki supernove

MAGNITUDA



**DA ZVEZDA PRIDE DO
NAJVIŠJE
MAGNITUDE, IZSEVA
TRAJA NEKAJ DNI, DA
PA SE VRNE V SVOJE
PRVOTNO STANJE PA
LAHKO TRAJA TUDI
NEKAJ LET.**

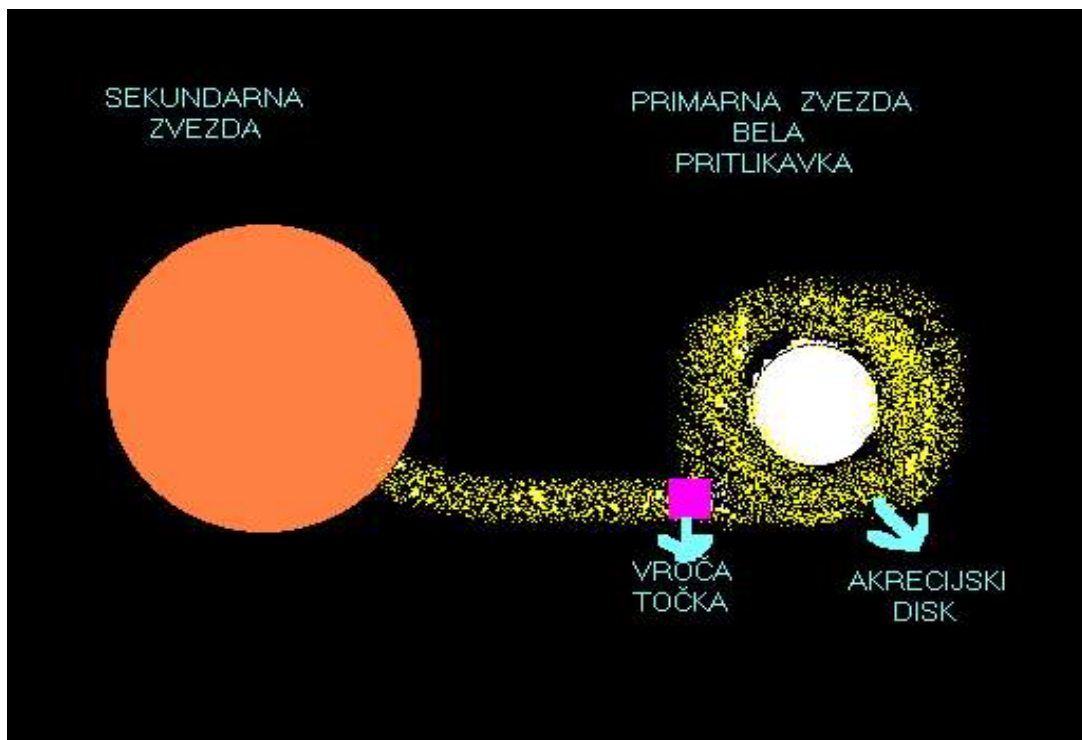
Masivna bela pritlikavka je s svojo gravitacijo deformirala hladno spremljevalko. Snov iz hladne zvezde – vodik pada na belo pritlikavko in se kopiči na njenem površju. To povzroča, da v globljih slojih zvezde naraščata tlak in temperature. Stečejo jedrske reakcije. Veliko energije, ki se pri tem sprosti privede do naglega povečanja pritiska in nastanka udarnega vala. Ta se širi proti površju zvezde in pri tem s seboj ponese fotosferske plasti z vodikom bogatega plina. Zunanji sloji se ločijo od zvezde in iz njih nastane plinasta ovojnica nove. Masa pritlikavke se ne spremeni saj se kolikor mase je priteklo s spremljevalko tudi izgubi z odvrženo ovojnico.

