

# Nobelova nagrada iz fizike za leto 2011

Janez Strnad

Za nebo in zvezde so se ljudi zanimali od nekdaj. Ponavljajoči se pojavi na nebu so spodbujali k opazovanju in pripravili pot raziskovanju narave. Ljudje so si zastavljali tudi širša vprašanja o vesolju in svojem mestu v njem. V zadnjih desetletjih so astrofiziki oblikovali v sebi skladni z izidi merjenja podprti soglasni model vesolja.

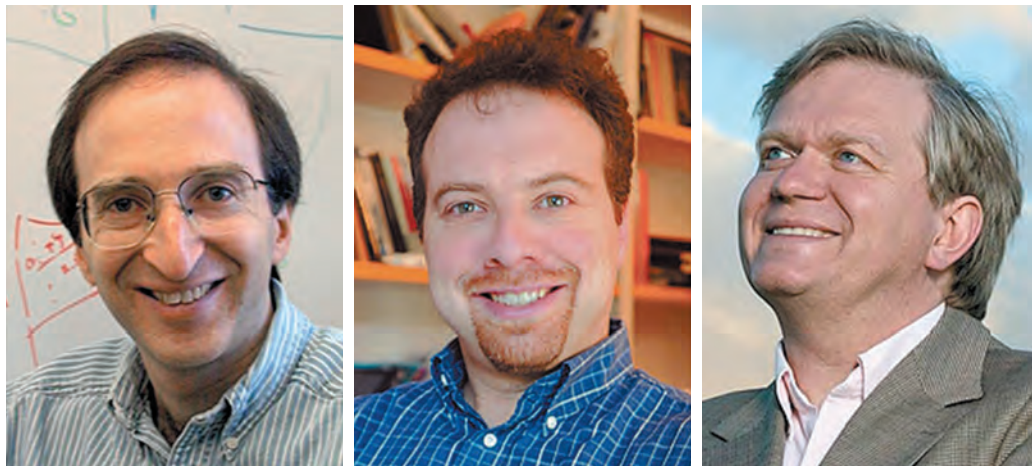
Letošnjo Nobelovo nagrado za fiziko so podelili »za odkritje pospešenega širjenja vesolja z opazovanjem oddaljenih supernov«. Polovico nagrade je dobil Saul Perlmutter, drugo polovico pa sta si razdelila Adam Riess in Brian Schmidt. Že nekaj časa pri podeljevanju nagrad astrofiziko upoštevajo kot del fizike. Nagrade so ji prisodili v letih 1926, 1967, 1974, 1978, 1983, 2002 in 2006. Letošnjo nagrado je bilo mogoče napovedati.

*Proteus* je sledil razvoju pogledov na vesolje. V prispevkih *Vesolje se širi vse hitreje* (61, 1998/99: 404-410) in *Vesolje* (69, 2006/2007: 62-76) je mogoče najti več podatkov.

## Supernove 1a kot standardna svetila

Mislimo si, da v temi z nebotičnika opazujemo enake svetilke. Denimo, da vsaka sveti s sto vati. To je za svetilko značilen podatek o moči ali svetlobnem toku, se pravi na sekundo izsevani energiji. Čeprav so svetilke enake, se zdijo bolj oddaljene šibkejše. Če v ozračju ni prahu ali megle, se energijski tok iz svetilke širi na vse strani na vse večjo površino. Okoli ene od svetilk si mislimo različno velike krogle s središčem v svetilki. Skozi vsako od krogel gre enak energijski tok. Površina krogle narašča sorazmerno s kvadratom razdalje. Gostota svetlobnega toka, ki pove, kako svetla se zdi svetilka, zato pojema obratno sorazmerno s kvadratom razdalje. Tako lahko izračunamo oddaljenost svetilke, če poznamo energijski tok in njegovo gostoto. Izmeriti moramo gostoto energijskega toka na Zemlji z vesoljskega telesa, katerega energijski tok poznamo. V zadnjem času gostoto svetlobnega toka merijo s polprevodniško slikovno napravo CCD, kar merjenje precej olajša. Na opisani način vesoljska telesa z znanim energijskim tokom uporabljamo kot *standardna svetila* za ugotavljanje razdalje.

