

Marino Fonović
marino.fonovic@tlf.hr

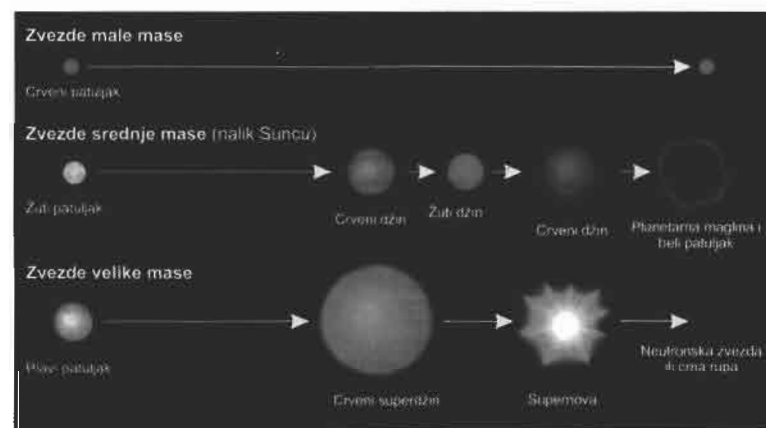
CRVENI PATULJCI

Smatraju ih "mrvicama" nastalima od gasa preostalog nakon nastanka divova i običnih zvezda poput našeg Sunca. Nama najbliža zvezda Proxima Centauri je crveni patuljak, njena masa doseže 1/7 Sunčeve, odnosno 150 puta premašuje masu Jupitera.

Sredinom prošlog veka otkrivena je neobična grupa zvezda intenzivnih, eksplozivnih veličina sjaja koje se ponavljaju u relativno kratkim intervalima. To su **crveni patuljci** - objekti slabog sjaja koji neretko imaju tek desetinu Sunčeve mase. Njihovi iznenadni bljeskovi podsećaju na one koji se mogu povremeno pojaviti na Suncu.

Crveni patuljci rađaju se kao male zvezde, obično ne veće od 0,3 Sunčeve mase. Površinska temperatura im je niska, zbog čega imaju izrazito crvenu boju (spektar KVe - MVe). Smatraju ih "mrvicama" nastalima od gasa preostalog nakon nastanka divova i običnih zvezda poput našeg Sunca. Nama najbliža zvezda **Proxima Centauri** (udaljena 4,22 s.g.) je crveni patuljak, njena masa doseže 1/7 Sunčeve, odnosno 150 puta premašuje masu Jupitera.

Štedljive zvezde

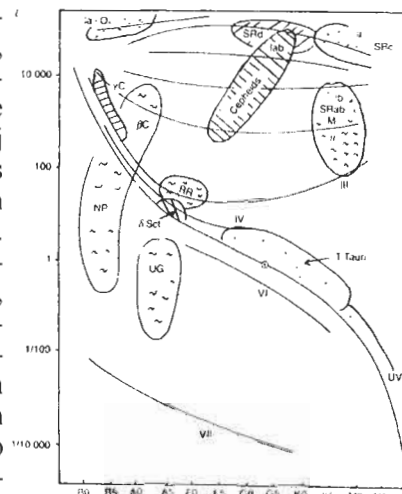


Sl. 1. Razvojni stadiji zvezda različitih masa.

Evolucija zvezde u osnovi zavisi od njene mase (sl. 1.). Što je veća masa neke zvezde ona će brže trošiti svoje zalihe termonuklearnog goriva. Više mase uzrokuje veći pritisak u jezgru zvezde, a s povećanjem pritiska raste i temperatura. Termonuklearne reakcije, koje se odvijaju u središtu zvezde zavise od temperature, što znači, da pri višoj temperaturi izgara više vodonika (glavnog sastavnog činioca većine zvezda).