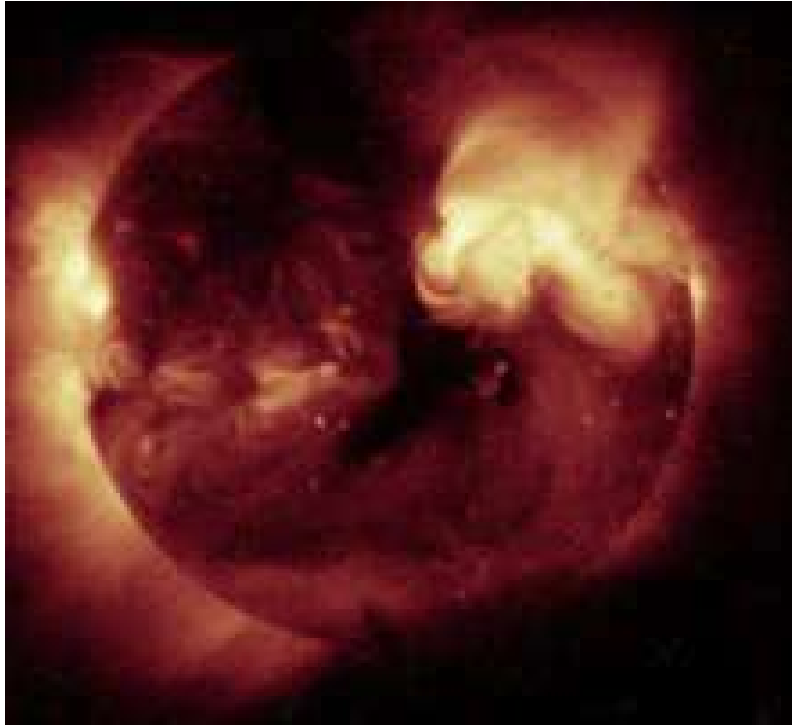


Računalniška simulacija kataklizmične spremenljivke Z Kameleona (ozvezdje Kameleona iz naših krajev ne vidimo). Sistem sestavljata rdeča orjakinja in bela pritlikavka.

Eksplozija nove je le pojav na površju. Po eksploziji ponovno privlači pline s sosednje zvezde in po določenem času se eksplozija lahko ponovi. Njihove svetlobno utripanje je precej neenakomerno.

Iz kotne velikosti in hitrosti širjenja eksplodirajoče ovojnice sklepamo o njihovi oddaljenosti.





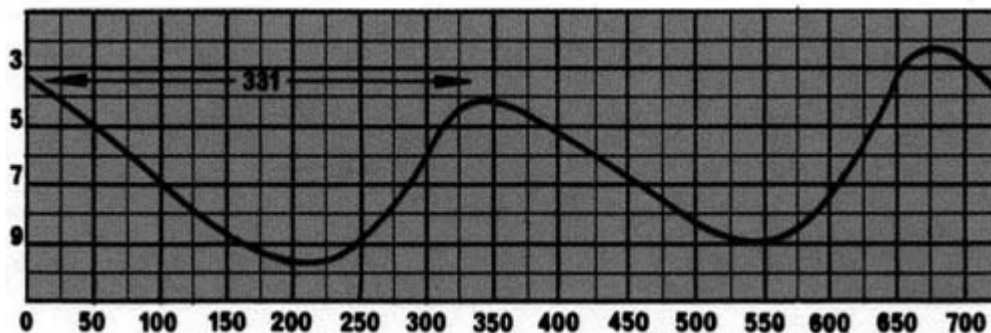
**SONCE ZVEZDA
KATEGORIJE G2.
NAVIDEZNA
MAGNITUDA
SONCA JE -27.**

PRIMERI SPREMIENLJIVK

(vir: [Društvo Orion](#))

DOLGOPERIODIČNE SPREMIENLJIVKE:

