

Iz česa je vesolje?

Andreja Gomboc

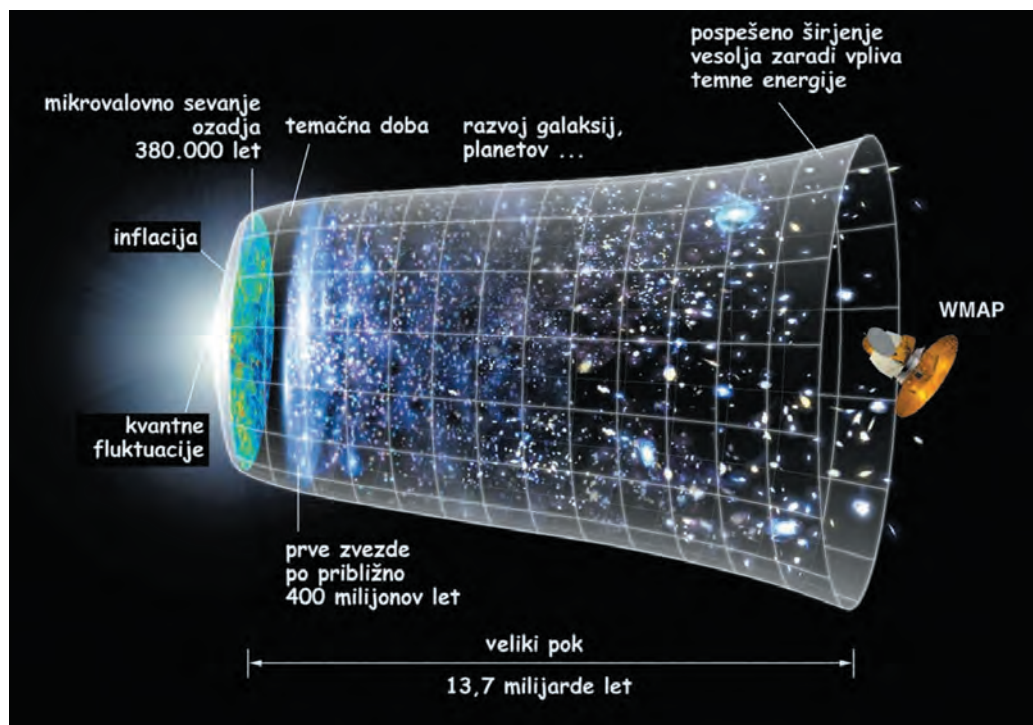
Po današnjem razumevanju je vesolje sestavljeno iz približno 74 odstotkov temne energije¹, 22 odstotkov temne snovi in 4 odstotkov barionske ali običajne snovi, iz katere so zvezde, planeti, živa bitja, medzvezdni plin in prah ter drugo. Medtem ko sestavo zadnje že dokaj dobro razumemo, sta prvi dve še vedno uganki.

Barionska snov

Če na podlagi opazovanj določamo kemijsko sestavo zvezd, planetov, medzvezdnega plina in prahu, ugotovimo, da v tej običajni snovi v vesolju močno prevladujeta vodik in helij: vodik predstavlja 73 odstotkov mase običajne snovi, helij 25 odstotkov, težji

elementi pa le 2 odstotka. S poznavanjem osnovnih lastnosti zvezd (njihovih mas, izsevov) in učinkovitosti jedrskih reakcij zlivanja vodikovih jeder v helijeva lahko ocenimo, da so zvezde od nastanka vesolja do danes pretvorile le približno 2 odstotka vodika v helij. To pomeni, da je morala večina današnjega helija nastati že ob nastanku vesolja. V zadnjih letih zbrani podatki kažejo, da je vesolje nastalo pred 13,7 milijarde let v siloviti eksploziji, ki ji rečemo veliki pok ali prapok. V začetku je bilo sestavljeno iz vodika in helija. Vsi ostali kemijski elementi v vesolju so nastali kasneje v zvezdah.

Pa pogledjmo zgodbo o nastanku elementov nekoliko podrobneje.



¹ Od slavne Einsteinove enačbe $E = mc^2$ naprej vemo, da sta energija in masa ekvivalentni.

Časovnica velikega poka.
Vir: NASA.