Masivne zvezde - one koje su višestruko masivnije od našeg Sunca - prave su rasipnice. Premda zbog velike mase imaju ogromne zalihe termonuklearnog goriva, one ga potroše za samo nekoliko miliona godina. Kad ponestane vodonika

u središtu zgasnu termonuklearne reakcije, jezgro se skuplja i zagreva dok ne dosegne temperaturu pri kojoj otpočinje novi proces u kojem se helijum pretvara u ugljenik. Zvezdanakratkoponovo postane stabilna, međutim ubrzo ponestane i termonuklearnoga goriva. Nakon niza termonuklearnih pretvaranja dolazi do katastrofalnog urušavanja jezgra pri čemu zvezda eksplodira kao



Sl. 2. Položaj zvezda tipa UV Ceti i drugih promjenljivih na H-R diagramu.

veličanstvena supernova, koja po sjaju može nakratko nadmašiti sjaj svih zvezda u galaksiji.

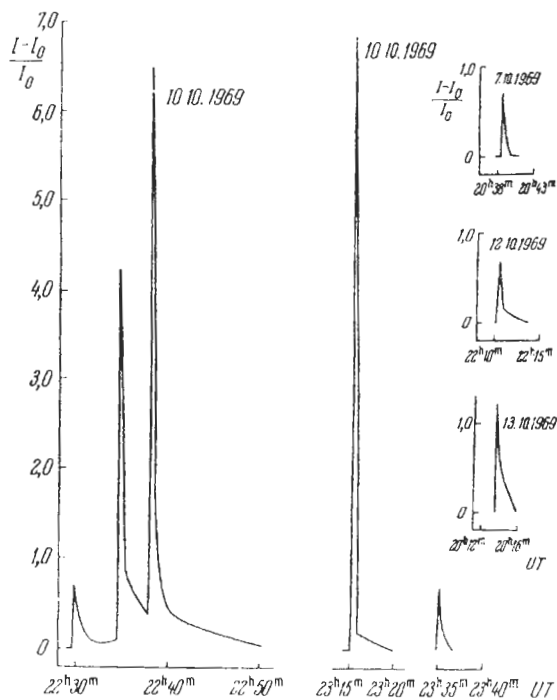
Zvezde manje mase, poput našeg Sunca, znatno su postojanije. Kad dosegnu fazu tokom koje energiju dobivaju iz termonuklearnih reakcija, one se smire i stabilno žive nekoliko milijardi godina. Na kraju, kada utroše svoje zalihe goriva, najprije postanu crveni džinovci, a zatim se stabiliziraju kao bijeli patuljci. Na kraju se svi bijeli patuljci pretvaraju u tamne kugle radioaktivnog pepela - potpuno mrtve ostatke zvezde.

Crveni patuljci počinju sa znatno manjom zalihom vodonika u poređenju sa divovskim zvezdama i našim Suncem (sl. 2.). Pritisak u jezgru crvenog patuljka jedva je dovoljan da pokrene termonuklearne reakcije. Kako se temperatura u unutrašnjosti povećava, nedostatak mase koja bi osigurala dovoljan pritisak, sprečava širenje područja u kojemu je došlo do termonuklearnih reakcija. Iako crveni patuljak započinje s mnogo manje goriva, on ga štedljivo troši tokom mnogo milijardi godina. Premda zvuči paradoksalno, crveni patuljci spadaju među najstabilnije i najnestabilnije objekte u svemiru.

Mehanizam, koji dovodi crvenog patuljka u nestabilnu fazu i ubrzo zatim ponovno u stabilnu, jedinstven je u svemiru.

Zvezdani bljeskovi

Potkraj 1948. godine američki astronom **W.J. Luyten** sa Harvardske opservatorije otkrio je neobičnu promjenljivu zvezdu, koja je dobila ime **UV Ceti** (*UV Kita*). Bio je to crveni patuljak koji iznenada, za samo jedan do dva minuta poveća sjaj za dve-tri zvezdane veličine, nakon toga isto tako brzo sjaj padne na prethodnu vrednost (sl. 3.). Najspektakularniji bljesak UV Ceti posmatran je iz Europe 24. rujna 1982. godine, sjaj zvezde u samo 20 sekundi se povećao za 5,5^m, odnosno 100 puta! U intervalima između bljeskova sjaj zvezde je uglavnom stabilan, tek povremeno javljaju se fluktuacije od nekoliko desetina magnituda. Eksplozije se pojavljuju posve nepravilno, tako da je nemoguće predvideti kada će se slijedeća dogoditi.



