

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 5 (1977/1978)

Številka 3

Strani 152-157

Andrej Čadež:

ZANIMIVOSTI IZ ASTROFIZIKE

Ključne besede: astronomija.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/5/5-3-Cadez.pdf>

© 1978 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2009 DMFA - založništvo

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

ZANIMIVOSTI IZ ASTROFIZIKE

Ko ste gledali zvezde, ste se gotovo kdaj vprašali, kakšne so od blizu in zakaj svetijo. Ljudje so tisočletja ugibali o naravi zvezd, vendar so ta vprašanja morala počakati na odgovor vse do preteklega stoletja. Do takrat so bile zvezde, vsaj za večino astronomov, objekti, ki niso imeli nič skupnega z naravo, kot so jo poznali na Zemlji in zato vprašanja o snovni zgradbi zvezd niso imela pravega smisla.

Prvi namig o sorodnosti snovi na Zemlji in v zvezdah je dalo Newtonovo odkritje gravitacijskega zakona. Ta zakon pravi, da je gravitacijska sila med dvema telesoma sorazmerna s produktom mas obeh teles, deljenim s kvadratom razdalje med njima. Vesoljskim telesom - tako Zemlji kot Soncu in planetom - je s tem zakonom pripisan skupen pojem mase, to je količine, ki meri "množino snovi" v telesih.

Zakon gravitacije pa o zgradbi snovi ni povedal nič več. Šele 1859 je nemški fizik Kirchhoff napravil zanimiv poskus. Pred izvir svetlobe (svečo) je postavil stekleno kiveto, v kateri so bile natrijeve pare, nato pa je s prizmo razklonil svetlobo, ki je prihajala skozi kiveto. V rumenem delu spektra te svetlobe je opazil temno črto. Če je natrijevo paro segreval, je bila temna črta vse šibkejša, ko pa je temperatura pare presegala temperaturo plamena, se je na mestu, kjer je bila prej temna črta, pojavila svetla črta. To ga je prepričalo, da je natrijeva para odgovorna za nastanek temne (absorpcijske) ali svetle (emisijske) spektralne črte v spektru.

Še pred Kirchhoffom so znanstveniki s prizmo razklonili svetlobo s Sonca in dognali, da se v spektru pojavljajo temne črte. Kirchhoff je ugotovil, da je ena od izrazitih temnih črt v spektru sončne svetlobe na istem mestu kot črta, ki jo je opazil pri svojem poskusu z natrijevimi parami. Odtod je sklepal, da nastane temna črta v sončnem spektru zato, ker prihaja svetloba iz vroče notranjosti Sonca skozi hladnejše zunanje plasti,

ki vsebujejo tudi natrijevo paro. Potem so se podobna odkritja kar vrstila. Na Soncu so "našli" vse elemente, ki jih najdemo tudi na Zemlji. Razlika je le v tem, da so elementi na Soncu v plinastem stanju in so tako vroči, da se posamezni atomi ne morejo družiti v molekule kemičnih spojin kot na Zemlji.

Ta spoznanja so dvignila tančico skrivnosti z zvezdne snovi in znanstvenikom se je ponujal sklep, da veljajo tudi za zvezdno snov naravni zakoni, ki so jih odkrili na Zemlji. Iz astronomije in fizike je zrasla nova veja znanosti - astrofizika, ki je poskušala z uporabo fizikalnih zakonitosti pojasniti lastnosti zvezd. Začetni uspehi so bili ohrabrujoči, vendar pa ni manjkalo tudi perečih problemov, za katere se je zdelo, da jih nikakor ni mogoče rešiti.

Predaleč bi nas zaneslo, če bi hoteli slediti zgodovini astrofizike, zato si oglejmo le nekatere zanimivosti.

Med vprašanja astrofizike, ki so bila dolgo nerešena, je spadalo vprašanje o izvoru energije v zvezdah. Izmerili so, da prihaja s Sonca na vrh Zemeljskega ozračja svetlobni tok okrog 1300 W/m^2 *. Iz podatka, da je Zemlja 150 milijonov kilometrov oddaljena od Sonca, lahko izračunamo, da seva Sonce v prostor okrog $3,7 \cdot 10^{26} \text{ W}$ (to je *izsev* Sonca). Izračunajmo še, kolikšno moč proizvaja v povprečju vsak kilogram snovi v Soncu. Ker je masa Sonca približno $2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ ** , sledi, da proizvaja vsak kilogram snovi v povprečju le okrog $1,9 \cdot 10^{-4} \text{ W}$. To pa je zelo majhna moč, saj troši npr. žarnica žepne baterije okrog 1 W. Potrebovali bi torej okrog 5 ton sončne snovi, da bi poganjali navadno baterijsko žarnico!

