

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 25 (1997/1998)

Številka 4

Strani 202-209

Mirjam Galičič:

MEGLICA IN PULZAR

Ključne besede: astronomija, vesolje, zvezde, pulzar, megličasti objekti.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/25/1340-Galicic.pdf>

© 1998 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2010 DMFA - založništvo

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

MEGLICA IN PULZAR

V prejšnji številki Preseka smo pisali o supernovi, ki se je pred skoraj 1000 leti pojavila v ozvezdju Bika, o povezavi sedaj opazljivih (dveh) objektov z davno opazovano supernovo in povedali nekaj malega o lastnostih obeh objektov, meglice Rakovice in pulzarja v njej. Povedali smo tudi, kako objekt M1 najdemo s teleskopom, ter navedli potrebne podatke in iskalni karti. Tokrat bomo povedali nekaj več o fizikalnih dogajanjih v M1. Malo je namreč v astronomiji objektov, ki bi jim bilo posvečenega toliko opazovalnega in raziskovalnega časa, namenjenih toliko strani člankov in knjig, in ki bi prinesli toliko novih spoznanj za astronomijo in fiziko. Nekateri imenujejo M1 kar 'rozetni kamen'¹ astronomije, saj je pravi naravni laboratorij, v katerem poteka obilica raznovrstnih fizikalnih procesov, razmere pa so velikokrat tako ekstremne, da takega 'laboratorija' na Zemlji sploh ni moč narediti.

Meglica

Doslej nismo posebej poudarili, da opisujemo objekt v naši Galaksiji. Leži še bolj na obrobju Galaksije kot naše Osončje in nekoliko pod ravnino Galaksije. Meglica ima podobno kemijsko sestavo, kot je v povprečju v vesolju: pretežno vodik, nekaj helija, zelo malo težjih elementov. In koliko sploh je snovi v meglici? Ocenjujejo, da za kake tri mase Sonca. Meglico sestavljata dve osnovni komponenti. Prva je razredčena snov (plin), ki je nekoč sestavljala zunanje plasti orjaške zvezde. Ta napolnjuje vso meglico in določa njeno okvirno ovalno obliko. Druga so filamenta (vlakna), ki se brez pravega reda vlečejo sem ter tja in dajejo meglici posebej lep videz (glej sliko 1 na predzadnji strani ovitka).

Obe komponenti razkriva optični spekter meglice. (Spekter je graf, ki prikazuje porazdelitev gostote izsevane energije po frekvencah.) Plin seva ti. zvezni ali beli spekter. Od filamentov pa prihajajo posamezne črte, ki so naložene na zveznem spektru. Zvezni spekter meglice Rakovice nastane na poseben način. Zanj ni krivo sevanje atomov pri visoki temperaturi, kot bi pričakovali za običajni plin, pač pa sevanje hitro gibajočih se elektronov v magnetnem polju. Do tega pomembnega spoznanja je v

¹ 'Rozetni kamen' ne pomeni kamna v obliki razcvetele rože, ampak se pridevnik nanaša na egiptovsko mesto Rosetta (angl. pisava), kjer so leta 1799 našli bazaltno ploščo iz 2. stoletja pred našim štetjem, na kateri je bilo vzporedno s hieroglifi isto besedilo zapisano še v dveh drugih pisavah. Ta kamen je bil osnova za razvozlanje hieroglifske kode.

petdesetih letih prišel ruski astrofizik Šklovski. Mehanizem sevanja naj bi po njegovem bilo ti. sinhrotronsko sevanje, o katerem ponavadi govorimo v zvezi s pospeševalniki delcev, sinhrotroni, saj nastaja pri gibanju pospešenih nabitih delcev v magnetnem polju. Njegova ideja, da meglica Rakovica predstavlja laboratorij z ogromnim pospeševalnikom delcev, se je izkazala za pravilno, ko so izmerili, da je svetloba z Rakovice delno polarizirana.