Nagrajenci so kot standardna svetila uporabili *supernove 1a*. V dvojni zvezdi se okoli skupnega težišča gibljeta bela pritlikavka in velika zvezda. Zvezde dobivajo energijo, ki jo izsevajo, z zlivanjem lahkih atomskih jeder vodika, helija ... Bela pritlikavka je stara gosta zvezda, ki ji v sredici že pohaja jedrsko gorivo. Njena gravitacija z velike zvezde, denimo rdeče velikanke, trga snov, ki se zbira v obroč in pada na pritlikavko. Njena masa narašča in doseže mejo, za katero navajajo 1,4 mase Sonca. Tedaj sredica, v kateri se zaradi pomanjkanja goriva zmanjšata temperatura in tlak, ne more več prenašati teže zunanjih plasti. Pride do vrste pojavov, ki hitro sledijo drug drugemu. Sredica se sesede, ob tem se močno poveča temperatura in steče vrsta jedrskih reakcij in radioaktivnih razpadov, pri katerih se sprosti ogromna energija. Nastane eksplozija, pri kateri znaten del snovi odpihne v vesolje, notranji del pa se sesede v nevtronsko zvezdo. Ob tem močno naraste izsevani energijski tok in nekaj deset dni supernova 1a seva do milijonkrat bolj kot pred eksplozijo. Zato jo je mogoče zaznati iz zelo velike razdalje. Pri vseh eksplozijah supernov 1a gre za enake



*Saul Perlmutter je bil rojen leta 1959 v kraju Champaign/Urbana. Leta 1981 je diplomiral na Harvardu in leta 1986 doktoriral na Kalifornijski univerzi v Berkeleyju. V doktoratu je z avtomatiziranim teleskopom iskal Nemesis, zvezdo, ki naj bi spremljala Sonce. Dobil je več nagrad, med njimi leta 2002 nagrado ministrstva za energijo, leta 2006 Shawovo nagrado skupaj z Riessom in Schmidtom, leta 2011 Einsteinovo nagrado skupaj z Riessom. Je član Lawrenceovega državnega laboratorija in Kalifornijske univerze v Berkeleyju.*

*Adam Riess je bil rojen leta 1969 v Washingtonu. Diplomiral je leta 1992 na MIT in doktoriral leta 1996 na Harvardu. V doktoratu je obravnaval supernove 1a. Dobil je več nagrad, med njimi leta 1999 nagrado Harvardske univerze, Shawovo nagrado leta 2006, McArthurjevo nagrado leta 2008. Bil je član Kalifornijske univerze v Berkeleyju, leta 1999 je prešel na Znanstveni inštitut vesoljskega teleskopa, od leta 2005 pa je član univerze Johns Hopkins v Baltimoru.*

*Brian Schmidt je bil rojen leta 1967 v Missouli v zvezni državi Montana. Srednjo šolo je obiskoval na Aljaski in nekaj časa mislil na študij meteorologije. Diplomiral je leta 1989 na univerzi v Arizoni in leta 1993 doktoriral na Harvardu. Tudi on je dobil številne nagrade. Leta 1994 se je preselil v Avstralijo in postal član Državne univerze v Canberri in Državnega observatorija Mount Stromlo.*

pojave, tako da sta energijski tok in njegov časovni potek pri vseh približno enaka. Za nekaj supernov 1a, ki so izbruhnile v znani razdalji, so ugotovili ta tok. Z znanim energijskim tokom je bilo mogoče ob izmerjeni gostoti energijskega toka neposredno ugotoviti oddaljenost drugih supernov 1a in s tem oddaljenost njihovih galaksij.

Na drugi strani se pri Dopplerjevem pojavu zaradi oddaljevanja poveča valovna dolžina spektralnih črt in se črte premaknejo proti rdečemu delu spektra. Po relativnem rdečem premiku je mogoče sklepati na hitrost oddaljevanja in po njej v določenem modelu vesolja na oddaljenost.

---

V relativnem rdečem premiku  $z=(\lambda'-\lambda)/\lambda$  je  $\lambda'$  valovna dolžina proti rdečemu delu spektra premaknjene črte v svetlobi supernove,  $\lambda$  pa valovna dolžina te črte v svetlobi mirujočega svetila.