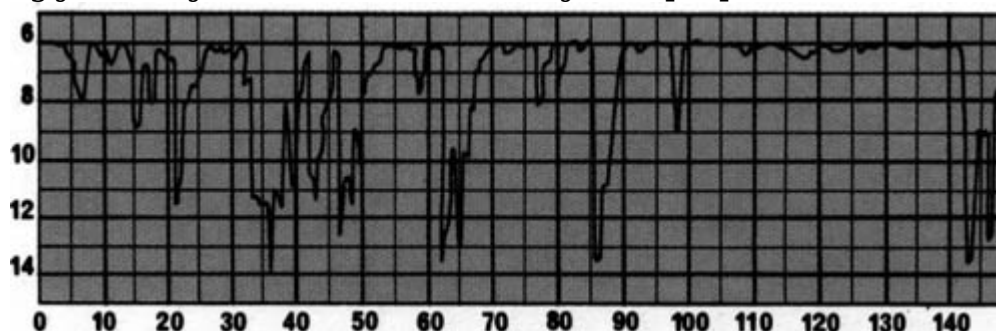
To so MIRE. Ta tip so predvsem velike rdeče zvezde, ki so izčrpale vodik in postale nestabilne. Amplituda sija se spreminja iz periode v periodo, tipični predstavnik je Mira v Kitu, z povprečno periodo 331 dni z odstopanji 7 dni. V maksimumu doseže tudi 2 magnitudo, v minimumu pa 10 magnitudo. Podobna je HI Laboda. Za razliko pa Betelgeza v Orionu spada v polpravilne, njena značilnost je majhna amplituda sija in večje nepravilnosti v amplitudi in periodi. Mire in polpravilne so rdeče velikanke, ki so postale toliko nestabilne, da so na poti k novim oziroma supenovim. Izčrpale so vso zalogo vodika in se na njih končuje vodikov cikel, ter se začne tvoriti svinčev cikel, posledica tega bo, da bo zvezda začela izgorevati helij in bo kmalu po nekaj milijardah let eksplodirala kot supernova. Nepravilne spremenljivke so napr.: Betelgeza, Alfa Herkula. Za Betelgezo je značilno, da ima povprečno magntudo okoli 0,85 magnitudo vendar po 5 do 6 letih postane svetla kot Rigel. Za te tipe je značilno, da njihova amplituda konstantno variira in te variacije niso konstantne.



GRAF: Sij dolgoperiodične spremenljivke TIPA MIRA

▶ TIP R VENCA (R CrB):

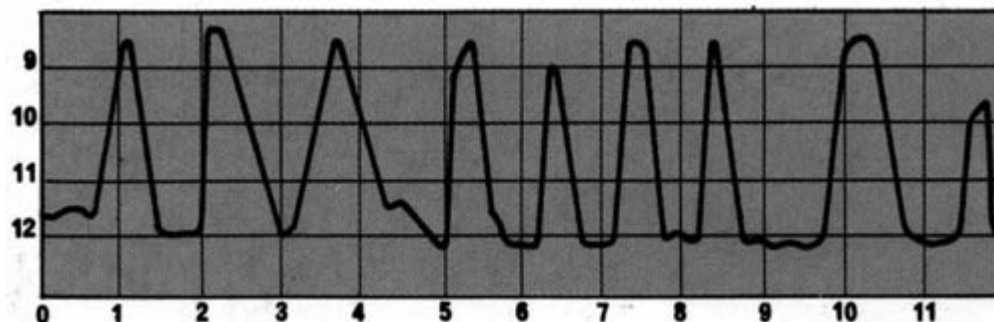
So zvezde, ki sijejo konstantno, od časa do časa se njihov sij zmanjša. Te zvezde imajo malo vodika pa več ogljika. Na njihovo svetilnost naj bi vplival ogljik v ovojnici zvezde, ki bi zmanjševal prepustnost svetlobe.



GRAF: Sij spremenljivke TIPA R CrB

➤ **TIP U DVOJČKOV (U Gem):**

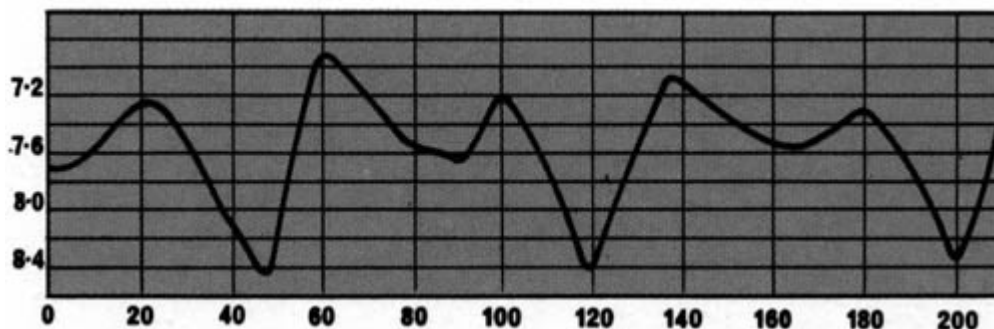
So tesni dvojni sistemi npr. SS Cyg. So normalno v minimumu in jim občasno naraste sij. Opazimo svetle nepravilne izbruhe. SS Cyg ima periodo izbruha 6 tednov, imenujemo jih pritlikave nove.