Vemo, da je elektromagnetno sevanje (svetloba) valovanje. Svetloba, ki se odbije na neki površini, je polarizirana v ravnini te površine. (Če nosimo polarizacijska očala, ki ne prepuščajo polariziranih valov, se nam na primer mnogo manj blešči.) Če pa za neko svetlobo ne obstaja ravnina, v kateri pretežno nihajo valovi, potem pravimo, da je nepolarizirana. Med stoodstotno polarizirano in nepolarizirano svetlobo obstajajo še vse vmesne možnosti za delno polarizirano svetlobo. Meritve polarizacije svetlobe z Rakovice sredi petdesetih let na tedaj sovjetskem observatoriju Byurakan v Armeniji in na ameriškem Mount Palomarju so pokazale, da je ta svetloba res delno polarizirana: Elektroni se v magnetnem polju gibajo na določen način in zato izsevani svetlobni valovi nihajo pretežno v določeni ravnini.

S potrditvijo ideje o sinhrotronskem sevanju Rakovice so bili astronomi soočeni z nadvse nenavadnim objektom, s svetlim oblakom, v katerem so 'svetili' elektroni in ne atomi, kot so bili navajeni dotlej. V oblaku so tudi protoni, a ti za fizikalne procese, ki so pri sinhrotronskem sevanju meglice odločilni, niso bistveni. Bistveno pa je, da so astronomi odkrili objekt, ki je bil po agregatnem stanju prav poseben plin, plazma. Običajni plin sestavljajo atomi, ki so električno nevtralni. Za plazmo pa je značilno, da so atomi razbiti na nosilce negativnih nabojev (elektroni) in nosilce pozitivnih nabojev (atomska jedra).

Meglica je ostanek zunanjih plasti zvezde, ki je izbruhnila v supernovo. V trenutku izbruha je te plasti odpihnilo navzven. Astronomi merijo hitrost razširjanja meglice. Ta znaša okrog dve desetinki kotne sekunde na leto ali približno 1500 kilometrov na sekundo. Iz te vrednosti lahko izračunamo, kdaj se je zgodila supernova. Zanimivo je, da z natančnim računom, ki upošteva podatke več kot petdesetih let (doktorsko delo znane ameriške astronomke V. Trimble), pridemo do letnice, ki je za slabih sto let večja od tiste, o kateri poročajo kitajska opazovanja. To pomeni, da se danes meglica razširja hitreje, kot bi se smela, saj bi se moralo začetno širjenje snovi zvezdinih ovojnic sčasoma upočasniti zaradi nariivanja okolišnega medzvezdnega plina. To je možno le, če nekaj v meglici poganja gibanje plinov navzven.

Na podlagi merjenja hitrosti razširjanja meglice lahko ocenimo tudi njeno oddaljenost. Ta je približno 6000 svetlobnih let ($6 \cdot 10^{16}$ kilometrov). In če poznamo oddaljenost, lahko ocenimo, kako svetla je bila supernova leta 1054. Iz starih zapiskov o primerjavah njenega sija so ocenili, da je supernova svetila kot 500 milijonov Sonc! Polariziranost je različna po posameznih delih meglice, pa tudi polariziranost posameznih delov se s časom presenetljivo spreminja. Eno od področij, kjer sta polariziranost in njena spremenljivost posebej izraziti, je osrednji predel. To je okolica obeh zvezd v sredini meglice, od katerih je ena pulzar. Že v šestdesetih letih so na tem področju opazili nekakšne kosme snovi, ki so se s časom spreminjali. Vse je kazalo na to, da tisto nekaj v sredini meglice, kar prispeva k njenemu razširjanju, tudi pljuska v okolišno snov in jo osvetljuje. Sodobna opazovanja s Hubblovim vesoljskim teleskopom so pokazala, da iz pulzarja izhajata v nasprotnih smereh ozka curka (slika 2 na predzadnji strani ovitka), ki ju pretežno tvorijo hitri elektroni. Curka odrivata plin pred seboj in ga narivata v kosme.