---

### **Raziskovalni skupini**

Skupina raziskovalcev z Državnega Lawrenceovega laboratorija in Kalifornijske univerze v Berkeleyju je leta 1987 začela *kozmo-*loški načrt s supernovami SCP (Supernova Cosmology Project). Več let so uvajali nove merilne načine. Najprej so ugotavljali, kako hitro se širi vesolje, nato jih je zanimalo, kako se zaradi gravitacije širjenje vesolja zaustavlja. Vodstvo naraščajoče skupine je

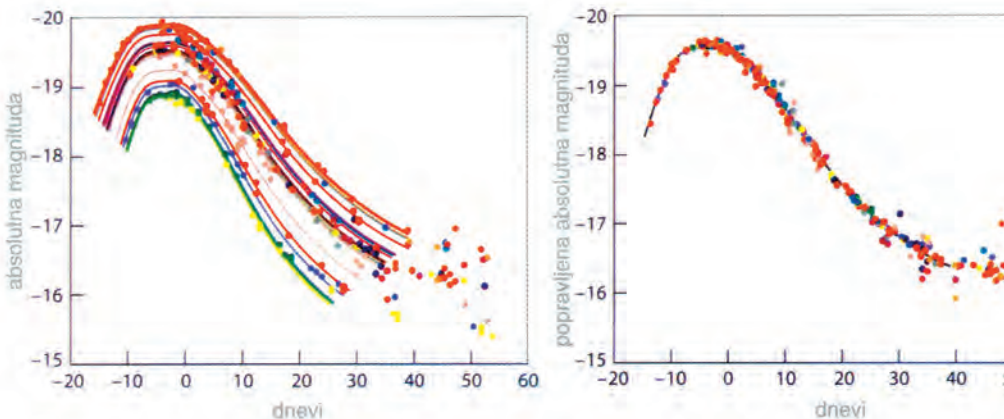
prevzel Saul Perlmutter, ki si je pridobil izkušnje pri avtomatiziranem iskanju supernov. Ob mlaju so s teleskopom posneli precejšen del neba in ob naslednjem mlaju posnetek ponovili. Prvi posnetek so odšteli od drugega in tako ujeli supernove, ki so eksplodirale med obema mlajema. Potem je bilo treba supernovo opazovati z velikim teleskopom, da so njeno svetlobo ločili od svetlobe njene galaksije in ugotovili časovni potek energijskega toka. Spočetka so težko prišli do opazovalnega časa na velikih teleskopih. Potem pa so dobili dostop do vesoljskega teleskopa Hubble in velikih teleskopov na Zemlji. Leta 1992 so poslali v objavo prvi članek o zelo oddaljeni supernovi. Toda uredništvo revije članka ni sprejelo, češ da niso dovolj skrbno upoštevali vesoljskega prahu. Ta prah zadrži nekaj svetlobe in se zato zdi sevanje zvezde

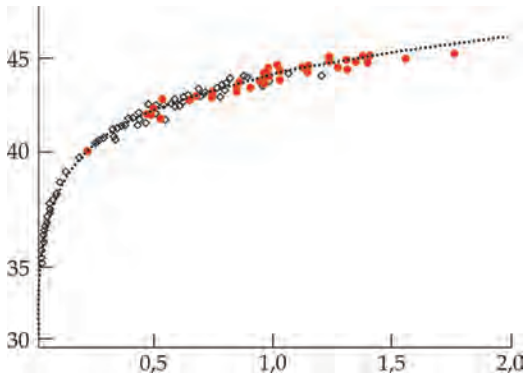
šibkejše in njena oddaljenost večja. Skupina je upoštevala učinek vesoljskega prahu in članek je leta 1995 vendarle izšel.

Astronomi, ki so imeli izkušnje z vesoljskim prahom in ki so poznali težave skupine SCP, so leta 1995 ustanovili *skupino za iskanje supernov z velikim z* (High *z* Supernova Search Team). Med skupinama se je razvilo »tekmovalno sodelovanje«. Vsaka od njiju je hotela drugo prehiteti, kljub vsemu pa sta v težavah pomagali druga drugi. Na začetku leta 1998 je izšel članek skupine SCP o sedmih supernovah. Nekaj pozneje je izšel prvi članek druge skupine. Že jeseni leta 1997 je skupina SCP imela podatke o štiridesetih supernovah, druga skupina pa o desetih. Skupini sta izhajali iz različnih izhodišč in podatke obdelali vsaka po svoje. Prišli pa sta do enake presenetljive ugotovitve. Na začetku leta 1998 je skupina SCP poročala o njej na sestanku Ameriškega astronomskega društva.