GRAF: Sij spremenljivke TIPA SS Cyg ali U Gem

➤ **TIP RV BIKA (RV Tau):**

Sem spadajo zelo svetle zvezde z veliko maso do 25 sončevih in z zato nepravilno svetilnostjo. Ponavljajoče minimume nadomestijo popolnoma nepravilne spremembe sija.



GRAF: Sij spremenljivke TIPA RV Tau

➤ **TIP NEPRAVILNIH ZVEZD (IRR):**

Za njih je značilna nepravilna sprememba sija. Primer je Gama Kasiopeje, ki je leta 1936 odvrгла ovojnico in je bila svetla kot Kastor v Dvojčkih. Tisto o odvrženju ovojnice je še zmeraj domneva astrofizikov.

➤ **TIP NOVE IN POVRATNE NOVE:**

Nove in povratne nove so tipi zvezd, ki kažejo značilnost naglega dviga svetilnosti (zvezda dvigne svojo svetilnost za večkrat). Tipični primer je Nova Orla (1918) ali Nova Perzeja (1901). Ko nova doseže maksimum sija

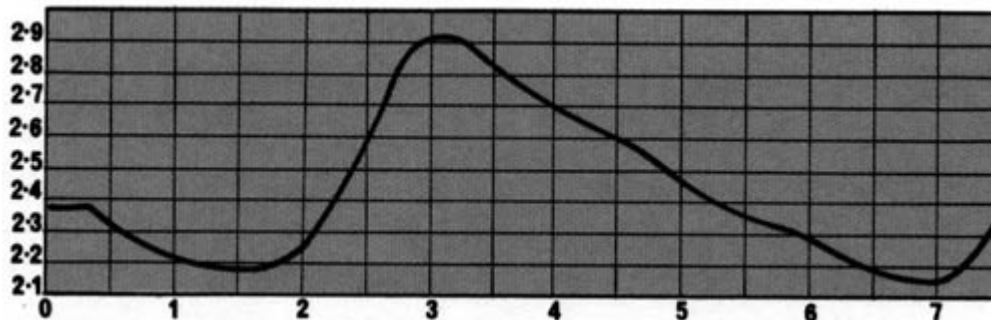
prične njen sij počasi padati, kar lahko traja nekaj let. Od hitrosti padanja svetilnosti jih delimo v razrede A, B. Razlika je v tem, da imajo nove tipa A strmejšo krivuljo padanja sija od tipa B. Pri novih zvezdah nastajajo v zunanjih plasteh spremembe za razliko od supernov, kjer se zgradba zvezde popolnoma spremeni. Za povratne nove je značilno, da v svojem življenju večkrat izbruhnejo, kar je posledica sprememb v sestavi zvezde. Primer je HR Delfina.

▶ **TIP ERUPTIVNE ZVEZDE UV CETI (UV Cet):**

One imajo kratkotrajne izbruhe v povprečju od nekaj minut do nekje 10 ali 15 minut. Doba med izbruhi je različna in je odvisna od dogodkov na sami zvezdi.