Kar vemo o filamentih, so nam razkrile črte, ki jih sevajo tam prisotni atomi. Na njihovi osnovi so ugotovili, da se tako temperatura kot gostota elektronov v filamentih močno spreminjata tako znotraj posameznega filameta kot preko celotne meglice. Filament je kot nekakšna 'cev', sestavljena iz treh lupin, pri čemer sta v vsaki plasti nekoliko drugačna temperatura in gostota snovnih delcev. Večina izrazitih filamentov je v zunanji tretjini meglice.

Črte, ki prihajajo s filamentov, so povečini takšne, kakršnih v laboratoriju na Zemlji zlepa ne opazimo. Sodiijo med ti. 'prepovedane' črte. In kako spektralne črte sploh nastanejo? Elektron v atomu se nahaja v določeni elektronski lupini oziroma ima določeno orbito okrog atoma in s tem določeno energijo, tako kot je to razložila kvantna mehanika. Če atom pridobi ustrezno energijo (npr. ko se vanj zaleti foton ali drug atom), se elektron v njem vzbudi v višje energijsko stanje, v drugo dovoljeno orbito. Odvečne energije se poskuša čimprej znebiti in se vrniti v svoje prejšnje, najbolj ugodno stanje. Odda jo tako, da izseva foton z določeno valovno dolžino. Ta prehod elektrona se zgodi zelo hitro, pravimo mu dovoljeni, saj ga zakoni kvantne mehanike napovedujejo oziroma dovoljujejo. Energija tega fotona ustreza energijski razliki med obema orbitama. Prehod vidimo kot črto v spektru pri določeni valovni dolžini.

Če elektron prejme premalo energije, da bi se preselil v naslednjo višjo dovoljeno orbito, potem bi trajalo zelo dolgo, da bi se odvečne energije znebil z izsevanjem ustreznega fotona. Ker se to zgodi zelo redko oziroma zelo počasi, tako da tega v laboratoriju praktično ne dočakamo, se je za

take prehode ustalilo ime prepovedani. Pri poskusih v laboratoriju, kjer je atomov dovolj, tudi če je plin precej razredčen, bo atom takšen presežek energije raje oddal drugemu atomu s trkom, kot da bi izseval foton. V meglici pa je plin tako zelo redek, da do trkov med atomi prihaja zelo poredko, in preden bi atom uspel srečati drugega in mu oddati odvečno energijo, pride do ti. prepovedanega prehoda. Izseva se torej foton pri valovni dolžini, kakršne v laboratoriju pri tem atomu ne bi pričakovali. Značilno je, da so ravno objekti, kakršna je meglica, redek primer, kjer sploh lahko opazujemo prepovedane prehode. Vidimo, da meglica ni pomembna le za astronomijo, ampak posebne razmere v njej omogočajo spoznanja in meritve, ki so pomembni tudi za fiziko.

Meglica Rakovica seva ne le v optičnem, pač pa tudi v radijskem delu elektromagnetnega spektra, pa preko mikrovalov, infrardeče in ultravijolične svetlobe do visokoenergijskih rentgenskih žarkov. Malo je objektov, ki bi sevali na tako obsežnem intervalu valovnih dolžin. Rakovica je prvi odkriti objekt, ki se ga da opazovati na tako širokem intervalu. Radijsko odkritje Rakovice pripada avstralskim astronomom in sega v leto 1948. Odtlej so radijska opazovanja neprecenljivo prispevala k poznavanju strukture magnetnega polja in porazdelitve elektronov v meglici.

V začetku šestdesetih let so začeli s prvimi rentgenskimi opazovanji. Teh ne moremo izvajati s površja Zemlje, saj varovalni atmosferski oklep žarkov X ne prepusti. Rakovica je prvi rentgenski izvir (in eden od prvih izvirov žarkov gama) zunaj Osončja, ki so ga zaznali in nato povezali s prej znanim optičnim objektom. Visokoenergijska opazovanja so pomembna na primer za določanje hitrosti elektronov v meglici in površinske temperature nevtronskih zvezd.