Vodik in helij - veliki pok in prvinska nukleosinteza

Model velikega poka ali prapoka ima začetke v dvajsetih letih prejšnjega stoletja, podpirajo pa ga opazovanja, kot so širjenje vesolja, mikrovalovno sevanje ozadja ali prasevanje, porazdelitev in razvoj galaksij in drugo. Ta model tudi uspešno napove razmerja v začetku nastalih kemijskih elementov oziroma proces prvinske nukleosinteze. Po njegovih napovedih naj bi v začetku vesolja nastalo 75 odstotkov vodika, 25 odstotkov izotopa helija (^4He), le za vzorec devterija (^2H) (približno 0,01 odstotka) in izotopa helija (^3He) (0,001 odstotka) ter še manj (10^{-8} odstotka) izotopa litija (^7Li) in izotopa berilija (^7Be).

Na začetku je bilo vesolje izjemno gosto in vroče. Če štejemo čas od samega velikega poka, lahko rečemo, da je od časa 0 do približno 10^{-43} sekunde trajalo Planckovo obdobje, ko so bile vse sile (elektromagnetna, gravitacijska, močna in šibka) poenotene. Na koncu tega obdobja se je gravitacija odcepila kot posebna sila. Ob času 10^{-38} sekunde se je odcepila še močna sila. Pri tem se je sprostito veliko energije in sledilo je obdobje inflacije, ko se je vesolje v zelo kratkem času povečalo za faktor 10^{35} . Tej je sledilo elektrošibko obdobje, ki je trajalo do 10^{-10} sekunde. Na koncu tega obdobja sta se razločili elektromagnetna in šibka interakcija. Na tej točki si lahko vesolje poenostavljeno predstavljamo kot juho, v kateri so bili fotoni, gluoni, kvarki in antikvarki².

Od 10^{-10} sekunde do 1 sekunde po velikem poku je trajalo *obdobje delcev*. Kvarki in antikvarki so se anihilirali. Zaradi posebne kršitve simetrije med njimi je ostal majhen presežek kvarkov - iz teh je nato nastala vsa snov v vesolju. Znotraj tega obdobja delcev ločimo obdobje hadronov (to je težjih del-

cev, sestavljenih iz kvarkov) - v njej je nastajalo veliko vrst delcev -, ki pa so večino ma razpadli. Ostali so le nevtroni in protoni. Hadronskemu obdobju je sledilo obdobje leptonov - lažjih delcev, kot so na primer elektroni. Večina leptonov in antileptonov se je anihilirala, zaradi kršitve simetrije pa je ostal presežek leptonov.

Od 1 sekunde do 100 sekund je sledilo *obdobje prostih protonov, nevtronov, elektronov in fotonov*. A ker prosti nevtroni niso obstojni, so razpadali v protone in elektrone (razpolovni čas prostih nevtronov je 614 sekund), število nevtronov se je manjšalo. Vesolje se je nenehno širilo in ohlajalo. Ko je njegova temperatura padla na približno milijardo stopinj, so se nevtroni in protoni lahko pričeli povezovati v atomska jedra devterija (^2H), ta pa naprej v helijeve jedra. Razpadanje nevtronov se je z vezavo ustavilo, številsko razmerje protonov proti nevtronom pa je takrat bilo 7 : 1. Ker sestavlja vodikovo jedro le en proton, helijevo (^4He) pa dva protona in dva nevtrona, je bilo razmerje nastalih helijevih (^4He) jeder proti vodikovim 1 : 12. Če upoštevamo, da je masa helijevega jedra štirikrat višja od mase vodikovega, dobimo, da je bil masni delež helija v začetnem vesolju 25 odstotkov³. Model velikega poka tako pravilno napove količino nastalega helija. Njegove napovedi za ostale elemente, devterij (^2H), helij (^3He), litij (^7Li), berilij (^7Be), so dobre: ujemanje napovedi z meritvami je najboljše za devterij in helij (^3He), a nekoliko slabše za ostala dva. Reakcije sinteze atomskih jeder so se končale približno 20 minut po velikem poku, ko je vesolje postalo prehladno za njih. Da v procesu prvinske nukleosinteze niso nastale pomembnejše količine višjih elementov (da niso stekle reakcije zlivanja vodikovih in helijevih jeder), je posledica ozkega grla, ki nastane zato, ker atomska jedra z masnim številom 5 in 8 niso obstojna. Da bi stekla

² Fotoni so delci svetlobe in posredujejo elektromagnetno silo. Gluoni so osnovni delci, ki posredujejo močno silo.

Kvarki so osnovni gradniki narave. Po trije kvarki sestavljajo na primer protone in nevtrone.

³ Maso elektronov lahko v teh ocenah zanemarimo, saj so približno 1840-krat lažji od protonov in nevtronov.

reakcija, v kateri bi nastalo jedro višjega elementa, bi morala skoraj istočasno trčiti tri jedra⁴. Ker se je vesolje še naprej širilo, je verjetnost za tak trk hitro padala.

To *obdobje* povezovanja nevtronov in protonov v atomska jedra ali *prvinske nukleosinteze* je trajalo od približno 3 minute do 20 minut po velikem poku. Sledilo mu je obdobje sevanja, ko so večino energije nosili fotoni, in je trajala do približno 10.000 let. Takrat se je pričelo obdobje snovi. Približno 380.000 let po nastanku vesolja je temperatura padla na približno 3.000 stopinj kelvina. Elektroni so se vezali skupaj z atomskimi jedri vodika in helija v atome. Ker v vesolju ni bilo več prostih elektronov, ki zelo učinkovito sipajo svetlobo, je vesolje postalo prozorno. Rečemo tudi, da sta se snov in sevanje razločili⁵. Sledilo je temačno obdobje, ko v vesolju še ni bilo zvezd, ki bi svetile. Te so se pojavile približno 400 milijonov let po velikem poku, ko so rastle že tudi galaksije.

Od vodika do železa - nukleosinteza v zvezdah

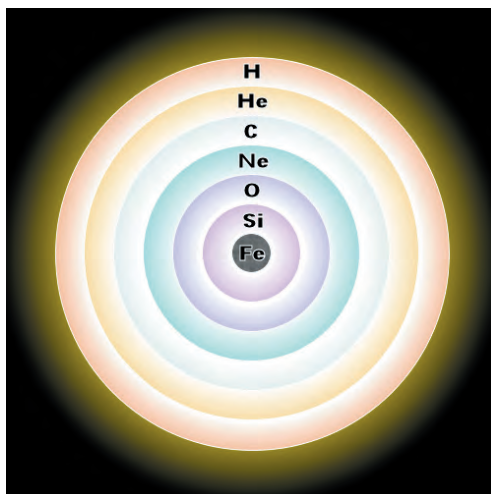
Zvezde nastanejo iz oblaka medzvezdnega plina, ki se zaradi neke motnje prične krčiti pod vplivom lastne gravitacijske sile. Oblak se običajno fragmentira v tisoče manjših kosov, ki se še naprej krčijo in iz katerih nastanejo posamezne zvezde. Pravimo, da prava zvezda nastane takrat, ko se posamezni del oblaka skrči do te mere, da sta v središču dovolj visoka gostota in temperatura (vsaj približno 10 milijonov stopinj), da lahko stečejo jedrske reakcije zlivanja vo-

dikovih jeder v jedra helija. Ko te reakcije tečejo, je zvezda v zelo obstojni fazi življenja. Ta traja različno dolgo: za naše Sonce približno 10 milijard let, za bolj masivne zvezde pa bistveno manj. Ko pa zvezda porabi zaloge vodika v središču, se poda na razvojno pot, ki je precej zapletena, odvisna pa je v glavnem od mase zvezde. Nekatere zvezde nimajo dovolj mase, da bi lahko dvignile temperaturo v središču do te mere, da bi stekla naslednja stopnja jedrskega gorenja: zlivanje helija v ogljik. Druge zvezde z majhno maso lahko sprožijo te reakcije, a ne tudi višjih ciklov. Ko ugasne jedrsko gorivo, zvezde z majhno maso končajo življenjsko pot kot bele pritlikavke.

Zelo masivne zvezde pa lahko gredo skozi vse stopnje jedrskega gorenja: gorenju helija sledi v sredici gorenje ogljika, nato gorenje neona, nato kisika in končno silicija - reakcije so vedno bolj zapletene, nastaja cela vrsta elementov, vsaka naslednja faza pa traja manj časa: na primer v zvezdi z maso 25 mas Sonca traja zadnja stopnja gorenja silicija le en dan, medtem ko je prva stopnja gorenja vodika potekala približno 7 milijonov let. Skozi te stopnje gorenja se viša temperatura tudi v plasteh okrog sre-

Skica strukture masivne zvezde proti koncu življenjske poti.

Vir: Wikipedia, avtor: R. J. Hall.



⁴ V zvezdah prihaja do tako imenovanega trojnega alfa procesa, ko trčijo tri helijeve jedra, da nastane eno ogljikovo jedro. A ta proces je počasen: v zvezdi traja desetisoče let, preden spremeni znaten delež helija v ogljik. Prispevek tega procesa k prvinski nukleosintezi je zanemarljiv.