*Raziskovalna skupina z univerze Cerro Calán in z medameriškega observatorija Cerro Tololo v Čilu je opazovala supernove 1a in zasledovala časovni potek energijskega toka. Do leta 1993 je obdelala sedemindvajset supernov. Skupina s Smithsonovega centra za astrofiziko v Harvardu je opazovala še dvajset supernov 1a. Skupini sta ugotovili, da energijski tok tem počasneje pojema, čim večjo največjo vrednost doseže (levo). S popravki uspe za vse supernove 1a dobiti enotno odvisnost enegijskega toka od časa (desno). Slika je iz članka Anne Finkenbeiner Cosmic yardsticks, Sky & Telescope, 96 (1998) 20 (3).*

Druga skupina, ki jo je vodil Brian Schmidt, je s svojim poročilom zamudila sestanek društva. Obe skupini pa sta februarja leta 1998 nastopili na posebnem sestanku. Podatki so kazali, da je gostota energijskega toka oddaljenih galaksij manjša, kot so pričakovali. To je pomenilo, da so galaksije bolj oddaljene. Če bi med gala-





ksijami delovala le gravitacija, bi se hitrost oddaljevanja zmanjševala. Zato so previdno sklepali, da se galaksije druga od druge oddaljujejo vse hitreje in se vesolje širi pospešeno. Sklep je zbudil veliko pozornost. Druga skupina je pohitela in poslala v objavo članek, ki je izšel septembra leta 1998. Prvi ga je podpisal Adam Riess. V njem je obdelala šestnajst supernov, od tega deset z zanesljivimi podatki. Skupina SCP je objavila nekoliko pozneje, a je bila temeljitejša. Njen članek o dvainštiridesetih supernovah je izšel junija leta 1999. Prvi ga je podpisal Perlmutter. Revija *Science* je že konec leta 1998 pospešeno širjenje vesolja razglasila za odkritje leta.

Albert Einstein je leta 1916 objavil splošno teorijo relativnosti, s katero je gravitacijski zakon zajel natančneje kot Newtonov gravitacijski zakon. Naslednje leto je z njo prvič obravnaval vesolje, za katerega je privzel, da se na velikih razsežnostih ne spreminja. Da je to dosegel, je v svoje enačbe vpeljal poseben člen s *kozmoško konstanto*, ki pa se je ujemal z naravo enačb. Z njim je mislil zmanjšati vpliv zelo oddaljenih teles na gravitacijsko polje, a je v resnici vpeljal dodatno odbojno silo med telesoma z maso. Aleksander Friedmann je leta 1922 odkril rešitve Einsteinovih enačb za vesolje, ki se spreminjajo s časom, a jih ni povezal z

*Gostota energijskega toka supernov 1a v odvisnosti od relativnega rdečega premika. Na navpično os je nanesena navidezna magnituda, ki je tem večja, čim manjša je gostota energijskega toka. Rdeči krogi kažejo supernove 1a, ki so jih odkrili z vesoljskim teleskopom Hubble, črni pa supernove 1a, ki so jih odkrili s teleskopi z Zemlje. Ujemanje s krivuljo po napovedi soglasnega modela vesolja podpira pospešeno širjenje vesolja. Relativnemu rdečemu premiku 1,3 ustreza čas pred devetimi milijardami let. Slika je iz članka Bertrama Schwarzschilda High-redshift supernovae indicate that dark energy has been around for 10 billion years, *Physics Today* 60 (2007) 21 (1).*

astronomskimi podatki. Georges Lemaître je leta 1927 neodvisno prišel do teh enačb in po njih ugotovil, da se dvakrat bolj oddaljene galaksije oddaljujejo dvakrat hitreje. Po merjenjih rdečega premika galaksij Vesta Slipherja in Edwina Hubbleja je sklepal, da se vesolje širi, in izračunal hitrost širjenja. Leta 1929 je Hubble iz teh merjenj izluščil omenjeno zvezo, ki jo poznamo kot Hubblov zakon, ne da bi zagovarjal širjenja vesolja.