▶ **TIP KEFEIDE (delta Kefeja):**

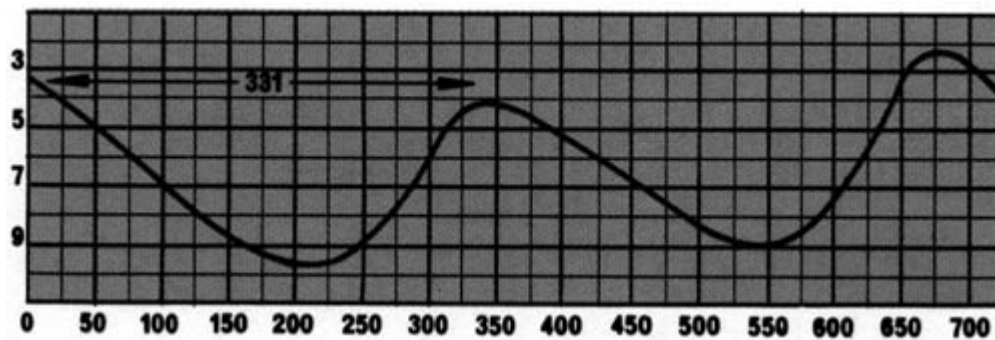
Zanj so značilne lastnosti spremembe sija, ki ni nikoli tako mala, da je ne bi mogli opaziti s prostimi očmi. Delta Kefeja ima periodo, ki je konstantna in jo lahko napovemo vnaprej. Ta perioda je 5,366 dneva. Tipične Kefeide so: eta Orla (perioda 7,17 dni), zeta Dvojčkov (perioda 10,2 dni) in še na stotine jih je.



Graf: Sij spremenljivk TIPA KEFEIDE

▶ **TIP RR LIRE (RR lyr):**

Imajo kratke periode. Poznamo tri osrednje skupine, prve imajo periodo okoli 0,5 dneva, dvig v maksimumu je zelo oster, temu pa sledi počasno upadanje sija. Druga skupina ima le manjše odklone, tretja pa isto krivuljo, le perioda je okoli 0,3 dneva



GRAF: Sij spremenljivke TIPA RR LIRE (gre za spremenljivko prve skupine)

PULZARJI

Prve pulzarje so odkrili leta 1968, ko so radijski astronomi zaznali signale, ki so v rednih presledkih prihajali s štirih koncev v naši Galaksiji.

Presenetljivo je bilo, da je nekaj naravnega oddajalo tako redne in tako hitre radijske signale.

Astronomi so nekaj časa premišljevali o možnosti, da bi signale sprožala inteligentna bitja, ki bi utegnila živeti kje v Galaksiji. A kmalu se je izkazala resnica.

Elektroni, ki se vrtijo v spiralah, porajajo v močnem magnetnem polju nevtronske zvezde radijske valove, ki sevajo podobno kot žaromet.



Zvezda se hitro vrti in kot svetilnik pošilja radijske valove prek našega vidnega polja.

Pri najpočasnejših pulzarjih potujejo signali v razmiku približno štirih sekund, hitrost "oglašanja" najhitrejših pa merimo že v tisoèinkah sekunde.

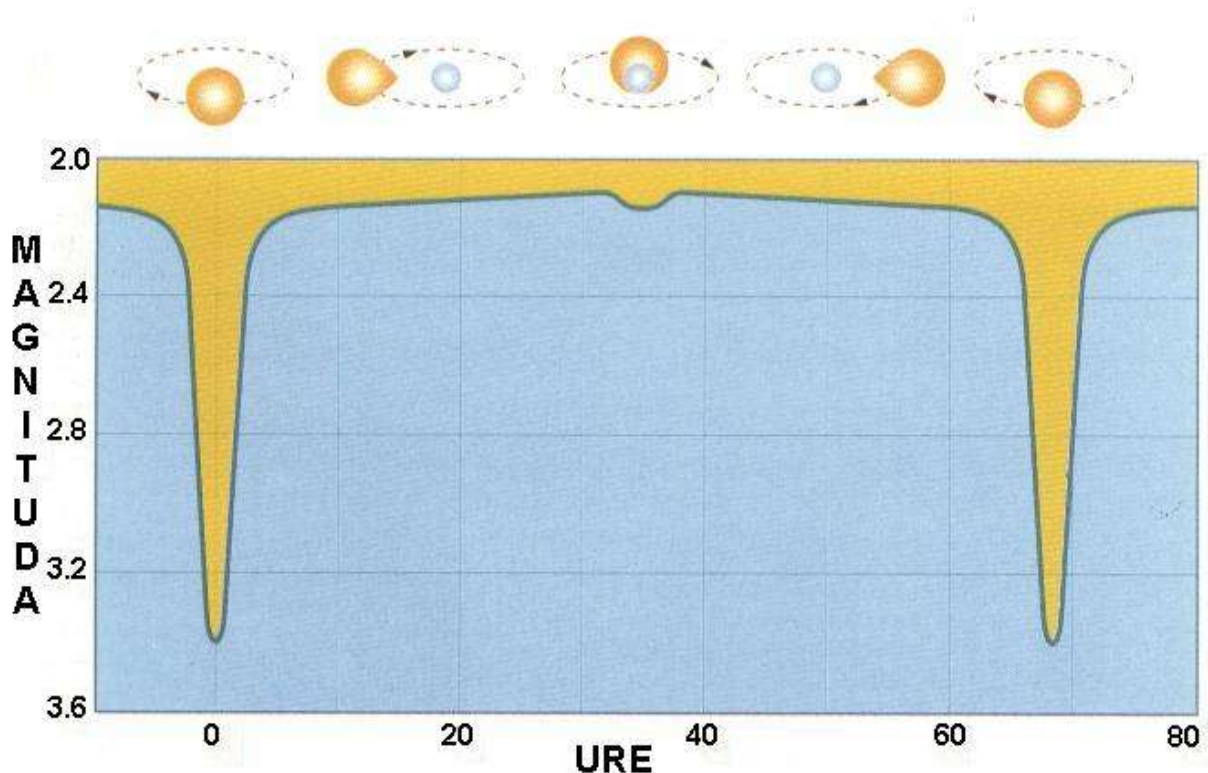
Na pospešeno vrtenje takih nevtronskih zvezd vpliva zunanji dejavnik - verjetno dejstvo, da gre za dvojne zvezde.