Sl. 3. Krivulja sjaja UV Ceti za vrijeme bljeska.

Nakon otkrića, neobična je zvezda brzo privukla pažnju astrofizičara koji su je detaljno proučili. Utvrdili su da je UV Ceti tesni dvojni sisitem čije su obe komponente crveni patuljci spektralnog tipa M5e. Njihova ukupna masa iznosi jedva 0,08 mase Sunca (masu manje komponente procenili su na 0,03 mase Sunca). Apsolutni sjaj sis-

tema je M=15,8 stoga im je, razumljivo, i prividni sjaj slab, najčešće oko 12. vizualne magnituda. UV Ceti nalazi se na udaljenosti od 8,5 s.g. što znači da je tek neznatno dalje od Sirijusa - najsajnije zvezde našeg noćnog neba.

Do sada je u bližem galaktičkom susedstvu otkriveno oko sto crvenih patuljaka tipa UV Ceti. Mnoge od ovih zvezda, oko 60 %, su članovi bliskih dvojnih sistema. U tab. 1. je popis nekoliko promjenljivih tipa UV Ceti u maksimumu sjajnih od 11. magnituda.

Budući da se tamni crveni patuljak može otkriti do udaljenosti od najviše nekoliko svetlosnih godina, astronomima su na raspolaganju bile jedino zvezde u Sunčevom susedstvu. Bilo bi, međutim, krajnje neobično kada bi pojava crvenih patuljaka sa bljeskovima bila ograničena samo na naš lokalni deo svemira. Stoga se sa sigurnošću može pretpostaviti da je ovaj tip zvezda veoma čest, odnosno da je naš lokalni deo svemira tipičan. Procjenjuje se da crveni patuljci iako hladni, prigušenog sjaja i mali, čine čak tri četvrtine zvezda u našoj Galaksiji!

Većina crvenih patuljaka u svemiru podleže snažnim eksplozijama. Bljeskovi nastaju kada deo gasa, duboko iz unutrašnjosti zvezde gde je temperatura znatno viša nego izvan nje, biva izbačen na površinu. Taj gas je zgusnut i na površinu ga za svega nekoliko minuta izbacuje snažno magnetno polje.

Snaga bljeskova varira u zavisnosti od veličine zvezde, što je zvezda manja - bljesak je spektakularniji. I naše Sunce je zadnjih godina imalo nekoliko snažnih bljeskova tokom kojih su u međuplanetni prostor izbačene velike količine naelektrisanih čestica i elektromagnetnog zračenja. Dospevši do Zemlje, struje čestica iz bljeska uzrokovala su pojavu polarne svetlosti, prouzrokovala smetnje u kratkotalasnim komunikacijama i uništile nekoliko telekomunikacionih satelita. Količina energije oslobođena u vreme bljeska zvezde UV Ceti jedva je 1-2 puta veća od energije jače erupcije na Suncu, međutim ta se energija oslobađa na zvezdi čija je luminoznost najčešće oko 10.000 puta slabija od Sunčeve pa je i

Ime	$\alpha_{(2000,0)}$	$\delta_{(2000,0)}$	Prividni sjaj	Spektar
UV Cet	01 38.8	-17 58	6.8 - 12,95 V	d M5,5e
V371 Ori	05 33,2	+01 50	11,0 - 13,01B	dM3e
AD Leo	10 19.7	+19 52	9,41 - 10,94B	M4,5 Ve
DT Vir	12 58,2	+12 38	10,34-14,32 B	dM2e
AE Aqr	20 40.1	-00 52	10,4 - 12,0 B	K5eIV-V+B
DO Cep	22 26,2	+57 27	10,3 - 11,4 v	dM4,5e
EV Lac	22 46.9	+44 20	8,28 - 11,83 B	dM4,5e
EQ Peg	23 29,1	+19 39	9,8 - 10,5 V	dM 4e+dM5,5e