Sonce proizvaja na enoto mase zelo malo energije in je prav

* Črna plošča s površino 1 m^2 , ki je postavljena tako, da pada nanjo sončna svetloba pravokotno, sprejme vsako sekundo okrog 1000 W s energije, preostalih 300 W s pa večinoma odbije atmosfera. Prav to dejstvo izkoriščajo razne sončne peči.

** Maso Sonca lahko izračunamo iz Newtonovega gravitacijskega zakona, če poznamo oddaljenost Zemlje od Sonca, periodo kroženja Zemlje okrog Sonca ter gravitacijsko konstanto. Periodo kroženja (1 leto) so poznali z veliko natančnostjo že stari Egipčani. Gravitacijsko konstanto je prvi izmeril Cavendish 1798, oddaljenost pa je tudi že znana.

šibko v primeri z žepno baterijo. Primerjava pa se hitro obrne v korist Sonca, če razmislimo, koliko časa sveti Sonce in kako dolgo sveti žepna baterija. Vzemimo, da tehta vložek žepne baterije le 10 g, sveti pa recimo 5 ur. Hitro lahko izračunamo, da bi s petimi tonami vložkov za žepno baterijo lahko svetili približno 285 let, Sonce pa sveti očitno mnogo, mnogo dlje.

Ena prvih ugank astrofizike je bila, kako uspe Sonce tako dolgo proizvajati tolikšne energije. Nobeden od mehanizmov, ki so jih poznali v preteklem stoletju na Zemlji (baterije in akumulatorji, mnogo uspešnejše gorenje premoga, nafte itd.), ne bi vzdržal primerjave s Soncem. Angleški astrofizik preteklega stoletja Sir A.S. Eddington je menil, da sveti Sonce na račun svoje gravitacijske energije. Mislil je, da se zelo počasi krči; gravitacijska sila, ki deluje na posamezne plasti Sonca, naj bi zato oddajala delo. S tem privzetkom je lahko ocenil današnjo starost Sonca (račun lahko ponovi tudi bralec, če privzamemo, da je Sonce od začetka svetilo z današnjim izsevom in da je masa homogeno porazdeljena po notranjosti) na 30 milijonov let. To se je zdela že kar častitljiva doba in Eddington je mislil, da je dobro zadel starost Sonca. Geologi pa nikakor niso bili tega mnenja. Trdili so, da so nekatere kamnine na Zemlji stare več milijard let in je nesmiselno govoriti, da bi bilo Sonce toliko mlajše od Zemlje.

Včasih tudi zelo vroča razprava o tem vprašanju je dobila svoj epilog šele malo pred drugo svetovno vojno z odkritjem jedrske energije. Izračunali so, da bi lahko Sonce, v katerem se zliva vodik v helij, gorelo (mislimo seveda gorenje v smislu jedrskih reakcij) okrog sto milijard let, preden bi se ves vodik spremenil v helij.

Res velike korake pa je astrofizika začela delati v petdesetih letih tega stoletja. Znanstveniki so imeli že toliko eksperimentalnih podatkov, da so mogli napraviti računske modele zvezd. Že prvi modeli so dali zelo lepe rezultate. Če so vzeli, da so zvezde sestavljene v glavnem (75% ali več) iz vodika, ki v njihovih sredicah pri kakih petnajst milijonih sto-

pinj gori v helij (podatke za odvisnost hitrosti gorenja od temperature in gostote so dobili od jedrskih fizikov), so mogli napovedati radije zvezd, njihovo temperaturo ter izsev v odvisnosti od mase. Tako izračunani podatki so se lepo ujemali z izmerjenimi.

Pokazalo se je, da lahko potekajo jedrske reakcije le v središčah zvezd, kjer temperatura preseže deset milijonov stopinj. Sredice zajemajo le okrog desetino vse mase zvezde in zato lahko Sonce uporablja vodik kot gorivo kakih devet milijard let. Po ocenah geologov, ki so študirali kamnine na Zemlji in na Luni ter po raznih ocenah značilnosti na površini Marsa in Merkurja sklepajo, da je današnja starost sončnega sistema in s tem tudi Sonca okrog 4,5 milijarde let. Po teh računih ima Sonce v svoji sredici še za štiri do pet milijard let goriva.

Z računskimi modeli zvezd, ki jih obdelujejo z elektronskimi računalniki, so uspeli zasledovati tudi življenje zvezd. Ugotovili so, da nastajajo zvezde iz zelo velikih (nekaj svetlobnih let v premeru) a zelo redkih (nekaj atomov v cm^3) oblakov medzvezdnega plina, ki so v naši Galaksiji in tudi v drugih galaksijah. Oblaki se zaradi lastne gravitacije najprej zelo počasi nato pa hitreje krčijo in segrevajo. Ko se dovolj segrejejo, so še vedno zelo veliki in novo nastale *protozvezde* zasvetijo kot nekaj tisoč Sonc.

Meglica v ozvezdju Oriona je velik oblak plina, prav takšen, kakršnega so astrofiziki iskali kot rojstni kraj zvezd. V oblaku je že nekaj "pravkar" rojenih zvezd ("pravkar" seveda pomeni, da zvezde niso starejše od nekaj deset milijonov let). Razen tega pa je tam še veliko plina, ki bo lahko služil kot surovina za nastanek še novih protozvezd. Seveda so ta rojstni kraj zvezd astronomi že dalj časa opazovali in 1954 se je v oblaku pojavila zvezda, ki je prej še ni bilo. Opazovanja so v veliko zadoščenje astrofizikov potrdila njihova pričakovanja.

Tudi staranje zvezd so uspeli obravnavati z računskimi modeli in tudi na tem področju je uporaba fizikalnih metod in zakonov prispevala k razjasnitvi marsikaterega pojma. Uspeli so pojas-



Sl. 1: Meglica v Orionu (M42). Za pogled je to najlepša meglica ob zimskih večerih. Vidna je v meču ozvezdja Orion že z manjšim daljnogledom.



Sl. 2: Meglica M16 je - podobno kot meglica v Orionu - rojstni kraj protozvezd. Opazujemo jo lahko v jesenskih večerih v ozvezdju Kače blizu meje z ozvezdjem Ščita; najbližja svetla zvezda je gama v Ščitu.

niči nastanek belih pritlikavk - zvezd, ki so komaj tolikšne kot Zemlja, a njihova masa je skoraj tolikšna kot Sončeva. Trideset let pred odkritjem so napovedali obstoj nevtronskih zvezd (glej Presek 0(1972)8). Te so še dosti bolj nenavadne kot bele pritlikavke, saj je masa, ki ustreza masi Sonca, zbita v kroglo z radijem 10 km. Danes pa burijo duhove črne luknje, ki so še desetkrat manjše od nevtronskih zvezd.

Tukaj nimamo prostora, da bi se podrobneje ukvarjali s temi zanimivimi primeri. Vidimo pa lahko, da je astrofizika v zadnjih petdesetih letih napravila velikanske korake, ki so bistveno spremenili našo sliko o vesolju. Človek bi skoraj dobil vtis, da je večina problemov že rešenih.

Seveda ni tako. Celo Sonce, za katerega smo že nekaj let verjeli, da ne skriva novih presenečenj, je v zadnjem času odprlo nova vprašanja. V Preseku boste brali, da so poskušali izmeriti tok nevtrinov s Sonca. Poskus kaže, da je tok nekajkrat manjši od napovedanega. Zakaj je tako, nam še danes ni jasno. Večina astrofizikov je naprej verjela, da je poskus merjenja toka nevtrinov zaradi izredne zahtevnosti nenatančen in mu zato niso pripisovali posebnega pomena. Po dolgih letih ponavljanja tega poskusa pa mu vse bolj zaupamo.

Razen tega je bila lani narejena še ena meritev v zvezi s Soncem. Izmerili so, da površina Sonca radialno niha z amplitudo okrog 10 km in s periodo ene ure. Amplituda nihanja je za Sonce, katerega premer je 700 000 km, zelo majhna in zato samo nihanje astrofizikov prav nič ne preseneča - celo čudili bi se, če bi bilo Sonce popolnoma mirno. Preseneča pa perioda nihanja. Današnji modeli Sonca namreč napovedujejo zanjo slabe tri ure in ne eno uro kot kaže meritev. Tudi ta meritev je, podobno kot tista z nevtrini, zelo zahtevna, pa tudi rezultate bi se morda dalo tolmačiti na več načinov.

Danes se že ponujajo nekatere možnosti za rešitev omenjenih problemov. Če bi bila temperatura v središču Sonca le malo nižja - kakih dvanajst milijonov stopinj namesto petnajst, bi bil rešen tako problem nevtrinov, kot problem periode nihanja. Na bolj zanesljiv odgovor pa bomo morali čakati še nekaj let, da bo mogoče natančno preveriti vse rezultate meritev in računov.

Take in podobne težave navadno vzpodbudijo razvoj znanosti. Že večkrat se je zgodilo, da je njihova rešitev pomenila odkritje, ki je bilo pomembno za razumevanje lastnosti snovi tako v zvezdah kot na Zemlji.

Andrej Čadež