### Kaj pa teorija?

Nobelova nagrada zagotavlja, da imajo pospešeno širjenje vesolja za eksperimentalne strani za dobro podprto. Teoretična stran je manj dognana. Večina astrofizikov opiše pospešeno širjenje vesolja z energijo praznega prostora, *temno energijo*. Če se ta energija ne spreminja s krajem ali časom, jo opiše člen s kozmoško konstanto. V veljavi je soglasni model vesolja z ravnim krajevnim delom, v katerem je skupna gostota snovi enaka mejni gostoti. 73 odstotkov snovi ustreza *temni energiji*, 23 odstotkov je *temne snovi* in 4 odstotki običajne - *barionske snovi*. Ta model zelo dobro opiše širjenje vesolja, delež zelo lahkih elementov v prvobitnem vesolju, prasevanje in njegove neenakomernosti. Pospešeno širjenje vesolja pa bi bilo mogoče opisati tudi s *kvintesenca*. (Tako je Aristotel imenoval snov v vesolju »za Luno« za razliko od snovi »pod Luno« iz štirih »elementov« zemlje, vode, zraka in ognja.) Današnja kvintesenca je polje, ki se

spreminja s krajem in časom in se bolj neposredno vpleta v širjenje vesolja kot s kozmološko konstanto opisana temna energija. Polja ne poznamo in ta možnost je slabše raziskana.

*Literatura:*

2011, The Royal Swedish Academy of Sciences, Class for Physics, The accelerating universe. Scientific background on the Nobel prize in physics 2011.

*Written in the stars. Information for the public.*

V kvantni teoriji polja za gostoto energije praznega prostora dobimo vrednost, ki je po oceni  $10^{120}$ -krat večja od gostote temne energije v vesolju. Ni jasno, zakaj je temna energija tako majhna.

Naravoslovna fotografija • Datoteka RAW ali JPEG?

## Datoteka RAW ali JPEG?

*Matjaž Prosen*

Digitalna fotografija je možnost kakovostnega ustvarjanja ponesla tudi med tiste, ki si s fotografijo ne služijo kruha. Urejanje in dodelava fotografij pa sta se iz laboratorijev z drago opremo preselili na pisalne mize. Izdelki profesionalne kakovosti nastajajo na opremi za vsakdanji žep in profesionalni fotografi na forumih negotujejo, kako jim amaterji odžirajo kruh. Tehnična obdelava fotografije je tako dostopna vsakemu, ki ima osebni računalnik, nekaj malega znanja in veliko volje.

Amaterskemu fotografu se tako odpirajo nova obzorja, pa tudi nova vprašanja. Če je bilo v analogni dobi dovolj poznati delovanje fotoaparata ter zakonitosti zaslonke in časa osvetlitve, je digitalna doba potrebo po nekaterih spretnostih odpravila, fotografu pa priskrbela nove.

Nekateri izzivi so stari, le da so zdaj v novi preobleki. Namesto filtra na objektivu, ki je otoplil barve, nasičenost preprosto poveča-

mo s pritiskom na gumb. Za nastavitev beline ne merimo več temperature svetlobe in ne izvajamo zapletenih kompenzacij s kombinacijami barvnih filtrov. Vse skupaj nadomesti izbira splošnih nastavitev fotoaparata. Kup nastavitev pa je lastnih digitalni dobi.

### Datoteka RAW ali JPEG?

Preden pritisnemo na sprožilec, nas čaka pomembna odločitev: Ali naj nam fotoapararat izdelata fotografijo v datoteki JPEG ali naj na kartico shranimo zapis RAW, fotografijo pa izdelamo doma na računalniku?

### Datoteka JPEG

Najprej nekaj stavkov o datoteki JPEG. Ta je 24-bitna (8 bitov po kanalu), kar predstavlja 16.777.216 barv. Fotografija v datoteki JPEG tako lahko prikaže 40 do 80 odstotkov več barv, kot jih lahko zazna oko.

Posamezni piksel nosi informacijo o lastnostih barve, kot so odtenek, nasičenost in svetlost. Pri datoteki JPEG govorimo