Tab 1. Eruptivne promjenljive tipa UV Ceti (u maksimumu sjajnije od 11,0 mv)

učinak bljeska kudikamo spektakularniji. Učestalost bljeskova crvenih patuljaka je neuporedivo veća nego Sunca, jedna erupcija javlja se u prosjeku svakih 30 sati. Istraživanja su pokazala kako je intenzitet radio zračenja najveći nekoliko minuta posle dostizanja maksimalnog sjaja. Crveni patuljci su bili prvi svemirski objekti veličine pojedinačne zvezde (sa izuzetkom samog Sunca) koji su "viđeni" prvim radioteleskopima.

Dugogodišna posmatranja UV Ceti i drugih promenljivih zvezda iz ove grupe upućuju na mogućnost da erupтивna aktivnost tih zvezda ima duže periode pojačanja i slabljenja, slične jedanaestogodišnjem ciklusu Sunčeve aktivnosti.

S obzirom na veliku učestalost eksplozija, te njihovu snagu u poređenju s veličinom zvezda na kojima se događaju, one su znatno snažnije od bilo koje ponavljajuće pojave u svemiru.

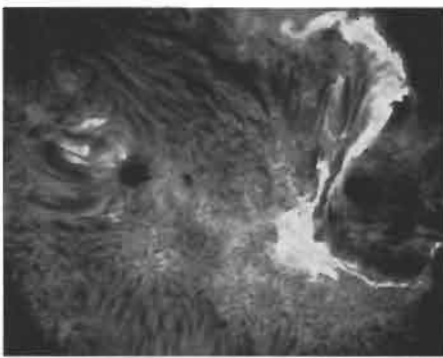
Povratne nove također eksplodiraju, ali ni izdaleka tako često kao crveni patuljci, a i razlog zbog kojeg se to događa posve je drukčiji (prenos materije s jedne komponente na drugu unutar dvojnog sistema). Za razliku od povratnih novih, crveni patuljci sami osiguravaju svoje gorivo.

Model promenljivih tipa UV ceti

Bljeskovi crvenih patuljaka predstavljaju pojavu lokalnog karaktera, to je utvrđeno nakon što im je na osnovu spektra izmerena temperatura od 15.000 K. Naučnici su proučili taj podatak i došli do zaključka da bi, u koliko bi se temperatura čitave zvezde, iznenada podigla do tog stepena, nastala bi daleko veća promena njenog prividnog sjaja. S obzirom na to da prosečni crveni patuljak ima površinsku temperaturu od samo 3.000 K, došlo se do teorije o "toploj mrlji na hladnoj zvezdi".

Model erupтивne zvezde crvenog patuljka kaže da se ta zvezda može uporediti s džinovskom glavicom luka koja ima na hiljade različitih slojeva. U tom slučaju ti su slojevi vodonikove ovojnice, od kojih svaka rotira drukčijom brzinom od one ispod i od one iznad. Svaka ovojnica ima svoje vlastito magnetno polje različite snage, povezano s ostalim ovojnicama. Prilikom rotiranja ovojnica različitim brzinama, izdužuju se i preinačuju druga polja, a posledica toga je stvaranje anomalnih polja u unutrašnjosti zvezde. Kada ta magnetna polja počnu uzajamno delovati, njihov krajnji efekat izražava se na magnetnom polju površine zvezde.

Po površinskom magnetnom polju leže rastrkana područja izuzetno velike snage, što uzrokuje da neki delovi zvezde bivaju jonizovaniji od drugih. Kako se ta područja šire i razlike postaju veće, magnetna ravnoteža zvezde biva dovedena do kritične tačke.