DVOZVEZDJA

Poznamo navidezna dvoezvezdja, sistem dveh ali več zvezd, ki ležijo skoraj v isti smeri (gledano z Zemlje) ali pa prava dvoezvezdja, zvezde, ki so povezane v isti sistem.

Do leta 1793, ko je W. Herschel dokazal, da obstajajo prava dvoezvezdja, so mislili, da so vsa dvoezvezdja navidezna.

V pravih dvoezvezdjih se zvezdi vrtita okoli istega težišča, obhodna doba pa je lahko od nekaj minut do več stoletij.



Zanimivost: Leta 2016 se bo lahko zvezdi v sistemu Gama Device razločilo le z boljšimi teleskopi, ker bosta ležali v skoraj isti ravnini (njihov obhodni čas je 180 let), sedaj pa jih lahko vidimo že z manjšim daljnogledom.

Nekatera dvoezvezdja imajo obe zvezdi v istem spektralnem razredu, druga pa ne. Pri teh je zelo dobro viden kontrast in so zato zelo lepa (Beta v Labodu).

Na nebu najdemo tudi sisteme treh, štirih ali več zvezd.

Kastor v Dvojčkih je na primer sistem šestih zvezd, najlažje so opazne dve svetli zvezdi z obhodno dobo 400 let in ena šibkejša

z obhodno dobo 10.000 let. Vse tri zvezde so spektroskopska dvozvezdja, s periodo 9,2 dneva, 2,9 dneva in 19,5 ure.

Zelo zanimive za opazovanja so tudi prekrivalna dvozvezdja. Pri vrtenju lahko ena zvezda prekinja drugo (delno ali popolno) in tako pride na Zemljo manj svetlobe. Tudi pri takih so zvezde zelo blizu in jih zato ne moremo razločiti niti z najboljšimi teleskopi. Eno izmed takih ozvezdij je tudi Algol (Beta v Perzeju). Vsakih 2,87 dneva zakrije večja zvezda manjšo, svetlejšo zvezdo in sij Algola se zmanjša z 2,2 na 3,5 magnitudo. Spremembe so zelo hitre: približno v petih urah se sij zmanjša na minimum, minimalen pa ostane dobrih 20 minut, nakar postane v naslednjih petih urah zvezda enako svetla, kot je bila prej. Ko pa manjša in svetlejša zvezda zakrije del večje, nastopi v periodi drugi minimum, ki ni tako izrazit.

V primeru, da pa sta obe zvezdi enako svetli, sta oba minimuma izrazita, periode so pa lahko zelo različne. Od zelo kratkih 2,3 dni (Delta Tehtnice) do zelo dolgih 27 let (Epsilon Voznika).

Dvozvezdja so za astronome zelo pomembna, saj lahko izračunajo maso in premer teh zvezd.