Pulzar

Kaj pomaga razpihovati meglico, pospešuje elektrone in vpliva na strukturo magnetnega polja v meglici? To vprašanje je dolgo vnemirjalo astronome, dokler niso konec šestdesetih let v sredini meglice odkrili nenavadne zvezde – pulzarja. Majhna, izjemno gosta zvezda se sredi meglice zelo hitro vrtil in brizga v meglico vedno nove elektrone, da se lahko vzdržuje sinhrotronsko sevanje meglice.

Pulzar, ki ima oznako NP0532 ali pa PSR 0531+21, odvisno od tega, katerega od pulzarskih katalogov gledate, so odkrili z največjo radijsko anteno na svetu v Arcibu (premer 300 m) novembra 1968. Izmerili so njegovo periodo – 33 milisekund. To je bila še zadnja potrditev, da je objekt v Rakovici, za katerega so že dolgo predvidevali, da mora imeti

neko zvezo s supernovo, zares nevtronska zvezda. Nobena druga vrsta zvezde namreč ni dovolj 'trdna', da bi vzdržala tako hitro vrtenje. Radijski pulzar so identificirali z optičnim januarja 1969 na observatoriju Kitt Peak v ZDA. Nekaj kasneje so Američani opazili isti objekt še v rentgenskih žarkih. Pulzar v meglici Rakovici je v mnogočem poseben, presenetljiv in zato zelo pomemben za astronomijo. Ena njegovih značilnosti, ki ga postavlja na posebno mesto med pulzarji, je ta, da ga lahko opazujemo na izjemno širokem intervalu elektromagnetnega spektra, oblika njegovega pulza pa je enaka pri vseh valovnih dolžinah, od dolgih radijskih valov do visokoenergijskih rentgenskih žarkov in žarkov gama. Druga je njegova starost. S komaj tisoč leti je zdaleč najmlajši pulzar. Sledi mu pulzar v ozvezdju Jadro (Vela), ki pa je kakih šestnajstkrat starejši. Pri tako mladem pulzarju lahko opazujemo pojave, ki so pri starejših že usahnili.

Tisto, kar je pulzarske astronome v začetku posebej presenetilo, je izredna pravilnost in ponovljivost pulzov. Pulzi prihajajo tako točno, da lahko na podlagi današnjih opazovanj za nekaj let vnaprej natančno napovemo, kdaj bo prišel izbrani pulz. Pulzarska ura je primerljiva z najbolj natančnimi urami na Zemlji. Zato seveda ni čudno, da se je pojavila ideja, da bi na osnovi skupine pulzarjev napravili neodvisno uro, ki bi služila kot standard, tako kot je to z atomsko uro.

Vendar pa se frekvenca pulziranja spreminja. Pulzar namreč izgublja svojo rotacijsko energijo, ki jo oddaja meglici. Meglica pravzaprav sveti zato, ker se pulzar upočasnjuje. Hitro se pojavi pomislek, kako naj potem pulzar služi za merjenje časa, če pa se ne vrti enakomerno. To ni nič hudega, saj vemo, kako hitro se ustavlja in tudi ta pojemek radijski astronomi zelo natančno merijo. Frekvenco in časovno spreminjanje frekvence našega pulzarja neprestano merijo na angleškem radijskem observatoriju Jodrell Bank. Pulzarjeva perioda se vsak dan podaljša za 37 nanosekund (0.000000037 sekunde).

Poleg pravilnega spreminjanja pulzarjeve frekvence se sem pa tja, v dveh do treh letih, dogajajo še nenadne pospešitve vrtenja, ki jim pravimo gliči. Po gliču se po nekaj dneh pulzar postopoma umiri. Po kakem mesecu dni se spet vrti s popolnoma tako frekvenco, kot da gliča vmes sploh ne bi bilo. Gliče poskušamo razložiti s primerjavo s potresi na Zemlji. Le da je za pulzar verjetneje, da pride do potresa v trdni notranji nevtronski plasti in ne v trdni zunanji skorji, kot je to pri Zemlji.