Sl. 4. Sunčevi bljeskovi su u izravnoj vezi s jakim magnetnim poljima pega i najčešće se javljaju u njihovim multi polarnim grupama.

Foto:

National Solar Observatory/ Sacramento Peak.

U trenutku kada se magnetno stanje poremeti, nastaje kaos. Delovi unutrašnjosti zvezde bivaju izbačeni na površinu. Na određen način, mehanizam koji se ovde javlja sličan je mehanizmu gejzira. Veoma topla voda pod visokim pritiskom, koja je bila zarobljena ispod kamenog sloja, izbija na površinu u vidu snažne erupcije. Kada pritisak popusti, sve se vraća u normalne okvire – i proces ponovno počinje.

Model koji smo opisali, sličan je modelu zbivanja na Suncu, s time da na našoj normalnoj zvezdi ciklus traje 11 godina, magnetne anomalije su manje kao i erupcije koje sa Zemlje posmatramo kao bljeskove (sl. 4).

Tri faze razvoja bljeska

Pojava bljeska nastaje zbog međusobnog delovanja nekoliko različitih elemenata. Kod tipičnog bljeska najpre sledi spora faza, pa onda preliminarna faza, a na kraju dolazi na red glavni bljesak.

Za vreme spore faze javlja se lokalno povećanje u ukupnom zračenju zvezde. Ono nastaje kada iz unutrašnjosti na površinu zvezde biva izbačena veća količina vruće materije. Međutim, ta erupcija ipak nije dovoljno velika, niti se događa dovoljno brzo da bi se mogla pojaviti u eksplozivnom obliku. Povremeno se događa da bljesak zgasne na tom nivou, tako da nema nekog novog oslobađanja energije. Takve manje erupcije materije iz unutrašnjosti događaju se i na Suncu.

U tipičnom događaju zatm se javlja manji preliminarni bljesak, koji se na krivolji pojavljuje kao malo ispupčenje. Taj uvodni bljesak zapravo je mala eksplozija koja brzo zgasne. Ona može imati ulogu mehanizma za stavljanje u pogon ili može biti usputni učinak sveukupnog procesa bljeska.

Glavni bljesak obično se događa nekoliko sekundi nakon uvodnog. Za vreme glavnog bljeska, na mestu gde se on pojavi oslobađa se mnogostruko više energije nego iz svih ostalih delova zvezde. Na vrhuncu, bljesak po sjaju nadmaši zvezdu, pri čemu se oslobađa tako velika količina energije na malom prostoru da se stvara tzv. udarni talas, koji doprinosi da se bljesak održi i potraje. Međutim, nakon svega nekoliko minuta, priliv energije naglo pada - gotovo do početnog nivoa - što je završetak glavne faze.

Najveći deo energije koja se oslobađa prilikom bljeska javlja se u ultraljubičastom i radio području. Tek sasvim mali deo, možda samo jedan postotak, javlja se u obliku vidljive svetlosti. Pa ipak, uprkos toj okolnosti, vidljiva veličina erupтивne zvezde za vrijeme bljeska ponekad poraste za šest magnituda!

Tip	%
R CrB	1,1
Novae	6,1
Simbiotske	1,4
γ Cas	3,2
Nepravilne (I, FU Ori)	42,6
UV Cet (flare stars)	33,7
Patuljaste novae	9,8
Supernove	0,2

Tab. 2. Postotna zastupljenost pojedinih tipova eruptivnih i kataklizmičkih promenljivih zvezda

Što je bljesak veći, to će duže i trajati. Dok većina bljeskova crvenih patuljaka traje samo dva do tri minuta, posebno veliki bljesak može potrajati i čitav sat. Najveći bljeskovi zabeleženi su kod najsajajnijih crvenih patuljaka. Što zvezda češće ima bljeskove - oni će biti slabiji.