⁵ Iz tega obdobja izvira mikrovalovno sevanje ozadja ali prasevanje, ki prihaja iz vseh smeri neba in ga zaznajo z radijskimi antenami ali sateliti, na primer WMAP.

dice, kjer lahko prav tako stečejo jedrske reakcije - v plasti okrog sredice, v kateri na primer poteka gorenje kisika, je lahko dovolj visoka temperatura za gorenje neona. V plasti okrog neona lahko gori ogljik, še višje helij in še višje vodik. Zvezda tako dobiva strukturo čebule: v sredici je železo, okrog nje plast silicija, okrog te plast kisika, sledijo pa plasti neona, ogljika, helija in vodika. Jedrsko gorenje se kot vir energije ustavi, ko zmanjka silicija. Zlivanje atomskih jeder v še višja jedra ne prinaša energije, ampak jo porablja. Ko porabi silicij, tako zvezda ostane brez vira energije. A lastna gravitacijska sila jo nenehno stiska. V nekaj sekundah po tem, ko je izčrpala gorivo, se sredica take masivne zvezde skrči v nevtronsko zvezdo ali črno luknjo, kar privede do silovite eksplozije. Zvezda za kratek čas zasije tako močno kot vse druge zvezde v galaksiji skupaj - čeprav je prej v množici zvezd nismo opazili, jo sedaj vidimo kot svetlo »novo« zvezdo - supernovo. Ob tej eksploziji zvezda izvrže ovojnico in z njo težje elemente, ki so nastali v zvezdi. Kateri element med njimi je najtežji? Gorenje silicija proizvaja izotop niklja (^{56}Ni), ki pa ni obstojen in razpade z razpadnim časom 6 dni v kobaltov izotop (^{56}Co), ta pa naprej z razpadnim

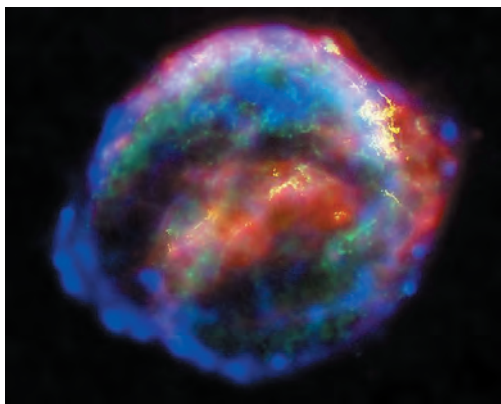
časom 77 dni v železo (^{56}Fe). Supernova zaradi teh radioaktivnih razpadov žari kak mesec ali dva, nato pa ugasne. Od elementov, proizvedenih v sredici zvezde, ostanejo elementi, ki imajo masno število nižje ali enako železovemu. Zato pravimo, da v sredicah zvezd nastajajo elementi do železa.

Od železa naprej - nukleosinteza ob eksplozijah supernov

Kaj pa elementi, ki jih v periodnem sistemu najdemo višje od železa? Ogromna energija, sproščena v eksploziji supernove, povzroči, da stečejo tudi mnoge »višje« reakcije, ki ne dajejo, ampak porabljajo energijo. Tako si po današnjem razumevanju predstavljamo, da večina težjih elementov od železa (do masnega števila 254) nastane v eksplozijah supernov. Večinoma gre za reakcije, ko atomsko jedro zajame nevtron - tok nevtronov z eksplozije supernove je zelo velik in take reakcije so pogoste. Lahko pa pride tudi do zajetja protona ali pa, da kak foton razbije neko jedro na dve manjši. Del elementov, težjih od železa, lahko nastane tudi v posebnih s-procesih v notranjosti manj masivnih zvezd, ki se zelo počasi razvijajo, na primer posebne vrste orjakinj. Ti procesi naj bi bili zlasti zajetja nevtronov in bi lahko proizvedli elemente do masnega števila 209.

Ostanki Keplerjeve supernove, ki je eksplodirala leta 1604.

Vir: NASA: Hubble Space Telescope, Spitzer Space Telescope in Chandra X-ray Observatory.



Osončje in mi

In iz česa smo mi? Naše Sonce ni iz prve generacije zvezd v vesolju. Preden je nastalo, so obstajale masivne zvezde, ki so končale svojo življenjsko pot kot supernove, proizvedle in izvrgle so težje elemente in z njimi obogatile medzvezdni plin. Iz nekega takega obogatene oblaka plina je nastalo naše Osončje - Sonce in planeti. V začetnem oblaku je bila velika večina snovi vodik in helij. Daleč od Sonca, na razdalji Jupitra, Saturna, Urana in Neptuna, je bila temperatura dovolj nizka, da sta se ta lahka elementa obdržala na teh planetih. Ker je bilo vodika in helija veliko, so nastali veliki

planeti z nizko gostoto. Na planetih bližje Soncu - Merkurju, Veneri, Zemlji in Marsu - pa so bile temperature tako visoke, da je večina lahkih vodikovih in helijevih atomov imela dovolj kinetične energije, da je pobegnili iz tega dela Osončja. Ostali so le težji elementi, ki so predstavljali večino gradbenega materiala notranjih planetov - ti so zato bolj gosti. Ker je bilo težjih elementov v začetnem oblaku plina malo, so notranji planeti bistveno manjši od zunanjih bratov. In potem se je nekoč, nekako, nekje na Zemlji pojavilo življenje, za katerega sta ključna elementa ogljik in kisik. Kot zanimivost: v naših telesih je kar 63 odstotkov atomov vodikovih, vendar so ti lahki in prispevajo k naši masi le približno 10 odstotkov. Natančneje, k naši masi prispevajo približno 50 odstotkov ogljik, približno 20 odstotkov kisik, približno 8,5 odstotka dušik, približno 10 odstotkov težji elementi in 11,5 odstotka vodik. V grobem lahko torej rečemo, da je 90 odstotkov snovi, iz katere smo, nastalo v zvezdah. Smo zvezdni pepel.

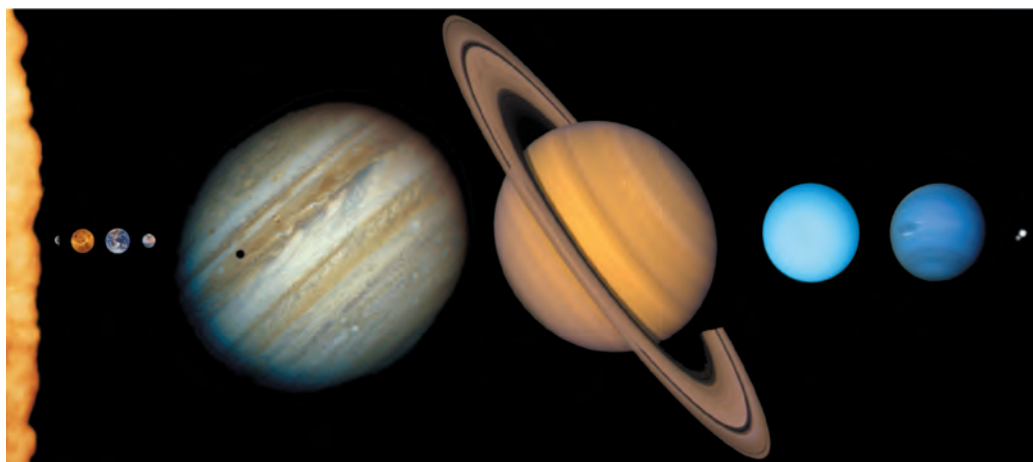
Temna snov

Večina snovi v vesolju (približno 80 odstotkov) pa ni v obliki običajne, barionske snovi oziroma iz atomov, ampak v neki obliki, ki ne oddaja nobenega elektromagnetnega valovanja in ji zato rečemo temna snov. Prav tako elektromagnetnega valovanja ne sipa ali absorbira in je popolnoma prozorna. Svojo prisotnost izdaja le z gravitacijsko silo, ki jo povzroča.

Najdemo jo na primer v spiralnih galaksijah: zvezde v spiralnih galaksijah se gibljejo okrog središča galaksije podobno kot planeti okoli Sonca. Iz tirnih oziroma (če poenostavimo, da so tiri krožnice) krožilnih hitrosti lahko sklepamo, kolikšna masa je potrebna, da neki planet ali zvezdo kljub njeni hitrosti s svojo gravitacijsko silo »drži«, da ji ne pobegne. Če izmerimo krožilne hitrosti zvezd, ki so v zunanjih delih spiralnih galaksij, ugotovimo, da bi te zvezde že zdavnaj pobegnile svojim galaksijam, če bi jih nanje vezala le gravitacijska sila vidne snovi v njih (zvezd, plina, prahu). Sklepamo lahko, da mora obstajati še neka temna snov, ki jih s svojo gravitacijsko silo veže na galaksijo.

Podoben primer je gibanje jat galaksij. Galaksije se združujejo v jate in se med seboj

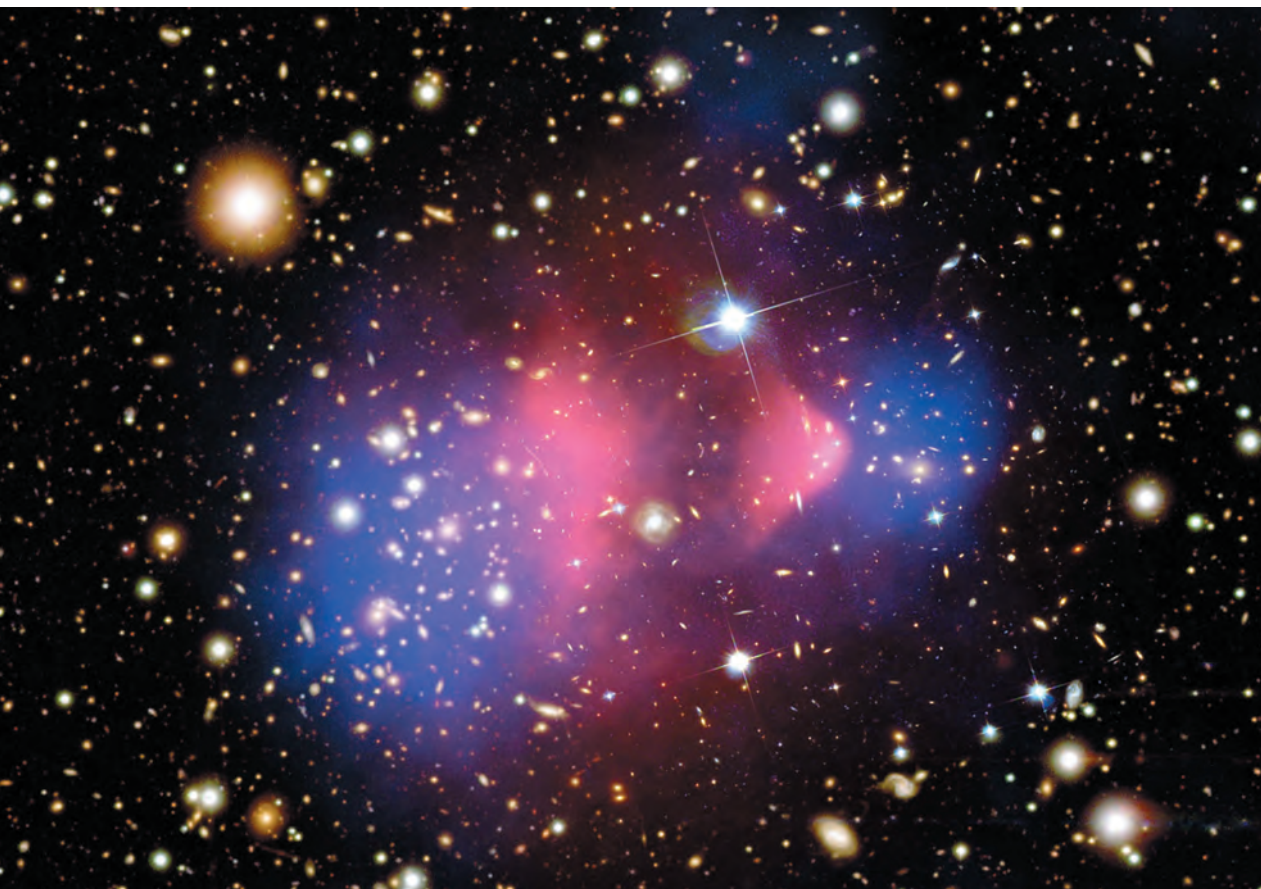
Relativna velikost teles v Osončju. Od leve proti desni: del Sonca, Merkur, Venera, Zemlja, Mars, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun in Pluton skupaj z luno Haron. Razdalje med njimi na sliki niso v ustreznem razmerju. Vir: NASA.



privlačijo z gravitacijsko silo. Podobno kot pri spiralnih galaksijah se tudi v tem primeru pokaže, da so izmerjene hitrosti galaksij v neki jati prevelike, da bi lahko ostale vezane v jato, če bi gravitacijsko silo prispevala le masa vidne snovi. Ker se očitno ne razletijo, sklepamo, da jate galaksij drži skupaj predvsem gravitacijska sila temne snovi. Potrditev obstoja temne snovi v jatah galaksij in njeno porazdelitev lahko določijo preko gravitacijskega lečenja: svetloba iz oddaljenih galaksij potuje skozi gravitacijsko polje tako vidne kot temne snovi v neki jati galaksij. Pri tem se ji pot ukrivi – kako močno,

je odvisno od količine snovi: če »odštejemo« vpliv vidne snovi, lahko določimo količino in porazdelitev temne snovi. Krasen primer je jata galaksij Izstrelek, v kateri gre pravzaprav za trk dveh jat galaksij.

Da bi pojasnili dinamiko galaksij brez temne snovi, so predlagali različne spremembe Newtonovega gravitacijskega zakona, vendar te niso uspele pojasniti opazovanj, zato je večina astrofizikov danes mnenja, da temna snov obstaja. Kaj sestavlja temno snov, še ni znano. Predlaganih je bilo več možnosti, prevladujejo pa tri hipoteze:



Jata galaksij Izstrelek je od nas oddaljena približno 3,4 milijarde svetlobnih let. V njej gre pravzaprav za trk dveh velikih jat galaksij. Opazovanja z vesoljskim teleskopom Hubble in optičnimi teleskopi na Zemlji so razkrila, da se je temna snov (modro) ločila od običajne snovi, vidne v obliki vročega plina (rožnato), ki jo je zaznal rentgenski vesoljski observatorij Chandra. To je neposredni dokaz o obstoju temne snovi. Vir: NASA/CXC/CfA/STScI/ESO.

Vroča temna snov naj bi bila sestavljena iz ogromnega števila subatomske delcev, ki se gibljejo s hitrostmi blizu svetlobne hitrosti (s hitrostmi nad 95 odstotkov svetlobne hitrosti). Tak primer delcev so nevtrini, ki čutijo le šibko silo in ki so edini kandidati za temno snov, katerih obstoj so doslej že potrdili s poskusi. Vendar je videti, da nevtrini in drugi »vroči« delci zaradi visokih hitrosti težko ostanejo vezani na galaksije. Vroča temna snov ne more zadovoljivo opisati razvoja in današnjih lastnosti galaksij.

Topla temna snov naj bi bili subatomske delci, ki se gibljejo s hitrostmi, ki so znaten del svetlobne hitrosti (od 10 do 95 odstotkov). To bi lahko bili hipotetični sterilni nevtrini - masivnejša in počasnejša oblika nevtrinov. Pokaže se, da so tudi delci tople temne snovi prehitri, da bi lahko ostali vezani na galaksije in jate galaksij ter razložili njihovo gibanje.

Hladna temna snov je danes najbolj raziskovana hipoteza, saj naj bi jo sestavljali nerelativistični oziroma dovolj počasni delci, ki bi lahko razložili gibanje galaksij in njihovih jat. Načeloma bi jih lahko sestavljali masivni kompaktni objekti iz barionske snovi, tako imenovani MACHO-ti (MASSive Compact Halo Objects), ki bi lahko bili na primer nevtronske zvezde ali majhne črne luknje. Za zdaj takih objektov niso našli v zadostnih količinah, pa tudi računi prvinske nukleosinteze pravijo, da barionska snov ne more biti znaten delež temne snovi. Zato se zdijo verjetnejši kandidati neki subatomske delci. Ena možnost so šibkointeragirajoči masivni delci (Weakly Interacting Massive Particles - WIMPs), ki pa doslej še niso bili odkriti. Tak delec naj bi bil nevtralin - najlažji delec, ki ga napoveduje supersimetrična razširitev standardnega modela osnovnih delcev in interakcij. Druga priljubljena možnost so aksioni - hipotetični delci, ki jih vpeljejo, da z njimi pojasnijo močni CP-problem v teoriji močne interakcije. Skoraj 80 let po prvih dokazih o obstoju temne snovi še vedno ne vemo, iz česa je.

Temna energija in usoda vesolja

Pred dobrim desetletjem smo mislili, da je vesolje sestavljeno iz običajne in temne snovi. Nato pa so tik pred prelomom tisočletja meritve širjenja vesolja s pomočjo supernov tipa Ia, ki so nekakšni standardni svetilniki in nam omogočajo meritev oddaljenosti v vesolju, prinesle presenetljiv rezultat: naše vesolje se širi vedno hitreje. Da se vesolje širi, je v dvajsetih letih prejšnjega stoletja pokazal že Edwin Hubble, ki je ugotovil, da je hitrost oddaljevanja galaksij premo sorazmerna z njihovo oddaljenostjo od nas (Hubblev zakon). A oddaljene supernove Ia so, kot kažejo nove meritve, bolj oddaljene, kot bi pričakovali na podlagi njihovih hitrosti oddaljevanja in Hubblevega zakona. Povedano drugače: izmerjene hitrosti oddaljevanja teh supernov so prenizke glede na njihovo oddaljenost. Ker v opazovanju vesolja zaradi končne hitrosti svetlobe vedno gledamo v preteklost, vidimo te oddaljene supernove daleč nazaj v preteklosti. Njihove »prenizke« hitrosti pomenijo, da se je v preteklosti vesolje širilo počasneje oziroma da se sedaj širi hitreje kot prej. V kozmoloških enačbah razvoja vesolja lahko dosežemo pospešeno širjenje vesolja, če v njih uvedemo tako imenovano kozmološko konstanto, L . To konstanto je vpeljal že Einstein, da se mu njegovo vesolje v enačbah ni sesedalo. Ko je Hubble odkril, da se vesolje širi, je Einstein to konstanto opustil in jo oklical za največjo zmoto svojega življenja. Sedaj so jo kozmologi ponovno vpeljali v enačbe, da nam opiše pospešeno razširjajoče se vesolje. A pravi razlog pospešenega širjenja vesolja je še uganka, zato tej neznani količini raje rečemo temna energija. Bolj natančno bi rekli, da je temna energija hipotetična oblika energije, ki napolnjuje celotni prostor in povzroča pospešeno širjenje vesolja. Njen pravi pomen se trudijo odkriti teoretiki: najpreprostejši je model kozmološke konstante, po katerem je temna energija pravzaprav energija vakuum ali praznega prostora. Bolj zapleteno je slišati model kvintesence, po

katerem pospešeno širjenje vesolja povzroča potencialna energija spreminjajočega se skalarne polja. V ognju imajo še nekaj drugih idej, a za končno razlago temne energije bo treba še nekoliko počakati.

Za konec pa malo špekulirajmo o tem, kakšen bo konec vesolja. Če se bo vpliv temne energije nadaljeval in sčasoma prevladal nad drugimi silami v vesolju, bi to lahko končalo v tako imenovanem velikem raztrgu: vesolje bi se širilo vedno hitreje, temna energija pa bi sčasoma raztrgala galaksije, osončja in končno tudi atome in atomska jedra. Možno pa je tudi, da bo temna energija sča-

soma oslabil ali celo postala privlačna. V tem primeru bi se lahko vesolje skrčilo oziroma sesedlo v velikem kolapsu – v procesu, ki bi bil v nekem smislu obratni veliki pok. Skrčenju bi lahko sledil ponovni veliki pok in vse bi se ponovilo Te zamisli zaenkrat nimajo nobene opazovalne podlage. Morda pa nam bodo nove natančnejše meritve pospeševanja širjenja vesolja in razvoj teoretičnih modelov že kmalu prinesli odgovor tudi na vprašanje o končni usodi vesolja.

Iz zgodovine naravoslovja v šolah • Spomini na prirodoslovni krožek na kranjski gimnaziji

Spomini na prirodoslovni krožek na kranjski gimnaziji

Jurij Kurillo

Takoj po vojni, že leta 1945, je bil objavljen v 2. številki 8. letnika *Proteusa* poziv Prirodoslovnega društva Slovenije z naslovom *Organizirajmo prirodoslovne krožke*. Tu lahko beremo: »Pasivno znanje, ki ga nudijo šole in knjige, v življenju malo zaleže. Mladi ljudje naj si utrde in izpopolnijo to znanje s samostojnim in praktičnim delom – evo, to je naloga Prirodoslovnih krožkov!«. V naslednji, 3. številki, so se pojavile tudi *Smernice za ustanavljanje prirodoslovnih krožkov*. V njih je zajet osnutek pravil za delovanje takih skupin, ki naj bi se ustanovile na vseh slovenskih srednjih šolah (takrat je obsegala osnovna šola zgolj štiri razrede!). Zanimivo je, da so se na nekaterih šolah naravoslovno usmerjeni dijaki povezovali v prirodoslovne krožke že pred drugo svetovno vojno, o čemer je pisal Ivan Kuščer v *Proteusu* (8:203).

Na kranjski gimnazije je bil prirodoslovni krožek ustanovljen bržkone že leta 1946; vsaj tako je razbrati iz poročila, objavljene ga v 9. letniku *Proteusa*, ki ga je podpisal H. Omerza iz 6. razreda. Sam sem izvedel zanj nekako v četrti gimnaziji, vključil sem se vanj in ostal njegov član do velike mature (1951). Krožek je ob mojem članstvu vsekozi vodil, danes žal že preminuli, Marko Aljančič (1933–2007), s katerim sva postala prijatelja za vse življenje. Strokovni pokrovitelji krožka so bili zapored profesorji biologije Anton Polenec, Amalija Seliškar in Branko Prekoršek. Najbolj navdušujoč je bil za nas, nadebudne dijake, profesor Polenec, ki je znal še posebej ognjevito prikazovati na tabli in tudi sicer, kako potekajo zakonitosti živega sveta. Zelo spodbudne so bile tudi njegove objave v različnih revijah in še