Ko že omenjamo sestavne plasti pulzarja, je prav, da jih navedeno vse po vrsti. Začnimo na površju. Pulzarjevo površje je trdna skorja, ki jo sestavljajo težka atomska jedra, med katerimi se podi oblak elektronov, ki so nekoč skupaj s temi jedri tvorili atome. Pod njo je plast supertekočih

neutronov (tokrat bomo besedo samo zapisali in nič razlagali) in pod njo, kot nekakšen ogromen kristal, trdna plast neutronov. Čisto znotraj je jedro, kjer je gostota snovi največja. Tu najverjetneje lahko poleg neutronov pričakujemo še 'juho' raznoraznih sorodnih delcev, ki so težji in predvsem za običajni svet precej tuji. Nosijo imena, kot so Σ , Λ in Δ ; ker so težki, jim vsem skupaj pravimo barioni (neutron in proton sta najlažja bariona).

Vsekakor se moramo ustaviti tudi ob pulzarjevem magnetnem polju. Njegova gostota na površju zvezde znaša približno 10^8 tesla, kar je zelo veliko. V laboratoriju so polja velikosti nekaj tesla že obravnavana kot zelo močna. Kako more imeti nevtronska zvezda tako močno magnetno polje, se da razumeti. Vemo, da se ohranja količina, ki ji pravimo magnetni pretok. Predstavljajmo si namagneteno snov. Magnetne silnice so 'pripete' na snov. Če stiskamo snov, se stiskajo tudi silnice in magnetno polje je vse močnejše. Za tolikokrat, kot se zmanjša presek snovi, se poveča gostota magnetnega polja. Ali lahko s stiskanjem običajne zvezde pridemo do magnetnega polja pulzarja? Gostota magnetnega polja Sonca je okrog 0.01 T. Njegov radij je 700000 kilometrov. Če bi Sonce skrčili na velikost pulzarja (radij 10 kilometrov), bi se njegov presek (πR^2) zmanjšal za faktor $5 \cdot 10^9$. Tolikokrat se mora v skladu z ohranitvijo magnetnega pretoka povečati gostota magnetnega polja. Prvotnih 0.01 T postane $0.5 \cdot 10^8$ T! Močno pulzarsko magnetno polje torej ni tako hudo presenetljivo in ga smemo pričakovati, če upoštevamo, kako je pulzar nastal.

Imamo torej močno namagneteno zvezdo, ki se hitro vrti. Iz elektrodinamike vemo, da se pri gibanju magneta inducira električno polje. Tudi ob površini pulzarja se inducira električno polje, ki je zelo močno. Nabite delce odtrga s površine, jih pospeši do visokih hitrosti in jih izvrže stran od zvezde. Vendar se ti zaradi magnetnega polja ne morejo gibati kamorkoli, temveč le vzdolž magnetnih silnic. Magnetne silnice pulzarja si lahko predstavljamo podobno, kot smo vajeni risati silnice paličastega magneta. Razlika je predvsem v tem, da so zaradi hitrega vrtenja zvezde tiste silnice, ki izhajajo blizu polov, pretrgane. Vzdolž pretrganih silnic elektroni lahko pobegnejo z zvezde in tako se meglica neprestano polni s svežimi hitrimi elektroni, ki sinhrotronsko sevajo.

Za konec še omenimo, kje pulzi najverjetneje nastajajo. Pulziranje smo že opisali s pomočjo svetilnika. Pulz vidimo vsakokrat, ko se svetilnik zasuka proti nam. To področje je najverjetneje ti. polarna kapa, za kako nogometno igrišče velika površina ob (obeh) magnetnih polih. Tam je magnetno polje zelo močno. Nabiti delci, ki se gibljejo vzdolž silnic, se pospešijo skoraj do svetlobne hitrosti in močno sevajo na obsežnem

intervalu valovnih dolžin, od radijskih valov do žarkov gama. Če bi prišli dovolj blizu pulzarja, bi morda videli ob njegovih polih močno svetlikajočo se kapo.

Hubbllov vesoljski teleskop je videl nevtronsko zvezdo

V sestavku smo večkrat omenjali izraza pulzar in nevtronska zvezda, enkrat enega, drugič drugega. Čas je, da povzamemo njuno povezavo. Nevtronskih zvezd je v naši Galaksiji najbrž nekaj sto milijonov. Večinoma jih ne vidimo, ker so pretemne. Tiste, ki jih vidimo (ki smo jih videli doslej!), vidimo zaradi njihovega pulziranja. Torej so pulzarji (danes je znanih kakih 500) podmnožica nevtronskih zvezd. Vsak pulzar je nevtronska zvezda, ni pa vsaka nevtronska zvezda pulzar. Dejstvu, da pulzarji pulzirajo – svetijo na poseben način, se moramo zahvaliti, da jih lahko opazujemo že trideset let. Nepulzirajoče nevtronske zvezde ne moremo videti. (No, v resnici obstaja še ena podvrsta nevtronskih zvezd, za katere ni nujno, da pulzirajo, a jih vseeno vidimo. Te so članice dvojnih sistemov, pri čemer je druga zvezda velika in masivna. Snov z nje odteka na nevtronsko zvezdo in se dovolj blizu nevtronske zvezde začne svetiti. To svetenje opazujemo v rentgenskih žarkih. Vendar je takih nevtronskih zvezd opaženih precej malo.) Kot že pri toliko drugih primerih v zadnjih letih pa je stvari spet obrnil na glavo Hubbllov vesoljski teleskop. 24. septembra 1997 so z Inštituta Hubblovega vesoljskega teleskopa sporočili še eno veliko novico: Hubbllov vesoljski teleskop videl nevtronsko zvezdo!

Zakaj je bilo doslej nemogoče videti nevtronsko zvezdo? Večino zvezd vidimo zato, ker sevajo svetlobo. Njihovo sevanje opišemo kot sevanje črnega telesa. Če poznamo njeno površinsko temperaturo in velikost površine, vemo, koliko energije zvezda odda v časovni enoti. Sliko zvezde, ki jo naredi optična naprava (leča v očesu; zrcalo teleskopa), 'vidimo', če je v zbranih elektromagnetnih valovih dovolj energije, da povzroči ustrezno reakcijo detektorja (vidnih čutnic v očesu; fotografske plošče, kamere CCD). Pri (optičnih) teleskopih je to odvisno v grobem od velikosti zrcala in vrste detektorja. Oboje skupaj je upoštevano v ti. mejni magnitudi. Zvezdo z mejno magnitudo ravno še lahko vidimo. Povejmo, da je magnituda mera za navidezni sij zvezde. Pri magnitudah si zapomnimo, da večje število pomeni šibkejši objekt in manjše svetlejšega. Najsvetlejši objekti imajo negativno magnitudo (npr. Sonce -26.5 , zvezda Sirij -1.5). Ocenili so, da naj bi imela supernova leta 1054 ob maksimumu magnitudo okrog -5 . S prostim očesom povprečno vidimo zvezde do magnitude 6.5. Z izbranim teleskopom in detektorjem vidimo ustrezno šibkejše zvezde.

Vrednost teoretične mejne magnitode pokvarijo atmosferske motnje in razni viri umetnega osvetljevanja, zaradi česar ima tudi ozadje (nočno nebo) neko svetlost. Zato pri opazovanjih z zemeljskega površja nikakor ne moremo prekoračiti določene mejne magnitode.

Zdaj pa ocenimo še red velikosti magnitode nevtronske zvezde, ki bi sevala, kot običajno sevajo zvezde. Povedali smo že, da je polmer nevtronske zvezde kakih 10 kilometrov. S pomočjo satelitov, ki opazujejo v rentgenski svetlobi, so izmerili, da je površinska temperatura nevtronskih zvezd okrog milijona stopinj. Uporabimo Štefanov zakon, ki opisuje sevanje črnega telesa. Izsev, povezan s površinsko temperaturo, pretvorimo pri znani oddaljenosti zvezde v magnitudo in pridemo do vrednosti, precej preko magnitode 20. Tako šibke objekte s teleskopi z zemeljske površine zelo težko opazimo, še težje izmerimo njihov sij. Lahko pa jih opazi in 'dobro pogleda' Hubblov vesoljski teleskop, ki je dvignjen nad atmosfero.

In tako je vesoljski teleskop pred nekaj meseci zaznal nevtronsko zvezdo z magnitudo 25. Na podlagi tega podatka so astronomi prvič lahko neposredno izmerili velikost nevtronske zvezde. Njen polmer je 14 kilometrov. Razen tega, da je Hubblov vesoljski teleskop našel prvo nevtronsko zvezdo, ki ni pulzar in ni v dvojnem sistemu, je ta dosežek odprl tudi popolnoma nove možnosti za dopolnjevanje teorije nevtronskih zvezd.²

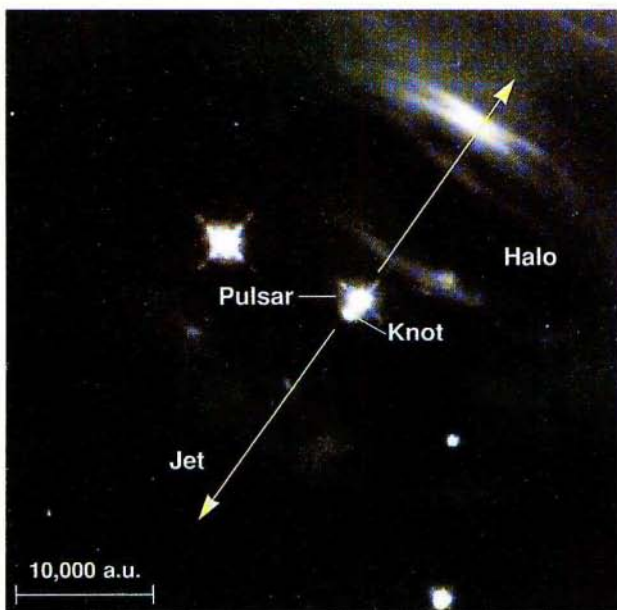
Zanke in uganke o meglici Rakovici in pulzarju v njej še zdaleč niso izčrpane in v naših dveh zgodbah smo se jih le dotaknili. Ne astrofizikom ne teleskopom dela na področju M1 še zlepa ne bo zmanjkalo.

Mirjam Galičič

² Podrobnejši tekst in sliko si lahko ogledate na internetu, naslov je <http://opposite.stsci.edu/pubinfo/pr/97/32.html>



Slika 1. M1, posneta z 2.2-metrskim teleskopom Univerze na Havajih, na observatoriju Mauna Kea na Havajih. Slika je sestavljena iz posnetkov v različnih barvah (podobno kot posnetek na naslovnici prejšnjega Preseka). Svetli filamenti so rožnate barve, zelenkasta svetloba je sinhrotronskega izvora in prikazuje področje razredčenega plina, v sredini slike je pulzar: od obeh zvezd spodnja, desno.



Slika 2. Pogled na pulzar od blizu. V smereh, ki sta na sliki označeni s puščicama, s pulzarja izhajata curka, ki odrivata okolišno snov. Svetel vozle (knot), ki je tudi označen na sliki, je verjetno nekakšen udarni val v enem od curkov. (Obe sliki sta iz ameriške revije Sky & Telescope, January 1995.)