Pojava bljeskova na našem Suncu u neposrednoj je vezi sa pegama, na kojima je lokalno magnetno polje jače nego na drugim mestima. Pojedini naučnici prihvatili su teoriju o bljeskovima crvenih patuljaka temeljenu na "zvezdanim pjegama" (džinovske pege na površini crvenog patuljka). Dok Sunčeve pege traju samo nedelju dana, zvezdane pege mogle bi biti znatno dugotrajnije: one se zadržavaju više meseci, pa čak i godina. Neki astronomi smatraju da bi čak 20 % ukupne površine crvenih patuljaka moglo stalno biti pokriveno pegama.

Dugovečne zvezde

Gubitak materije prilikom pojedinačnih bljeskova veoma je malen, ali na svom životnom putu dugom mnogo milijardi godina crveni patuljak na ovaj način izgubi znatnu količinu svoje građe. U početku bljeskovi su češći, međutim sa starenjem se crveni patuljci postepeno smire tako da se bljeskovi pojavljuju sve ređe. Od trenutka kada u svom evolutivnom razvoju dosegnu stabilnu fazu, započinje njihov mirni i dugi život.

Budući da vrlo štedljivo troše svoje zalihe vodonika, crveni se patuljci ubrajaju među najdugovječnije zvezde u svemiru. Prema proračunima **G. Laughlina**, **F. Adamsa** (*Michigan university*), **P. Bodenheimera** (*Lick Observatory*), crveni patuljci mase 0,25 Sunca mogu štedljivo izgarati vodonik oko jedan trilion godina. Dok bi oni s najmanjom masom (0,08 mase Sunca), premda sa skromnim zalihama vodonika ali znatno manjim zračenjem, mogli nastaviti sijati slabijim sjajem još oko 10 triliona (10^{15}) godina - što je približno hiljadu puta duže od sadašnje starosti svemira!

U ovom trenutku crveni patuljci, pa i ako su nastali ubrzo nakon Velikog praska, su još uvek vrlo mladi za svoju vrstu - šta više možemo reći, da su tek na samom početku svog dugoga životnog puta. Još vrlo dugo nakon što se budu sve druge masivnije zvezde ugasile, crveni patuljci još će poput svetionika nastaviti svetliti u vrlo mračnom svemiru.

Prikaz knjige

"ASTROLAGIJA"

Ova knjiga predstavlja ono što nam je već duže vreme bilo potrebno.

Astrologija je u našoj sredini oduvek bila prisutna, ali je tokom tragičnih 1990-tih dobila poseban značaj kao deo turbo-populističkog programa uništavanja svih autentičnih kulturnih i naučnih vrednosti, posebno onih utemeljenih u Prosvetiteljstvu.



U doba ogromnog napretka astronomskih nauka i izgradnje zemaljskih i orbitalnih opservatorija nezamislivih u prethodnim vekovima, u doba koje je postalo svesno da od stvarne interakcije naše planete sa njenim kosmičkim okruženjima odista zavisi život i smrt na globalnom nivou, u vreme mnogobrojnih astronautičkih misija na druge planete i ozbiljnih potraga za životom van okrilja Zemlje, astrološke mistifikacije kao nasleđe srednjevekovnog sujeverja mogu biti samo kontraproduktivne za intelektualni razvitak kako pojedinca, tako i čitavog društva i naroda.



Da rezimiramo: ova knjiga je izuzetno informativna i zanimljiva, a pre svega pravovremena. Njenim izdanjem počinje se popunjavati jedna velika prazna niša u našem obrazovnom i popularno-naučnom izdavaštvu: ona koja se tiče borbe sa kvazinaukom, iracionalizmom, mračnjaštvom i srednjevekovljem svake vrste. Može se očekivati da će pronaći publiku gotovo svih uzrasta i velikog raspona profesionalnih i intelektualnih interesovanja. Od naročite koristi biće mladoj čitalačkoj publici, koja i jeste glavna meta kvazinaučnog "mišljenja". Nadamo se da će i druga izdanja slediti ovaj svetli primer, koji na svaki način ovime podržavam.

dr Milan M. Čirković

docent Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu