

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 25 (1997/1998)

Številka 3

Strani 146-152

Mirjam Galičič:

O MEGLICI RAKOVICI

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

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/25/1335-Galicic.pdf>

© 1997 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.

3

25 (1997-1998)

**PRE
SEK**

ISSN 0351-6652
DRUŠTVO MATEMATIKOV, FIZIKOV IN ASTRONOMOV SLOVENIJE

O MEGLICICI RAKOVICI

Pred devetimi stoletji je na nebu eksplodirala zvezda. Triindvajset dni je bila vidna celo podnevi, ob sončni svetlobi, kar dve leti pa jo je bilo moč opaziti na nočnem nebu. Po katastrofalni zvezdini 'smrti' najdemo blizu lege nekdanje masivne zvezde dva razločljiva preostanka: meglico – razsežno vlaknasto (filamentno) lupino razredčene snovi, ki je nekoč sestavljala zunanje plasti zvezde, ter pulzar – nepredstavljivo gosto in za zvezdne pojme zelo majhno zvezdo, ki se izredno hitro vrti okrog svoje osi. Danes oba objekta poznamo pod skupnim imenom M1 (prvi objekt v Messierovem katalogu megličastih objektov), meglico pa lahko opazujemo že z manjšim teleskopom.

Silna eksplozija zvezde. Kako vemo, kaj se je zgodilo pred tisoč leti?

Bilo je neke poletne noči leta 1054, ko so dvorni kitajski astrologi, kot navadno, potrpežljivo opazovali nebo. Približno dve uri po polnoči so v ozvezdju Bika, med njegovimi rogovi, opazili novo zvezdo, svetlejšo od vseh drugih, svetlejšo celo od Jupitra in Venere. Astrologe sta preplavila vznemirjenje in zmeda. Le kaj bi nenadna pojavitev svetle zvezde utegnila pomeniti?

Čez dva meseca je Yang Wei-te, častitljivi astrolog, poročal svojemu vladarju o pojavu in pomenu gostujoče zvezde, ki naj bi bila obdana z rumeno svetlobo. Glede na medsebojno lego nove zvezde in Lune ob ščipu je ugotovil naslednje: V deželi obstaja oseba izjemne modrosti in kreposti. Predlagal je še, da se pomembna novica preda uradnikom, ki beležijo zgodovino. Zdi se, da je astrolog prebrisano izkoristil pojav zvezde v svoj prid, še posebej, ker je bila rumena barva uradna barva vladajoče dinastije. Ne glede na to pa nam ta zgodovinski zapis daje tudi pomembne astronomske podatke. Iz njih razberemo, da je bila zvezda triindvajset dni vidna podnevi, po svetlosti pa jo primerjajo z Venero. Po več kot letu dni je zvezda postopoma izginila. Ponoči se jo je s prostim očesom dalo videti kar 653 dni. Tudi lega zvezde v ozvezdju Bika je dobro opisana. Ohranjeni podatki so omogočili povezavo sodobno odkritega objekta z davnim pojavom izjemno svetle zvezde.

Dodati moramo še, da so pojav leta 1054 opazovali tudi japonski astrologi. Zanimivo pa je, da ni virov, ki bi poročali o kakršnemkoli opazovanju supernove leta 1054 na področju Evrope. Mračni srednji vek je brste znanosti in poskuse spoznavanja narave z opazovanjem očitno uspel temeljito zadušiti. Pač pa so na področju Amerike našli kar nekaj risb na

skalah, kjer je upodobljena svetla zvezda poleg Lune, in nekateri menijo, da gre za stara indijanska pričevanja o opazovanju supernove. Drugi pa spet dvomijo v avtentičnost in dejanski čas nastanka teh risb (slika 1).



Slika 1. Risba, ki so jo leta 1972 našli arheologi z univerze New Mexico v Chaco Canyonu na severozahodu New Mexica. Poleg Luninega krajca in zvezde ob njem vidimo še odtis dlani – morda umetnikov podpis. Kraj je bil svet za tam prebivajoče Indijance, kot svetišče pa so ga uporabljali od desetega do dvanajstega stoletja. V državi New Mexico so arheologi odkrili še nekaj podobnih slikarij. (Slika je vzeta iz knjige S. Milтона: The Crab Nebula.)

Bila je supernova

Za pojasnjevanje dogodka iz leta 1054 so bili začetni kandidati komet, nova in supernova. Komet so na podlagi zgodovinskih zapisov o opazovanjih hitro izločili. Pri novi gre za izbruh zvezde, kjer le-ta postane precej bolj svetla, kot je bila prej, vendar pa je povečanje svetlosti manjše kot pri supernovah. Do nov prihaja v dvojnih sistemih, kjer se snov pretaka od enega člana na drugega. Ko je pretok takšen, da ena od zvezd ne more več ostati stabilna, pride ob posebnih pogojih do izbruha. Nove se od supernov razlikujejo tudi po načinu, kako njihova svetlost pred izbruhom narašča in kako po izbruhu pada s časom. Raziskovalci so si danes tako enotni, da je leta 1054 v ozvezdju Bika eksplodirala supernova.

Do eksplozij supernove prihaja pri zvezdah, ki so precej bolj masivne kot naše Sonce. Za takšno zvezdo je značilno, da proti koncu svojega življenja proizvaja vedno manj energije. Zvezda se ob vse manjšem 'kurjenju' jedrskega goriva ohlaja, obenem pa se manjša tudi pritisk v njej. Sčasoma se plinski pritisk tako zmanjša, da ne more več nasprotovati lastni gravitacijski sili zvezde in zvezdina sredica se sesede pod lastno težo, pride do takoimenovane implozije. Zaradi slednje se v zunanjih zvezdinih plasteh sprožijo nuklearne eksplozije, ki povzročijo, da atmosferske plasti zvezde odpihne stran. Za kratek čas je celotna energija, ki se sprošča pri tem burnem dogajanju, enaka izsevu milijonov Sonc. Zvezda, ki je bila prej s prostim očesom komaj opazna ali celo nevidna, nenadoma zasveti svetleje od sicer najsvetlejših zvezd. Ker pa so supernove precej redke – v naši Galaksiji naj bi opazili v povprečju po eno na tristo let – le redki uspejo videti sam pojav supernove. Imamo pa včasih možnost opazovati ostanke po eksploziji supernove, ki so posebej karakteristični. Odpihnjene zunanje plasti zvezde vidimo kot meglico, preostala gosta sredica pa je – seveda, če jo opazimo – nevtronska zvezda. Ime je povezano z njeno pretežno sestavino, z nevtroni.

Med modernimi astronomi je bil Edwin Hubble tisti, ki je leta 1928 prvi povezal objekt M1 in dogodek iz leta 1054. Sicer pa je sodobni zahodni svet meglico Rakovico opazil po iznajdbi teleskopa v začetku sedemnajstega stoletja. Odkril jo je leta 1731 angleški amaterski astronom John Bevis, svoje odkritje pa sporočil Francozu Charlesu Messieru, ki je objekt leta 1784 uvrstil v svoj znani katalog razsežnih megličastih objektov, Messierov katalog. V njem so vsi objekti označeni s črko M in zaporedno številko vnosa v katalog. Ime meglica Rakovica pa je objekt dobil leta 1844, saj oblika meglice spominja na rakovico. S tedanjimi teleskopi so že razločili njeno vlaknasto zgradbo, opazili pa so tudi, da na področju Rakovice sicer je nekaj zvezd, vendar pa bistveno manj kot na področjih drugih razsežnih objektov, ki so jih tedaj imeli za posebno vrsto meglic, danes pa jim pravimo zvezdne kopice. Do nadaljnjih odkritij o Rakovici je prišlo v začetku devetnajstega stoletja z vpeljavo astronomske fotografije in spektroskopije. Med leti 1910 in 1920 je V. M. Slipher z observatorija Lovell (Arizona, ZDA) opazil, da so emisijske črte v spektru Rakovice razcepljene. Namesto da bi bila pri izbrani valovni dolžini ena črta, sta bili po dve, ena pri malo manjši, druga pri malo večji valovni dolžini. Leta 1921 sta astronoma C. O. Lampland z observatorija Lovell in J. C. Duncan z observatorija Mount Wilson opazila, da se meglica razširja. Hitrost razširjanja so izmerili in nato ocenili, da se je razširjanje začelo pred približno 900 leti, kar je samo še potrdilo povezavo med pojavom svetle zvezde leta 1054 in sedanjo meglico Rakovico. Na podlagi megličinega razširjanja so pojasnili tudi pojav razcepa emisijskih črt.

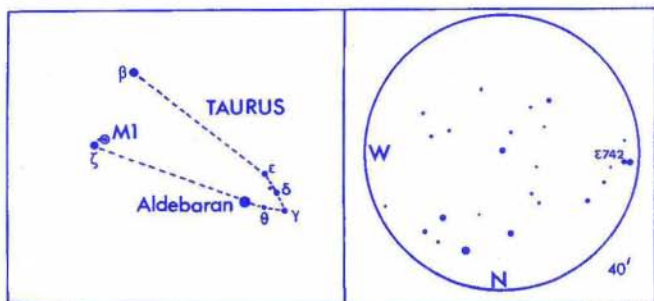
Kako najdemo Rakovico s teleskopom

Spomnimo se, da je Messier opazoval megličaste objekte v času, ko so bili teleskopi še precej enostavni in majhni. Tako je pravzaprav dandanes že skoraj vsak manjši amaterski teleskop primerljiv z opremo, kakršno je imel Messier. Meglica Rakovico bomo zato lahko opazovali s šolskim ali kakim drugim amaterskim teleskopom, v lepi noči jo vidimo celo z običajnim lovskim daljnogledom. Ne smemo pa seveda pričakovati, da nam bo pogled skozi okular majhnega teleskopa odkril podrobnosti, na primer filamente, kakršne vidimo na sliki na naslovnici, posneti z 0.36-metrskim teleskopom C-14 in kamero CCD na Črnem vrhu. (Slika je sestavljena iz treh posnetkov v rdečem, zelenem in modrem filtru, zato so barve na sliki prave. Ekspozicijski časi so 5 minut v modrem, 3 minute v zelenem in 2 minuti v rdečem filtru.)

Med opazovanjem z očesom in fotografijo namreč obstaja bistvena razlika. Fotografska plošča ali njen sodobnik, kamera CCD, s katero je bila posneta slika na naslovnici, imata prednost, da zbirata fotone dalj časa. Posnetek na naši sliki je tako nastajal nekaj minut; če bi ekspozicijo končali denimo po dvajsetih sekundah, bi bila slika precej slabša. Če pa gledamo z očesom v okular teleskopa 2 minuti ali dvajset sekund, v prvem primeru ne bomo videli kaj bistveno več ali drugače kot v drugem, saj naše oko ne zna 'shranjevati' fotonov. Zato ne smemo biti razočarani nad tistim, kar bomo videli. Za velik uspeh lahko štejemo že to, če bomo meglico uspeli relativno hitro ujeti v zorno polje svojega teleskopa!

Meglica Rakovica obsega po površini približno 1/4 Lunine ploskve ob ščipu. To nam služi za predstavo, kako velik objekt lahko pričakujemo. Najprimernejši čas za opazovanje je sredina decembra, še vedno primeren pa čas od pozne jeseni do zgodnje pomladi. Pomagali si bomo seveda z iskalnimi kartami. Najprej si na karti oglejmo, kje leži ozvezdje Bika. (Za to je primerna npr. vrtljiva karta ali pa karta, kakršno najdemo za vsak mesec v sredini astronomskih revij, na primer v slovenski reviji Spika ali v ameriškem Sky and Telescope.) Najprej bomo poiskali najsvetlejšo zvezdo Bika, α , ki nosi ime Aldebaran, nato bikove rogove: zvezdi β (svetlejša od obeh) in ζ . M1 leži na petini poti od β do ζ , natančneje: 1° (1 ločno stopinjo) severno in 1° zahodno od ζ . Iskalna karta, potrebna za opazovanje z manjšim teleskopom, je prikazana na sliki 2.

V vsakem primeru pa za opazovanje izberite jasno in čisto brez-mesečno noč. 'Čisto' pomeni brez meglic in s čim manj vlage v zraku, tako da se nam atmosfera zdi prav 'prozorna'. Najbolje je biti na deželi, vsekakor pa stran od luči javne razsvetljave. Poleg tega je za uspešno opazovanje potrebno vsaj pol ure prilagajati oči na temo.



Slika 2. Na levi je prikazana lega M1 ob zvezdi ζ v ozvezdju Bika. M1 leži 1° severno in 1° zahodno od ζ . Na desni je polje s premerom $40'$ (ločnih minut). M1 leži $\frac{1}{2}^\circ$ zahodno od označene zvezde $\epsilon 742$.

Ker pa dandanes tudi avtomatski teleskopi niso nobena redkost, po-
vejmo še koordinate. Ker je meglica razsežen objekt, bomo zapisali koor-
dinate pulzarja, ki leži približno v sredini meglice. Za obdobje 2000 sta
koordinati: rektascenzija $\alpha = 5^{\text{h}} 34,5^{\text{m}}$ in deklinacija $\delta = 22^\circ 0,9'$.

Mežikaj, mežikaj, zvezdica mala, prav rad bi vedel, kako si nastala!

Konec letošnjega leta mineva trideset let, odkar so odkrili pulzarje. Pul-
zarji so zvezde, ki pulzirajo – od tod njihovo ime. V enakomernih časovnih
presledkih namreč od njih zaznavamo pulze elektromagnetnega valovanja.
Pri večini pulzarjev gre za valovne dolžine s področja radijskih valov, to je
t.i. nizkoenergijsko elektromagnetno sevanje. Nekateri pulzarji pa sevajo
tudi pri višjih energijah, npr. v vidnem delu spektra ali celo v rentgenskih
žarkih in žarkih γ .

Pulzarje sta leta 1967 odkrila Angleža Bell in Hewish. Radijska an-
tena angleškega observatorija Jodrell Bank je zaznala periodičen signal,
ki je bil tako pravilen ('lep'), da so odkritje sprva ohranili v tajnosti, saj
je bila ena od idej tudi ta, da morda kaka izvenzemeljska civilizacija po-
skuša vzpostaviti stik z nami. Pa z idejo o malih zelenih možicah, ki bi
jih nekateri tako radi videli, spet ni bilo nič. Izkazalo se je, da gre le za
pulze elektromagnetnega valovanja, ki jih oddaja vrteča se zvezda. Ker
je oddajnik usmerjen (zvezda pulzira v smeri svojega magnetnega polja)
in se vrtil – predstavljajmo si vrteči se svetilnik na morju – vidimo pulz
(svetlobo s svetilnika) vsakokrat, ko se le-ta obrne proti nam.

Kmalu je postalo jasno, da morajo pulzarji soditi med nevtronske zvezde, ki jih je leta 1932 napovedal veliki ruski teoretični fizik L. Landau, leta 1935 pa sta W. Baade in F. Zwicky zapisala, da bi nevtronske zvezde lahko nastale po eksploziji masivnih zvezd, supernov. Ko so ugotovili, da je za pulziranje odgovorno hitro vrtenje zvezde, so namreč znali tudi oceniti, kako trdna mora biti snov pulzarja, da zdrži tako hitro vrtenje. Pokazalo se je, da so dovolj trdne le zvezde, ki jih je Landau poimenoval nevtronske zvezde. Vemo, da je običajna snov sestavljena iz atomov. Pretežni del mase atoma se nahaja v njegovem jedru. Prostor okrog jedra je v glavnem prazen, v njem najdemo le nekaj elektronov. Ogromne sile bi bile potrebne, če bi hoteli atom stisniti, zrušiti njegove elektronske lupine. Prav to pa se je dogajalo z atomi pri nastajanju nevtronske zvezde. Snov se je stiskala, da so se vdale elektronske lupine. Nato so se elektroni združili s protoni v nevtrone. Nevtronska zvezda je kot ogromno atomsko jedro, le da v njem v glavnem ni protonov, ampak samo nevtroni.

Pulzar v meglici Rakovici so odkrili leta 1968. Dolgo časa je bil s periodo vrtenja 33 milisekund (0.033 sekunde) najhitrejši znani predstavnik svoje vrste, danes pa poznamo že kar lepo število t.i. milisekundnih pulzarjev, torej takih, katerih rotacijska perioda je približno ena milisekunda.

Pa pogledjmo še nekaj številskih vrednosti za fizikalne količine, povezane z nevtronsko zvezdo. Najprej povejmo, da je tipična masa nevtronske zvezde 1.4 mase Sonca, to je $1.4 \times 2 \cdot 10^{30}$ kg. Tipičen polmer nevtronske zvezde je 12 kilometrov. Zgoraj smo zapisali, da se pulzar vrti zelo hitro. Kolikšna je obodna hitrost na površini pulzarja? Pulzar se vrti okrog svoje telesne osi. Predstavljajmo si ga kot kroglico, skozi katero prebomo slamico, nato pa kroglico zavrtimo okrog slamice. Ker poznamo periodo pulziranja T , poznamo tudi vrtilno frekvenco: $\nu = 1/T$. Kotna hitrost ω je enaka $\omega = 2\pi\nu = 2\pi/T$. Obodna hitrost v pri radiju r (oddaljenost od osi vrtenja) je enaka $v(r) = \omega r$. Na površini zvezde z radijem R je torej $v(R) = 2\pi R/T$. Če v zadnjo zvezo vstavimo omenjena R in T , dobimo vrednost 2300 km/s. Težko si predstavljamo Mount Everest, nasajen na primerno 'slamico', ki se vrti s tako hitrostjo!

Omenili smo tudi, da so nevtronske zvezde izredno goste. Pa izračunajmo gostoto njihove snovi. Predstavljamo si, da je zvezda krogla. (Zaradi hitrega vrtenja je v resnici sploščena krogla – elipsoid, vendar bomo tudi s kroglo dobili dovolj dobro oceno.) Gostoto snovi dobimo tako, da maso delimo s prostornino: $\rho = M/V = M/(4\pi R^3/3)$. Z zgornjimi podatki dobimo za nevtronsko zvezdo gostoto $3.9 \cdot 10^{17}$ kg/m³. Spomnimo se, da je gostota vode 1 g/cm³. Nevtronska zvezda je torej kar 10^{14} -krat (stotisoč milijard-krat) gostejša od vode!

Prihodnjič ...

To, kar smo povedali doslej, je le majhen delček tistega, kar danes že vemo o objektu M1. V eni od prihodnjih številčk Preseka bomo povedali še kaj o fizikalnih dogajanjih v meglici in o pulzarju. Če koga v zvezi z obravnavano temo kaj posebej zanima, lahko svoja vprašanja ali pripombe sporoči uredništvu Preseka.

Mirjam Galičič